

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE MECANICA INDUSTRIAL



**SIMULACION DE FALLAS PARA ESTACIONES DE
GUATEL CON EQUIPOS DE TRANSMISION DE
24 CANALES O MAS.**

TESIS

Presentada a la Junta Directiva de la
Facultad de Ingeniería de la Universidad
de San Carlos de Guatemala

POR

BYRON ARNOLDO DE LA ROSA MONTEPEQUE

Previo a optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Guatemala, octubre de 1995

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08
T(3643)
C.4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

- DECANO: Ing. Julio Ismael González Podszueck
- VOCAL PRIMERO: Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra.
- VOCAL SEGUNDO: Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.
- VOCAL TERCERO: Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez.
- VOCAL CUARTO: Br. Fernando Waldemar de León Contreras.
- VOCAL QUINTO: Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor.
- SECRETARIO: Ing. Francisco Javier González López.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

- DECANO: Ing. Julio Ismael González Podszueck
- EXAMINADOR: Ing. Fernando José Alvarez Paz.
- EXAMINADOR: Ing. Alvaro Aguilar Prado.
- EXAMINADOR: Ing. Otto Leonel Alvarado Ortiz.
- SECRETARIO: Ing. Francisco Javier González López.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

"SIMULACION DE FALLAS PARA ESTACIONES DE
GUATEL CON EQUIPOS DE TRANSMISION DE
DE 24 CANALES O MAS"

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha noviembre de 1993.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central



Byron Arnoldo De la Rosa Montepeque

Guatemala, 9 de octubre de 1995

Ing. Pelaez
Director Escuela Mecánica-Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Pelaez:

Atentamente se hace de su conocimiento que el estudiante Byron Arnoldo De La Rosa Montepeque, número de carnet 8317172, ha desarrollado satisfactoriamente el punto de tesis "Simulación de Fallas para estaciones de Guatel, con equipos de transmisión de 24 canales o más", punto aprobado por la Escuela que usted acertadamente dirige; por lo cual se solicita que se giren sus buenos oficios a donde corresponda para continuar con los trámites necesarios.

Agradeciendo su atención a la presente:


Ing. FERNANDO JACOBO MENDEZ QUIROZ
No. Colegiado 2697



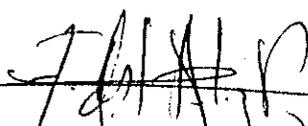
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador General de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y del Licenciado en Letras, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, así como el contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado **SIMULACION DE FALLAS PARA ESTACIONES DE GUATEL CON EQUIPO DE TRANSMISION DE 24 CANALES O MAS** presentado por el estudiante **Byron Arnoldo De la Rosa Montepeque**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Fernando Alvarez Paz
COORDINADOR GENERAL DE TESIS
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, octubre de 1,995.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Área y del Coordinador General de Revisión de Tesis, al trabajo titulado SIMULACION DE FALLAS PARA ESTACIONES DE GUATEL CON EQUIPOS DE TRANSMISION DE 24 CANALES O MAS, presentado por el estudiante universitario Byron Arnoldo De la Rosa Montepeque, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Jorge Peláez Castellanos
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, octubre de 1995



FACULTAD DE INGENIERIA

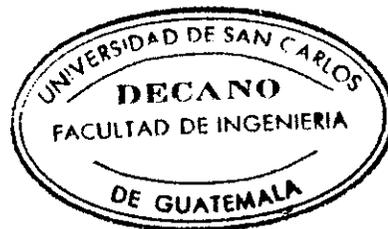
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado SIMULACION DE FALLAS PARA ESTACIONES DE GUATEL CON EQUIPOS DE TRANSMISION DE 24 CANALES O MAS, presentado por el estudiante universitario Byron Arnoldo De la Rosa Montepeque, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, octubre de 1995

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS: Creador, sustentador y soberano de todo lo existe.
- MI ESPOSA: Ambistela Maribel Villatoro Palacios de De la Rosa.
- MIS PADRES: Lic. Héctor Arnoldo De la Rosa García y Dora Luz Montepeque Castañeda de De la Rosa
- MIS ABUELOS: Natanael De la Rosa Lemus
Concepción Emilia García de De la Rosa
Dolores Castañeda (+)
Pedro Montepeque (+)
- MIS HERMANOS: Daniel Estuardo, Marco Vinicio, Héctor Fernando, Dora Emilia y Luz Anayansi.
- MIS SUEGROS: Marcelino Moisés Villatoro López y Cándida Palacios Maldonado.
- MIS CUNADOS: Alma Luty y Edgar, Moisés y Lesbia, Karin, Zuly, Yavdalé y Luis Eduardo.
- MIS SOBRINOS: Jeniffer, Marco Vinicio, Héctor Arnoldo, Karin Alejandra, Daniel Fernando, Aída Gabriela, María José y Andrea Sofía.
- MIS FAMILIARES: especialmente, a Carlos Arístides Montepeque Castañeda (+), Olga de Montepeque (+), Carlos Montepeque Paz (+), Luis Montepeque Paz(+), Sergio Rodas De la Rosa (+).

AGRADECIMIENTOS A:

Dios por su fidelidad y misericordia eternas.

Mi esposa por su constante motivación y paciencia al realizar este trabajo de tesis.

Mis padres por su invaluable e incuantificable ayuda a todo lo largo de mi vida.

Ing. Fernando Jacobo Méndez Quiñonez por la asesoría brindada.

La Empresa Guatemalteca de Telecomunicaciones GUATEL.

La Jefatura del Departamento de transmisión D.M. por su apoyo en la realización de este proyecto, especialmente a Oscar Antonio Rico Ceballos y Rolando Montenegro Molina.

La Unidad de apoyo técnico-Administrativa. quien realizó el registro histórico de fallas, base para esta tesis.

Ing. Julio Fernández. por las sugerencias en el manejo de los datos utilizados.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

INDICE

Pág.

Capítulo I Marco conceptual del problema

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	3
1.3	Determinación del problema	4
1.3.1	Definición del problema	4
1.3.2	Alcances y límites	4

Capítulo II Marco teórico

2.1	Definición de simulación	5
2.2	Identificación de las etapas dentro del proceso	5
2.3	Realización de los pasos para la simulación	7
2.4	Teoría de la técnica Monte Carlo	9

Capítulo III Marco metodológico

3.1	Objetivos generales	12
3.2	Objetivos específicos	12
3.3	Estadística	13
3.3.1	Población y muestra	13
3.3.2	Análisis	13

Capítulo IV Marco operativo

4.1	Técnicas de recolección de datos	14
4.2	Trabajo de campo	14
4.3	Procesamiento de la información	14

Capítulo V Análisis e interpretación de resultados

5.1-5.2	Consideraciones en los resultados	16
5.3	Exactitud de los resultados	16

Conclusiones	18
Recomendaciones	20
Bibliografía	22

Anexos

Anexo 1	Programa en Fox Base.
Anexo 2	Uso del paquete simulador "Manager".
Anexo 3	Gráficas.
Anexo 4	Tablas de resultados.
Anexo 5	Resultados de 5 estaciones visitadas (Asunción Mita, Mazatenango, Santa Elena Petén, Tiquisate y Villanueva).

CAPITULO I

MARCO CONCEPTUAL DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes.

La idea de desarrollar esta tesis surgió por la necesidad en el Depto. de Transmisión, División de Mantenimiento, GUATEL; contar con un método de pronóstico para las fallas en las distintas estaciones a su cargo, que no sólo se base en los registros históricos sino, también, tome en cuenta la aleatoriedad de las fallas debido a los componentes electrónicos.

Para entender con mayor claridad la organización del Depto. de Transmisión, se muestran en el Anexo 3, organigramas donde se indica de forma general la ubicación de la División de mantenimiento dentro de la organización de GUATEL (Gráfica No. 1) la ubicación del Depto. de Transmisión dentro de la División de mantenimiento (Gráfica No. 2) y el organigrama del Depto. de Transmisión (Gráfica No. 3).

El Depto. de transmisión es el responsable de mantener la continuidad y calidad de los sistemas de transmisión en las áreas metropolitana, departamental, rural e internacional a través de una adecuada planificación y control, aplicando las medidas necesarias para la mejor utilización de los recursos asignados. Son más de 300 lugares en todo el país, rurales y metropolitanos que el Depto. debe atender.

Estos recursos son dirigidos a la consecución de la satisfacción total de los usuarios a través del mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de transmisión siguientes (ver Anexo 3, Gráfica 4):

- a. Múltiplex analógico y digital.
- b. PCM en línea de cobre de alta y baja capacidad.
- c. TDM por fibra óptica.
- d. Radioenlaces VHF, UHF, microondas de baja, media y alta capacidad.
- e. Comunicación rural por Multiacceso y vía satélite.
- f. Comunicaciones móviles internas de GUATEL.

Con los sistemas descritos anteriormente se prestan los siguientes servicios a nivel nacional e internacional:

- a. telefonía,
- b. transmisión de señales para radiodifusión,
- c. transmisión de señales para televisión,
- d. comunicaciones internas de la Empresa.

e. comunicaciones para eventos especiales.

Para explicar de mejor manera las responsabilidades del Depto. de Transmisión, observar en el Anexo 3 la Gráfica 4, en la cual se indica cómo varios abonados (Abonados A) que podrían, por ejemplo, estar en la Ciudad de Guatemala y quisieran hablar con abonados de otra población del interior (Abonados B) utilizarían el Equipo de Multiplex, el cual transforma las conversaciones telefónicas a una alta frecuencia, que puede ser enviada por medio de cable de cobre (PCM) equipo de radio o fibra óptica (TDM).

1.2 Justificación.

Los equipos que el Departamento de Transmisión D.M. tiene como responsabilidad darles mantenimiento, están distribuidos en todo el país en muchas estaciones terminales y repetidoras (Como una definición simplificada, las estaciones terminales son aquellas en donde el equipo instalado en una población determinada se utiliza sólo para servicio de dicha población; mientras que las estaciones repetidoras sí están instaladas en un lugar habitado, dan servicio a dicha localidad y a otras localidades aledañas). Dichos equipos permiten el acceso al sistema telefónico nacional de las ciudades y poblaciones del interior; por lo que es importante tratar de establecer cuáles estaciones tienen mayores probabilidades de fallar y cuanto tiempo durarán sin funcionamiento; utilizando un método que tome en cuenta la aleatoriedad de la falla en los componentes electrónicos y no sólo el registro histórico de fallas.

Se tiene un registro de fallas de apenas 5 años para estaciones, muchas de las cuales han estado en funcionamiento más de 15. Por lo que es necesario determinar la cantidad de horas probables que fallarían los equipos con un método diferente que el promedio. Que incluya no sólo la probabilidad para cada intervalo de horas falladas por estación, conocido por las frecuencias relativas de falla, sino, también, el orden de ocurrencia de las fallas que se supone aleatorio y es el que se simula.

Por el tipo de modelo que se desea analizar: algunas expresiones en un modelo no pueden ser numéricamente evaluadas con exactitud, ya sea por una u otra consideración práctica o matemática. Para tales casos es que una aplicación en particular de Muestreo aleatorio llamada Técnica de Monte Carlo, debe utilizarse para obtener la evaluación aproximada de tales expresiones.

1.3 Determinación del problema.

1.3.1 Definición del problema.

Determinar el tiempo que estarán sin funcionamiento con base en la simulación Monte Carlo, las estaciones de GUATEL, que tengan equipo de transmisión con una capacidad de, por lo menos, 24 canales.

1.3.2 Alcances y límites

De los equipos que son responsabilidad del Depto. de transmisión, División de mantenimiento, este estudio analiza sólo fallas en la "Red Nacional de transmisión", es decir, poblaciones comunicadas, telefónicamente, a través de radios con capacidades mayores de 24 canales o con enlaces que utilicen fibra óptica o línea de cobre de 30 canales o más. Lo anterior obedece a que no se cuenta con suficiente información histórica de fallas para enlaces con menos capacidad o que son de reciente instalación.

Los registros de fallas consultados abarcan de enero de 1,989 a septiembre de 1,994, aunque no todas las estaciones analizadas en esta tesis, tienen todos los datos, debido a que fueron inauguradas después de enero de 1,989 o tuvieron modificaciones en sus equipos.

Algunas estaciones no fueron tomadas en cuenta, debido a las pocas o, en algunos casos, ninguna falla registrada.

Algo importante de hacer notar es que el análisis de fallas está calculado con base en estaciones, no a radios individuales. Es decir, los datos de fallas utilizados para este estudio muestran el comportamiento global de los equipos de transmisión en una estación.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Definición de simulación.

En su sentido más amplio, la simulación por computadora es el proceso de diseñar un modelo lógico matemático de un sistema real y de experimentar con este modelo en una computadora. Por tanto, la simulación abarca un proceso de construcción de modelos, así como el diseño y ejecución de un experimento apropiado con ese modelo. Estos experimentos permiten hacer inferencias sobre los sistemas.

2.2 Identificación de las etapas dentro del proceso.

El proceso para el desarrollo eficaz de un modelo de simulación empieza con un modelo sencillo que se va afinando de una manera evolutiva hasta satisfacer los requerimientos para resolver el problema. Dentro de este proceso se pueden identificar las siguientes etapas:

- 2.2.1 Planteamiento del problema. La definición del problema que se va a estudiar, incluyendo una determinación del objetivo de la resolución del problema;
- 2.2.2 Construcción del modelo. La abstracción del sistema en relaciones lógico-matemáticas de acuerdo al planteamiento del problema;
- 2.2.3 Adquisición de datos. La identificación, especificación y colección de datos;
- 2.2.4 Traducción del modelo. La preparación del modelo para el procesamiento en computadora;
- 2.2.5 Verificación. El proceso de establecer que el programa de computadoras se ejecute como se pretende;

- 2.2.6 Validación. El proceso de establecer que exista una exactitud o correspondencia entre el modelo de simulación y el sistema real;
- 2.2.7 Planeación estratégica o táctica. El proceso de establecer las condiciones experimentales para usar el modelo;
- 2.2.8 Experimentación. La ejecución del modelo de simulación para obtener valores de salida;
- 2.2.9 Análisis de resultados. El proceso de analizar las salidas de simulación para obtener valores de salida;
- 2.2.10 Ejecución y documentación. El proceso de poner en práctica decisiones resultantes de la simulación y de la documentación del modelo y su uso.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUSTAMBELA
Biblioteca Central

2.3 Realización de los pasos para la simulación

2.3.1 Planteamiento del problema. El problema que se trata de resolver, es pronosticar el número de horas falladas mensuales que tendrán las distintas estaciones que conforman "La Red Nacional de Transmisión".

2.3.2 Construcción del modelo. Se determinó utilizar la técnica de Simulación Monte Carlo, por las razones que ofrecen en el punto 1.4 "Justificación del uso de la Técnica Monte Carlo" y el paquete "Manager" (ver Anexo 2), a través del cual se realizará dicha técnica.

2.3.3 Adquisición de datos. Se tomaron datos de las fallas de la Red Nacional de Transmisión, recopilados por la unidad de Apoyo Técnico-Administrativa, Depto. de Transmisión, División de Mantenimiento. Las fallas se ingresaron como número de horas al mes que las estaciones no funcionaron, en una base de datos "Fox Base". Los datos de horas falladas por estación pueden apreciarse en las gráficas 10-19, Anexo 3.

2.3.4 Traducción del modelo. Se establecieron intervalos de horas falladas por estación al mes, indicando el número de fallas en cada intervalo, con base en los datos originales.

2.3.4.1 Se tomó el criterio para la creación de los intervalos de horas falladas por cada estación de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$T_c = \sqrt{\frac{R}{N_c}} \quad \text{Ecuación 1.}$$

T_c = Tamaño de clase

R = Rango = Número mayor de horas de falla en la estación.

N_c = No. clase = \sqrt{n}

n = Número de observaciones, para cada población.

2.3.4.2 Se creó programa en Fox Base para calcular los intervalos por estación (ver Anexo 1).

- 2.3.4.3 Calculados los intervalos, se utilizó paquete simulador que aplica la Técnica "Monte Carlo" (ver Anexo 2) por medio del cual se determinó la cantidad de horas falladas más probable para cada población.
- 2.3.4.4 Los datos del simulador (ver Anexo 3) se comparan con los resultados promedio de falla por cada estación (Ver discusión de resultados).
- 2.3.4.5 Con base en los resultados del simulador y el promedio de fallas por estación, se realizaron conclusiones y recomendaciones.
- 2.3.5 Verificación. La verificación se realizará al introducir datos al paquete "Manager", de problemas ejemplo y comparación de resultados. El paquete "Manager" es un software hecho para aplicaciones estadísticas como programación lineal, Transporte, Ruta Crítica, Modelos de Inventario, Teoría de Colas, Simulación por el método Monte Carlo y otras, como puede verse en el Anexo 2.
- 2.3.6 Validación. Se comparará el resultado de la simulación con el promedio aritmético de fallas para cada estación.
- 2.3.7 Planeación estratégica y táctica. Se muestra en el punto 1.3.2 "Alcances del estudio".
- 2.3.8 Experimentación. Al utilizar los datos mostrados en el Anexo 3 (verlo), con paquete "Manager" (ver Anexo 2).
- 2.3.9 Análisis de resultados. Se realiza en el capítulo V (verlo).
- 2.3.10 Ejecución y documentación. Depende de las autoridades de GUATEL a quienes les compete, implementar o no las recomendaciones, (verlo) que se sugiere en la presente tesis.

2.4 Teoría de la técnica Monte Carlo

Monte Carlo es un método numérico para resolución de modelos estocásticos sin determinación de representaciones analíticas del sistema. El corazón del método Monte Carlo es el uso de números aleatorios. Este método se asume que tuvo su origen en 1,949 con su publicación por Metropolis y Ulam, aunque fué conocido antes por Von Neumann, Metropolis, Ulam, Kahn y sus colaboradores al trabajar para el ejército de los Estados Unidos en el laboratorio de Los Alamos.

El método de muestreo, conocido generalmente con el nombre de Monte Carlo, es un procedimiento de Simulación de considerable valor. Schiller y Lavin grandes matemáticos de la Investigación de Operaciones, han utilizado los métodos de Simulación de la Técnica Monte Carlo para determinar lo extenso de nuevas técnicas que podrían ser requeridas por un consolidado de empresas para dirigir su volumen de comercio, volumen de producción, volumen de distribución, determinación de tiempos estándar, etc. Es por esto que, a menudo, surgen ecuaciones en la formulación de un problema, ya sea probabilístico o nó, las cuales no tiene una solución inmediata por métodos numéricos estándar o que no pueden ser fácilmente manejables para obtener la respuesta del problema en cuestión. También puede existir un proceso estocástico con distribuciones y parámetros, los cuales satisfacen plenamente la ecuación. Existen ocasiones en que es mejor construir un modelo estocástico del problema y calcularlo, estadísticamente, en vez de utilizar métodos estándar. El proceso de cálculo es enteramente numérico llevándolo a la sustitución de números adentro del sistema para obtener la respuesta. A menudo, los números sustituidos son aleatorios, obtenidos mediante una tabla; estos números pueden obtenerse mediante una computadora o cualquier ardid como lo puede ser una ruleta (de aquí el nombre de Monte Carlo). Estos números están colocados entre el sistema uno u otro directamente o a través de una distribución acumulada, como en el caso en que intervienen probabilidades.

La simulación utilizando la técnica Monte Carlo se mostrará utilizando el ejemplo de una estación de GUATEL, analizada en este trabajo de tesis:

Estación: Villanueva

Intervalos de horas p/mes sin funcionar	frecuencia	media para cada intervalo	Probabilidad para datos en cada intervalo	Probabilidad acumulada
0- 405	51	20.06	0.87	0.87
406- 810	1	614.00	0.02	0.89
811-1215	3	966.00	0.05	0.94
1216-1620	1	1482.00	0.02	0.96
1621-2025	0	0.00	0.00	0.96
2026-2430	1	2118.00	0.02	0.98
2431-2838	1	2838.00	0.02	1.00

Para este ejemplo se utilizará una tabla con números aleatorios aunque los cálculos realizados con el paquete "Manager", se realizan utilizando números pseudoaleatorios generados por la computadora.

La tabla con números aleatorios consiste en una serie de números aleatorios arreglados en renglones y columnas. Dichos números mantienen su naturaleza aleatoria a lo largo de los renglones, hacia abajo de las columnas y por los dígitos que componen los números. Esta tabla puede usarse seleccionando un punto de partida arbitrario y desplazándose, entonces, ya sea a lo largo de los renglones o hacia abajo de las columnas. Sin son necesarios, pueden eliminarse algunos dígitos ya que los números de la tabla son completamente aleatorios.

De acuerdo con el procedimiento anterior se seleccionan 10 números aleatorios con 4 dígitos que estén en el rango entre 0-2838, empezando desde la primera columna, de arriba hacia abajo. Los números encontrados son:

Números aleatorios	Intervalo	Media Intervalo
2776	2431-2838	2838
1302	1216-1620	1482
1087	811-1215	966
2570	2431-2838	2838
2230	2026-2430	2118
1771	1621-2025	0000
2585	2431-2838	2838
0810	406-810	614
2103	2026-2430	2118
1547	1216-1620	1482

Media total intervalo = 1729.4

Esto indica que se esperan 1,730 horas mensuales (se aproxima al número entero mayor porque son horas sin funcionamiento) sin que funcione la estación de Villanueva.

Pero, la simulación será más exacta si en vez de 10 números aleatorios se toman 10,000, repitiendo el procedimiento anterior. Así, el valor de la simulación es de 200 horas mensuales (ver Anexo 5).

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Objetivos generales

- 3.1.1 Aumentar la productividad y confiabilidad de GUATEL.
- 3.1.2 Contribuir al desarrollo del país , al hacer más confiable la comunicación telefónica, con mantenimiento preventivo mejor aplicado.
- 3.1.3 Mejorar la imagen de GUATEL ante el usuario, en la aplicación del mantenimiento para la prestación del servicio telefónico sin interrupción.

3.2 Objetivos específicos

- 3.2.1 Disminuir el tiempo de reparación de fallas.
- 3.2.2 Optimizar los recursos, tanto materiales como humanos, en el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos de transmisión.
- 3.2.3 Disminuir el mantenimiento correctivo, eliminando las posibles causas de las fallas.
- 3.2.4 Contribuir a que las secciones del Depto. de Transmisión puedan realizar, en mejor forma, sus planes de mantenimiento preventivo.
- 3.2.5 Proveer a la Jefatura del Depto. de Transmisión una herramienta más de evaluación sobre el funcionamiento de la red de transmisión nacional utilizando los resultados de la simulación por el método Monte Carlo.

3.3 Estadística

- 3.3.1 **Población y muestra:** se tomaron todos los datos disponibles para las estaciones, desde que se inició el proceso de registro de estos datos en enero de 1.989. Se asume que estos datos son el universo, porque en las estaciones hay diversidad de equipos, algunos con más de 10 años de instalación, para los cuales no hay registro histórico de fallas antes de la fecha mencionada.
- 3.3.2 **Análisis:** se utiliza una distribución empírica con base en las horas falladas mensuales por estación, para utilizarla como base en la simulación, utilizando el método Monte Carlo.

CAPITULO IV

MARCO OPERATIVO

4.1 Técnicas de recolección de datos: el presente estudio se realizó tomando como base los registros históricos de fallas que el Depto. de transmisión, División de mantenimiento, GUATEL inició desde enero de 1,989 para estaciones de las cuales es responsable en su mantenimiento. Estos registros se formaron con los reportes de las secciones pertenecientes al Depto. de Transmisión, donde se indicaron las poblaciones que son responsabilidad del Depto. de Transmisión, con servicio telefónico deficiente o interrumpido, los canales telefónicos funcionando y los canales fallados, duración de la falla y causa de la falla.

Basados en los reportes de las secciones, el Depto. elabora un informe mensual, sobre la calidad del funcionamiento de la Red de Transmisión en todo el país. De este informe mensual, se realizó una base de datos en Fox Base, en la cual se introdujo:

- 4.1.1 nombre de la estación,
- 4.1.2 mes y año,
- 4.1.3 número de canales operando,
- 4.1.4 número de canales fallados,
- 4.1.5 horas sin funcionamiento en ese mes, para la estación.

4.2 Trabajo de campo: se realizaron visitas a algunas estaciones, de las cuales se ejemplificarán 5 (Mazatenango, Santa Elena Petén, Tiquisate, Asunción Mita y Villanueva) sobre las cuales se mostrará el desarrollo de cálculos y criterios en el procesamiento de los datos para llegar a los resultados obtenidos. Las estaciones antes mencionadas se tomaron en cuenta, debido a su dispersión geográfica. El propósito de las visitas, fué para obtener criterio en cuanto a factores que afectan el funcionamiento de las estaciones.

4.3 Procesamiento de la información: Se realizó de la siguiente manera:

Se procesaron los datos indicados del punto 4.1, elaborando un programa en fox base, (ver Anexo 1) que calcula los intervalos de tiempo sin funcionamiento para cada estación, con la fórmula indicada en el punto 2.3.4.1. Además el programa determina la media de horas sin funcionamiento por cada estación y hace un reporte con los

resultados antes mencionados como se muestra a continuación para la estación Villanueva. El programa "tesis" busca todos los datos de la estación Villanueva en la base de datos, calcula y obtiene los intervalos de acuerdo con el número de datos y número mayor de fallas de la estación. Además, determina la media, probabilidad y probabilidad acumulada para cada intervalo (ver Anexo 1 y Anexo 5).

Así, después de realizar el programa para la estación Villanueva, quedan los datos de la siguiente manera; listos para introducirse al paquete "Manager".

Intervalo de horas por mes sin funcionar	Frecuencia	Media para cada intervalo	Probabilidad para cada intervalo	Probabilidad Acumulada
0-405	51	20.06	0.88	0.88
406-810	1	614.00	0.02	0.90
811-1215	3	966.00	0.05	0.95
1216-1620	1	1482.00	0.02	0.97
1621-2025	0	0.00	0.00	0.97
2026-2430	1	2118.00	0.02	0.98
2431-2838	1	2838.00	0.02	1.00

58

Promedio de horas sin servicio = 189

Número de datos utilizados = 58

- 4.3.3 Se descartaron estaciones, las cuales eran de muy reciente instalación o de las que se tenían muy pocas fallas registradas. Así, de un total de 71 estación, sólo se tomaron en cuenta 47, desechándose 24, esto es, un 29.58% de las estaciones. Además, se rechazaron datos de fallas muy altos en algunas estaciones que provocaban alta concentración en los primeros intervalos de horas falladas, para realizar con mayor exactitud la simulación.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

CAPITULO V

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

- 5.1 Los resultados del simulador, difieren muy poco de los que se obtienen a través del promedio aritmético de horas falladas por estación, esto debe ser porque no hay suficientes datos en el registro histórico de fallas (ver Anexo 4 Tabla 1, Anexo 3 Gráfica 6).
- 5.2 La comparación de las horas falladas para cada estación es válida, aunque casi todas las estaciones tienen distinta capacidad de canales, debido a que el índice de comparación es horas falladas al mes, por canal.
- 5.3 Es difícil determinar la exactitud de la simulación o, aún, determinar el número de muestra para cada estación, en vista de la escasa información que se tiene. Por este motivo, sólo es posible hacer algunas estimaciones razonables. Además, la precisión de los cálculos del método Monte Carlo depende del número de corridas:

$$P[c-b < E(c) < c+b] > 1 - \frac{\sigma^2(c)}{b^2 N} \quad (\text{Inecuación 1}).$$

Donde σ^2 es estimado de $s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (c_i - c)^2$ (Ecuación 2)

donde c = Valor promedio que dá la simulación (Se tomó para el ejemplo el valor de 206, aunque en el Anexo 5 el promedio de la simulación es 200, debido a que el método Monte Carlo genera distintos resultados para iguales datos de entrada).

donde b = Máxima desviación respecto del promedio

donde σ^2 = Varianza de todos los c_i al realizar la simulación.

donde N = Número de corridas de la simulación (en este caso 9999)

donde c_i = valor que dá la simulación en cada corrida.

Se aplicará la fórmula al ejemplo de la estación "Villanueva", tomando en cuenta lo siguiente:

- a. aunque el No. de corridas del simulador es 9,999 se asume como 10,000, es decir $N = 10,000$;
- b. para determinar los c_i , se asume que la probabilidad asociada a cada intervalo, define la cantidad de números aleatorios generados que se encuentran dentro de dicho intervalo. Es decir, que, para el primer intervalo, con una probabilidad de 0.88, 8.800 números aleatorios caen dentro de dicho rango. Además el valor c_i se toma igual que la media para cada intervalo;
- c. se calculará la probabilidad de que la desviación del valor que dá la simulación sea del 10%.

Así, se muestran a continuación los cálculos:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (c_i - c)^2$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{9999} [8800*(20.06-206)^2 + 200*(614-206)^2 + 500*(966-206)^2 + 200*(1482-206)^2 + 200*(2118-206)^2 + 200*(2838-206)^2]$$

$$\sigma^2 = 0.0001 * [304,248,415.68 + 33,292,800.00 + 288,800,000.00 + 325,635,200.00 + 731,148,800.00 + 1,385,484,800.00 + 3,068,610,015.68]$$

$$\sigma^2 = 306,922.39$$

$$P[c-b < E(c) < c+b] > 1 - \frac{\sigma^2(c)}{b^2 N} \quad (\text{Inecuación 1}).$$

$$P[206-20.6 < E(206) < 206+20.6] > 1 - \frac{306,922.39}{(20.6)^2 (10,000)}$$

$$P[185.4 < E(206) < 226.6] > 1 - 0.072 = 0.928$$

CONCLUSIONES

1. Los diez lugares que, de acuerdo al presente estudio, tendrán más horas falladas por canal, de acuerdo al Anexo 4, Tabla 2, indican que nueve están en una región cálida.
2. Los diez lugares que, de acuerdo al presente estudio, tendrán menos horas falladas, 6 pertenecen al altiplano del país y 4 a la región cálida (ver Anexo 4, Tabla 3).
3. Al analizar "Discusión de resultados" (5.3) se concluye que se tiene bastante precisión en los cálculos de la simulación con $N= 9.999$ (por ejemplo, se tiene una probabilidad mayor del 92.8% que las horas fuera, para la estación Villanueva, tengan una desviación $\pm 10\%$).
4. La simulación utilizando el método Monte Carlo tiene bastante aplicación, como una útil herramienta en la tarea de mejorar el mantenimiento de la Red Nacional de Transmisión.
5. Los resultados de la simulación no difieren, significativamente, con los que muestra el registro histórico (ver Anexo 3, Gráfica 6).
6. No es aconsejable esperar que los equipos operen tanto tiempo para que cuando haya pasado su vida útil se determine su probabilidad de falla, debido a que deben tomarse acciones constantes para reducir, al máximo, la falta de funcionamiento en los equipos.
7. La utilización del parámetro, tiempo de falla por canal al mes, no es exhaustivo en la determinación del mantenimiento correctivo y preventivo.
8. La simulación de fallas no sólo permite enfocar mejor los recursos para el mantenimiento preventivo, sino, también, ayuda a establecer otros análisis como la evaluación del desempeño de una marca de equipo determinado, en cierta región.

9. Es difícil establecer la exactitud del registro histórico de fallas, debido a que se depende, en algunos casos, del reporte que el abonado hace de interrupciones o mal funcionamiento del servicio telefónico en su localidad. Aún a los técnicos les es imposible establecer el momento exacto en que falló el equipo, ya que éste no lo indica.
10. La simulación de fallas es un proceso dinámico que, constantemente, cambia, de acuerdo con la evolución en el tiempo del registro histórico de fallas.
11. La simulación utilizando el método Monte Carlo, no es el único método para predecir el comportamiento de una estación.
12. Hay bastantes diferencias entre funcionamiento de estaciones con similares cantidades de canales de transmisión (ver Anexo 3, Gráficas 10-19).
13. Las estaciones de transmisión tienen gran dispersión geográfica en todo el país. Ver Anexo 3, Gráficas 7-9 y Anexo 4 Tabla 1.

RECOMENDACIONES

1. Analizar las causas de interrupción del servicio telefónico, en las diez estaciones con más horas falladas por canal, que indica el Anexo 4, Tabla 2, en la mayoría de las cuales, posiblemente, habrá de ser necesario acondicionar el ambiente.
2. Analizar las causas que permiten, a diez estaciones, tener las menores horas falladas por canal, como indica el Anexo 4, Tabla 3.
3. Que la División de Mantenimiento pueda aplicar este método de simulación a otros departamentos, por la precisión que se obtiene con los resultados.
4. Aplicar el análisis de simulación con el método Monte Carlo, para la planeación y evaluación trimestral del mantenimiento correctivo y preventivo de cada sección del Departamento de Transmisión D.M.
5. Debe proseguirse con el registro histórico de fallas, de manera que se obtenga mayor precisión al utilizar la simulación con el método Monte Carlo, especialmente, para los nuevos equipos que se instalen.
6. Priorizar el mantenimiento preventivo de la Red Nacional de Transmisión, de acuerdo a los índices de No. total de horas sin servicio por canal mensual de la Tabla 1. (Ver Anexo 4).
7. Determinar otros parámetros para priorizar el mantenimiento preventivo como los ingresos de cada estación (ingresos interurbanos e internacionales) y el número de fallas por estación.
8. Realizar análisis de varianza, para determinar si hay diferencias significativas entre las horas sin funcionamiento de estaciones con distintos equipos en las mismas condiciones ambientales y, así, realizar mejores compras futuras.
9. Mejorar el sistema de control de fallas de las estaciones, tratando de completar la supervisión remota para cada estación, por medio de computadoras. De esta manera se obtendrá mayor exactitud en la ocurrencia y duración de fallas para cada estación (ver Anexo 3, Gráfica 5).

10. Implementar en forma periódica (cada mes) el análisis de simulación de fallas. para realizar, en mejor forma, el mantenimiento preventivo.
11. Que la División de Mantenimiento de GUATEL, obtenga software actualizado para aplicaciones estadísticas y de simulación, con el propósito de agilizar y mejorar el análisis del funcionamiento de las estaciones bajo su responsabilidad.
12. Implementar controles de gráficas (como las mostradas en Anexo 3, Gráficas 10-19) para evaluar el funcionamiento de estaciones con equipo de transmisión que posean la misma cantidad aproximada de canales.
13. Debido a la gran dispersión geográfica que tienen las estaciones de transmisión (ver Anexo 3, Gráficas 7-9) es importante realizar análisis sobre las cantidades y condiciones de los vehículos a cargo del Depto. de Transmisión D.M. y dotarle de los que sean necesarios, con el propósito de mejorar el tiempo de reparación de fallas.

BIBLIOGRAFIA

1. BRUNS WOLFGANG
Monte Carlo application and Polimer science
Editorial Springer-Verlas, 1981, USA
2. DEPTO. TRANSMISION, D.M. GUATEL
Plan operativo 1994
Guatemala
3. OSTLE BERNARD
Estadística Aplicada
Editorial Científico-Técnica, Cuba
4. RUEDA DAVILA ROBERTO ALFREDO
Técnica Monte Carlo y sus aplicaciones
Tesis, USAC, 1969, Guatemala
5. SALVENDY GAVRIEL
Biblioteca del Ingeniero Industrial
Volumen 7
Primera edición 1990, México
6. SCHOROEDER ROGER G.
Administración de Operaciones
Editorial McGraw-Hill
Primera edición 1990. México
7. SHAMBLIM JAMES
Investigación de Operaciones, un enfoque fundamental
México

ANEXO 1

```
#programa para realizar rangos de fallas en estaciones de Guatel
```

```
#autor: Byron de la Rosa
```

```
STORE SPACE(30) TO LUGAR
```

```
STORE 0 TO CANTIDAD
```

```
CONTADOR2=1
```

```
PROBACU=0
```

```
STORE 0 TO CANALES
```

```
SET ECHO OFF
```

```
SET TALK OFF
```

```
SET STEP OFF
```

```
SET STATUS OFF
```

```
SET CONS OFF
```

```
*SE INTRODUCEN DATOS
```

```
DO WHILE CANTIDAD<>999
```

```
W SET DEVI TO SCREEN
```

```
W CLEAR
```

```
W @ 10,8,20,80 BOX
```

```
W @ 12,20 SAY ESTACION=
```

```
W @ 12,32 GET LUGAR
```

```
W READ
```

```
W @ 14,20 SAY NO. CANALES=
```

```
W @ 14,35 GET CANTIDAD
```

```
W READ
```

```
W USE TESIS
```

```
W LOCAL FOR ESTACION=LUGAR .AND. CANALES=CANTIDAD
```

```
W IF EOF()
```

```
W T @ 12,24 SAY 'ESTACION O NUMERO DE CANALES NO EXISTEN'
```

```
W ELSE
```

```
W F COUNT FOR ESTACION=LUGAR .AND. CANALES=CANTIDAD .AND. CONTROL('>') TO OBSERVA
```

```
W F NOCLASE=INT(SORT(OBSERVA))
```

```
W F *SE BUSCA LA CANTIDAD DE HORAS FUERA MAYOR PARA RANGO
```

```
W F RANGO=0
```

```
W F 1
```

```
W F DO WHILE .NOT. EOF()
```

```
W F W IF ESTACION=LUGAR .AND. CANALES=CANTIDAD .AND. CONTROL('>')
```

```
W F W T RANGO=MAX(RANGO,FUERA)
```

```
W F W ENDIF
```

```
W F W SKIP
```

```
W F W ^----LOOP
```

```
W F W ENDDO
```

```
*** Line 43: Redundant LOOP
```

```
W F W
```

```
*** Line 93: Redundant LOOP
```

```

W F DO WHILE .NOT. EOF()
W F   PROBA=ROUND(FRECUENCIA/OBSERVA,4)
W F   PROBACU1=PROBA*PROBACU1
W F   REPLA PROBABLE WITH PROBA
W F   REPLA PROBACU WITH PROBACU1
W F   SKIP
W F   ^-----LOOP
W F   ENDDO                                     *** Line 103: Redundant LOOP
W F   SET DEVI TO PRINT
W F   @ 3.25 SAY 'ESTACION:'
W F   @ 3.35 SAY LUGAR
W F   @ 4.25 SAY 'NUMERO DE CANALES='
W F   @ 4.36 SAY CANTIDAD
W F   SET CONSOLE ON
W F   SET PRINT ON
W F   ? CHR(10)
W F   SET PRINT OFF
W F   SET CONSOLE OFF
W F   REPO FORM TESIS TO PRINT
W F   @ 32.20 SAY 'PROMEDIO TOTAL DE HORAS SIN SERVICIO='
W F   @ 32.53 SAY MEDIATOT
W F   @ 34.20 SAY 'NUMERO DE DATOS UTILIZADOS='
W F   @ 34.42 SAY OBSERVA
W F   @ 36.20 SAY 'RESULTADO DEL SIMULADOR=_____
W F   EJECT
W F   SET DEVI TO SCREEN
W F   ENDIF
W F   ^-----LOOP
ENDDO

++ End of module TESIS ++ *** Line 124: Redundant LOOP
dFLOW found no errors.
There were 4 warnings.
** END OF ANALYSIS **

```

ANEXO 2

FIGURA 1

Working disk option

- 1. Drive A
- 2. Drive B

Enter a number (1 or 2):

FIGURA 2

```

UMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM
3          MICRO MANAGER SOFTWARE          3
TMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM>

```

Programs Available From Menu #1

```

UMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM
3  A  Break-Even Analysis          H  Goal Programming          3
3                                     3
3  B  Linear Programming I         I  Decision Making Under Risk 3
3                                     3
3  C  Linear Programming II        J  Decision Tree              3
3                                     3
3  D  All Integer Programming       K  Decision Making Under Uncertainty 3
3                                     3
3  E  Zero One Programming          L  Bayes' Decision Rule        3
3                                     3
3  F  Transportation                M  Intro Menu #2              3
3                                     3
3  G  Assignment                    Esc Exit to DOS              3
TMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM>

```

Please enter letter of program desired MMMMMM>

FIGURA 5

PROGRAM: Simulation

Simulation Models

1. Monte Carlo simulation
2. Inventory simulation
3. Queuing simulation

Enter a number (1 to 3):

FIGURA 6

** Monte Carlo simulation **

Enter number of categories: 7

Enter value and probability for category 1 : 20.06,0.87

Enter value and probability for category 2 : 614,0.02

Enter value and probability for category 3 : 966,0.05

Enter value and probability for category 4 : 1482,0.02

Enter value and probability for category 5 : 0,0

Enter value and probability for category 6 : 2118,0.02

Enter value and probability for category 7 : 2838,0.02

Enter number of simulation runs: 9999

FIGURA 7

PROGRAM: Simulation

- PAGE 1 -

***** INPUT DATA ENTERED *****

Monte Carlo simulation

Category Distribution

Value	Probability
20.06	0.87
614.00	0.02
966.00	0.05
1482.00	0.02
0.00	0.00
2118.00	0.02
2838.00	0.02

Number of simulation runs : 9999

F1 GO F2 CHANGE F3 RERUN F4 EXIT

COMMAND ->

FIGURA 8

PROGRAM: Simulation

***** PROGRAM OUTPUT *****

Average value after 9999 runs: 205.4639

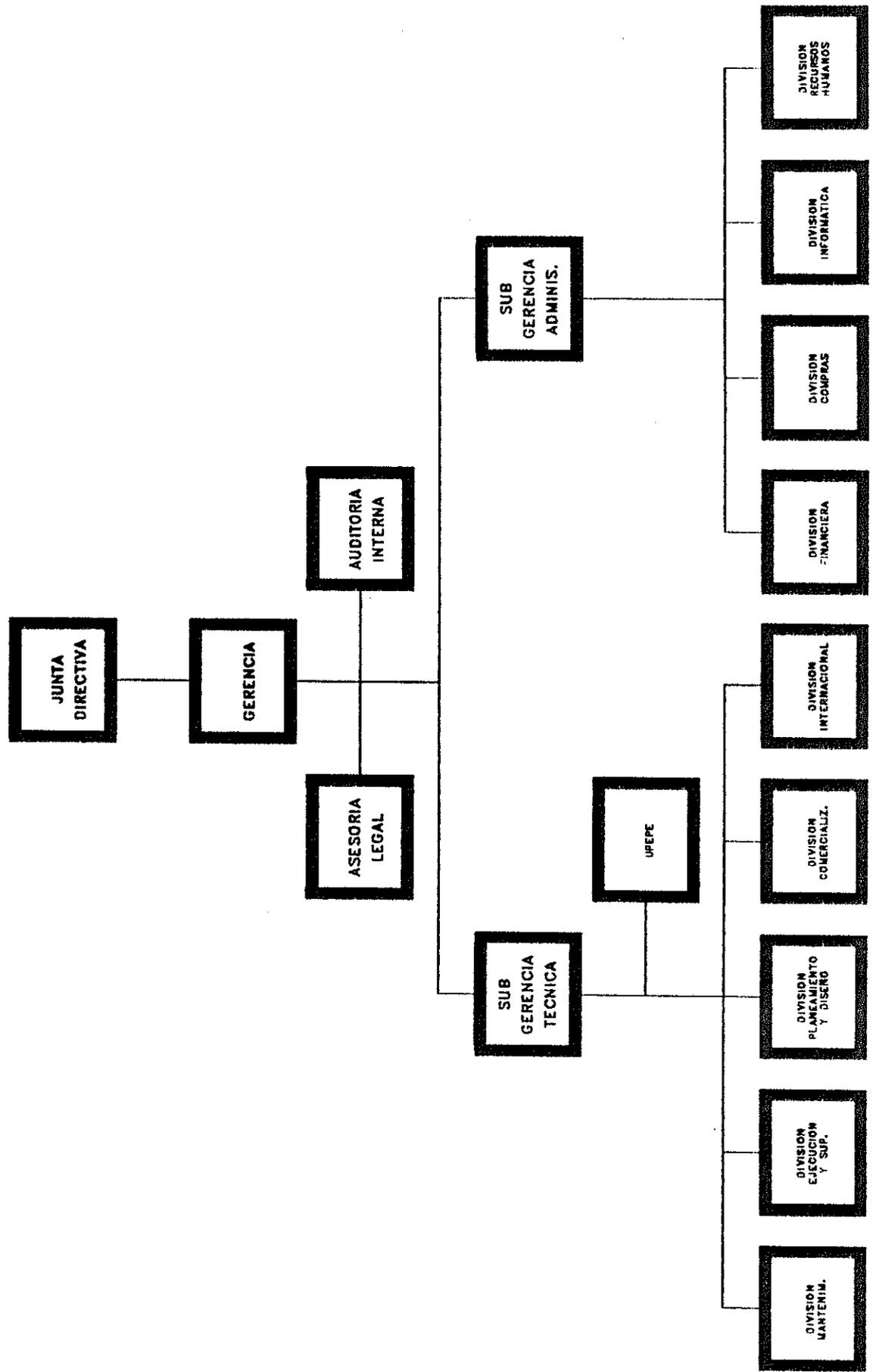
F1 LOOK F2 PRINT F3 STORE F4 RERUN F5 EXIT

COMMAND ->

ANEXO 3

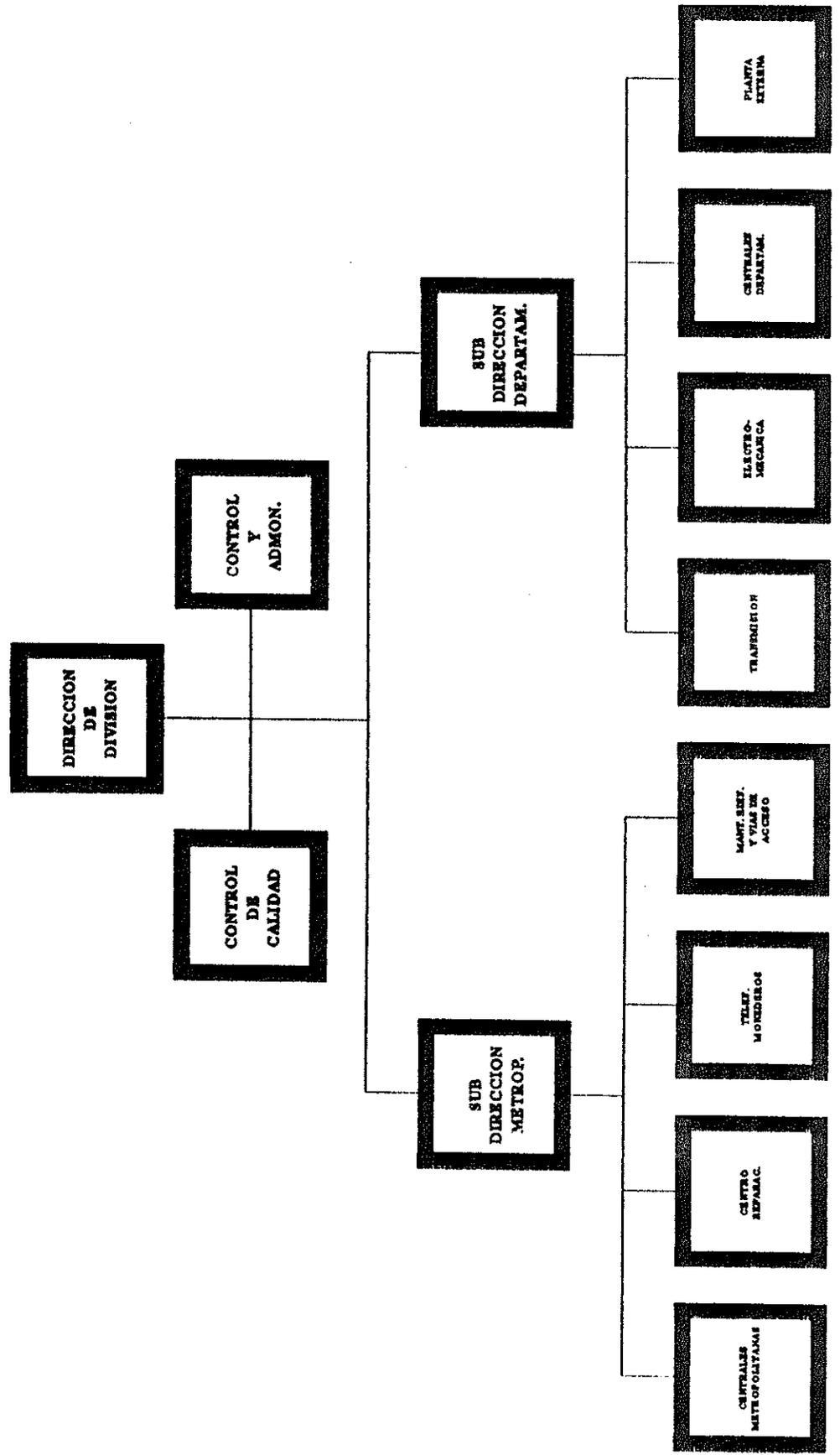
GRAFICA NO. 1

ORGANIGRAMA GENERAL DE GUATEL



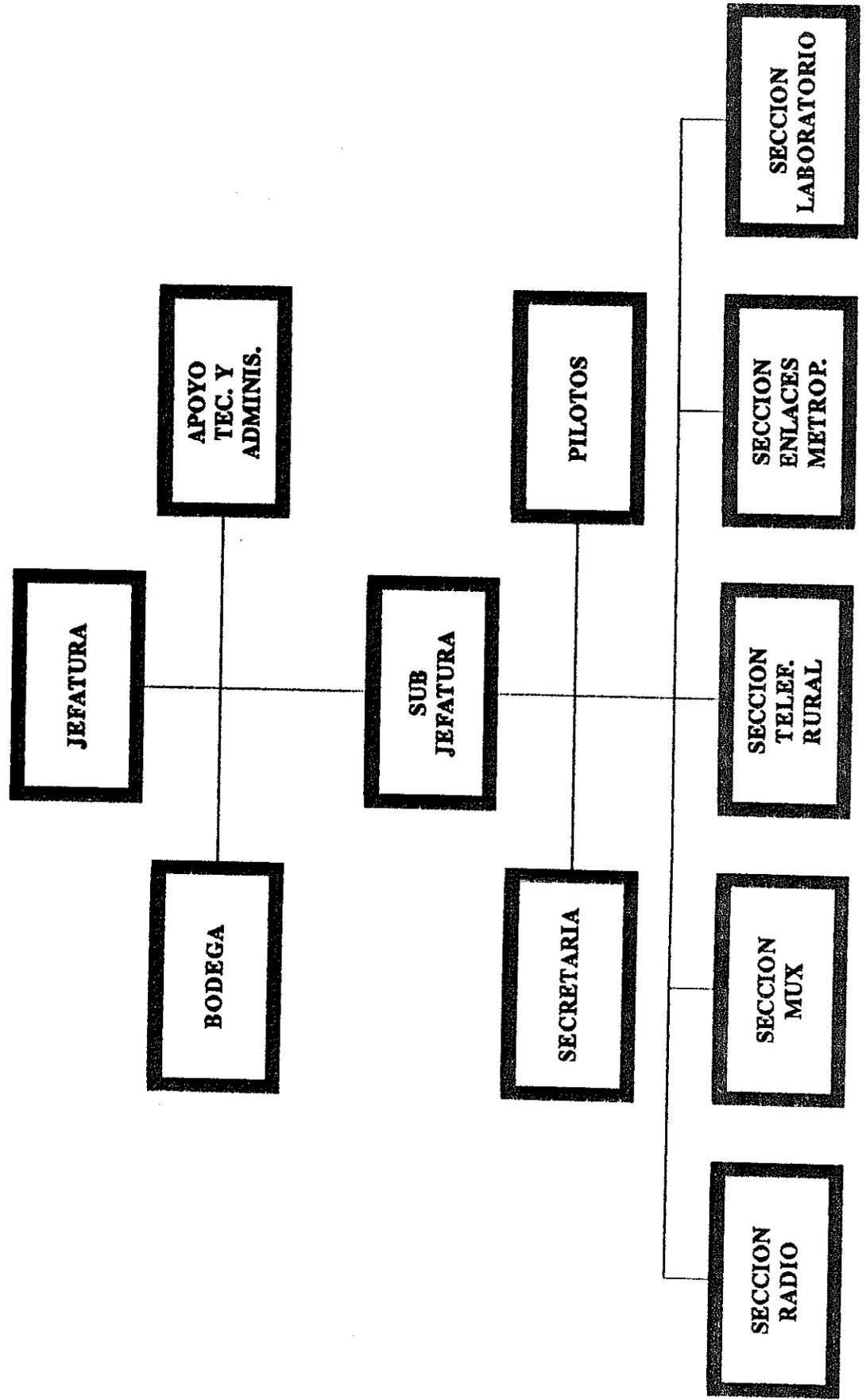
GRAFICA NO. 2

ORGANIGRAMA DE LA DIVISION DE MANTENIMIENTO



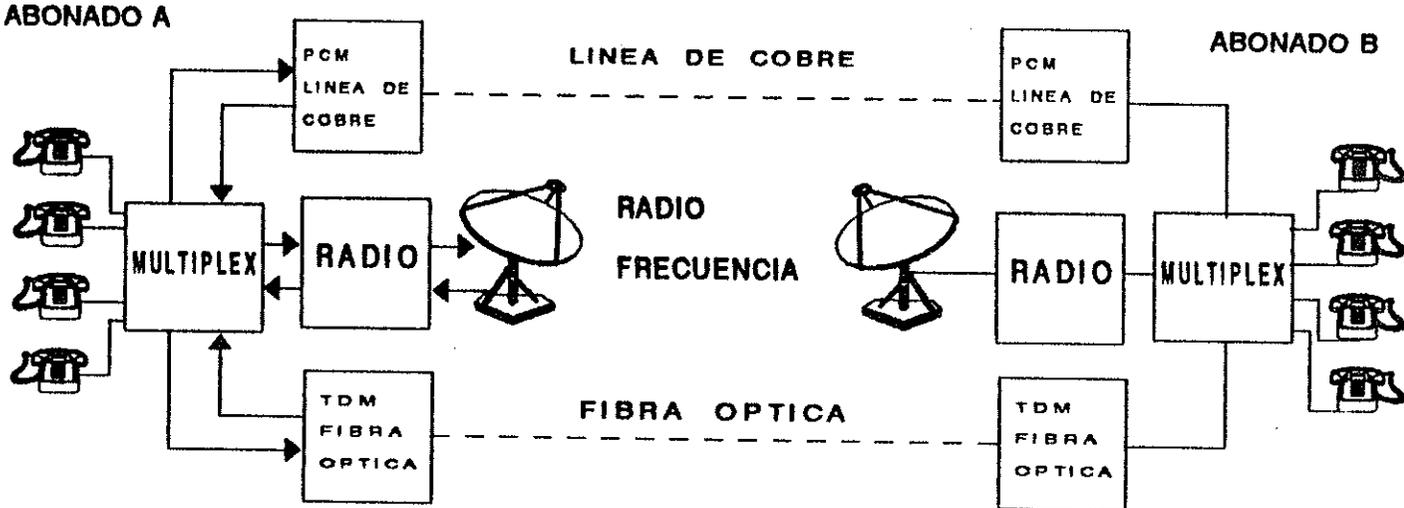
GRAFICA NO. 3

ORGANIGRAMA DEL DEPTO. DE TRANSMISION D.M.



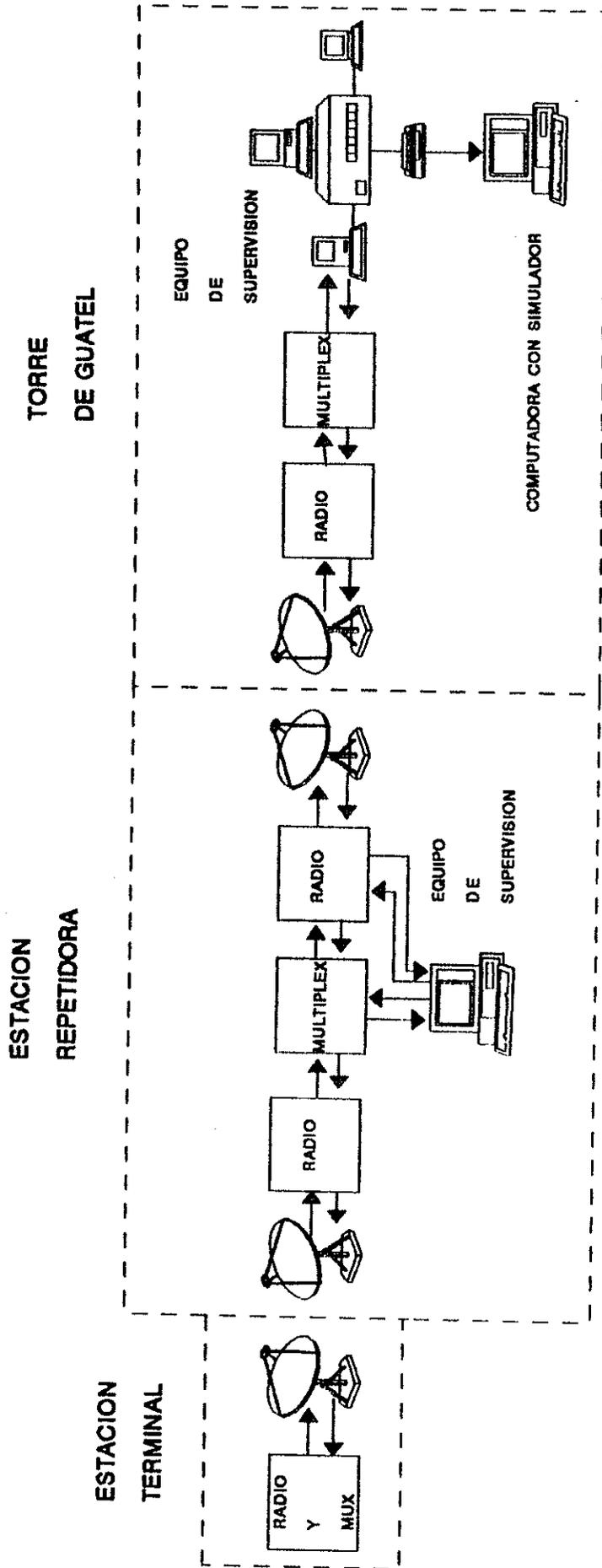
GRAFICA NO. 4

SISTEMAS DE TRANSMISION

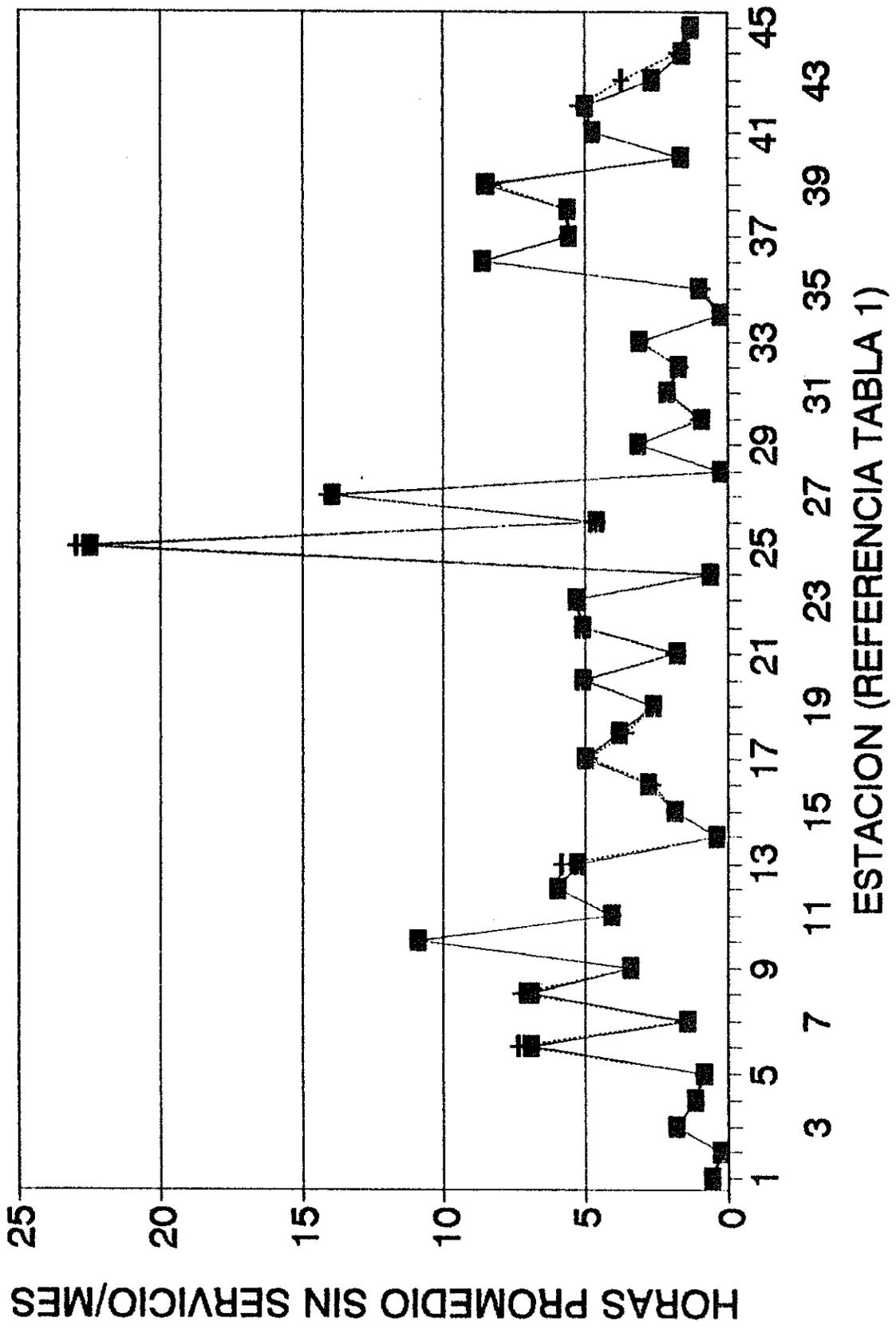


GRAFICA NO. 5

UBICACION DEL SIMULADOR DENTRO DEL SISTEMA DE SUPERVISION



GRAFICA NO. 6
 RESULTADOS HISTORICOS VRS. SIMULACION

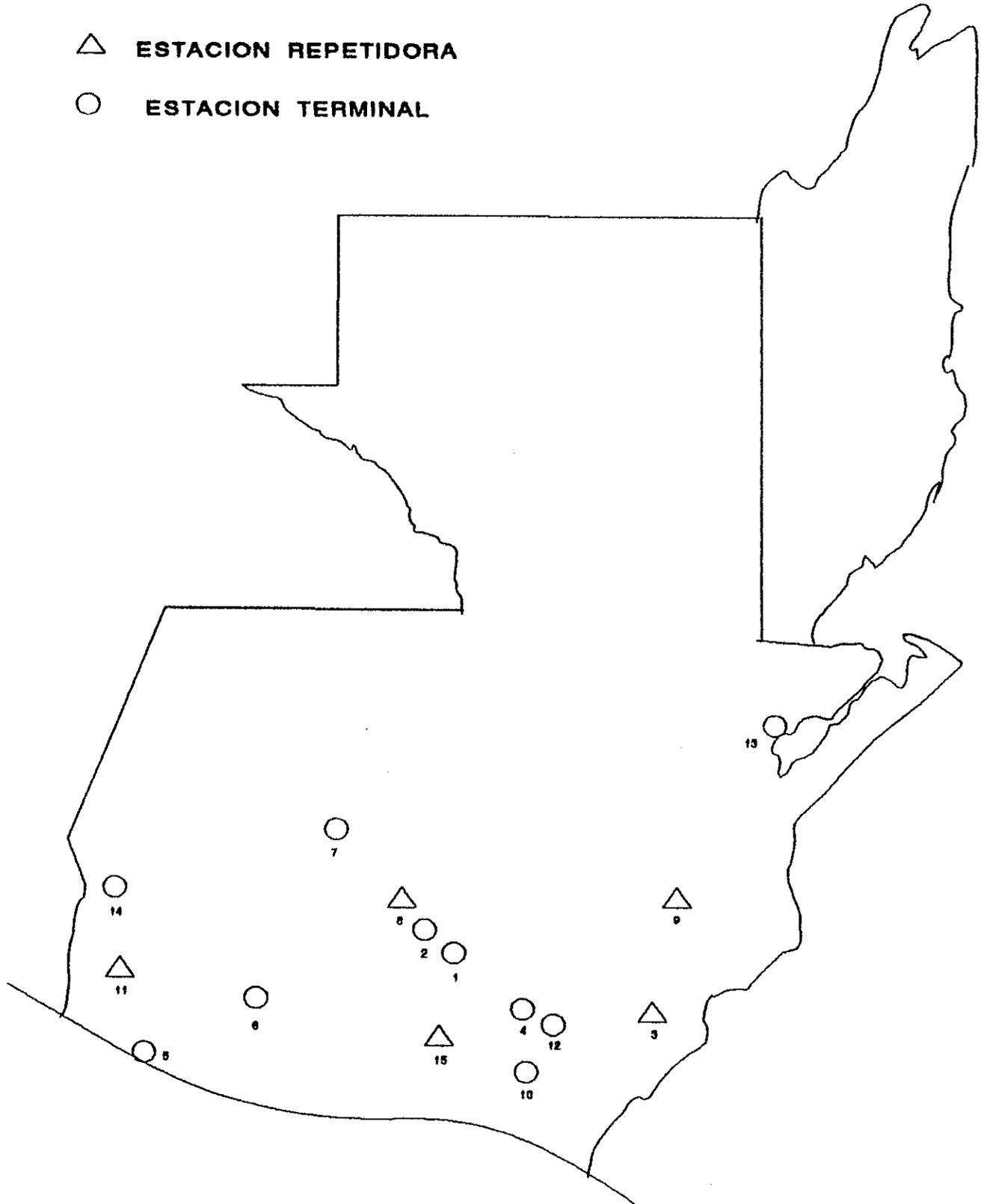


—■— DATOS REALES —+— SIMULACION

GRAFICA NO. 7

UBICACION DE ESTACIONES CON EQUIPO DE TRANSMISION ESTACIONES DE LA 1-15

- △ ESTACION REPETIDORA
- ESTACION TERMINAL



PROYUNSA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE SAN DOMINGO
Biblioteca Central

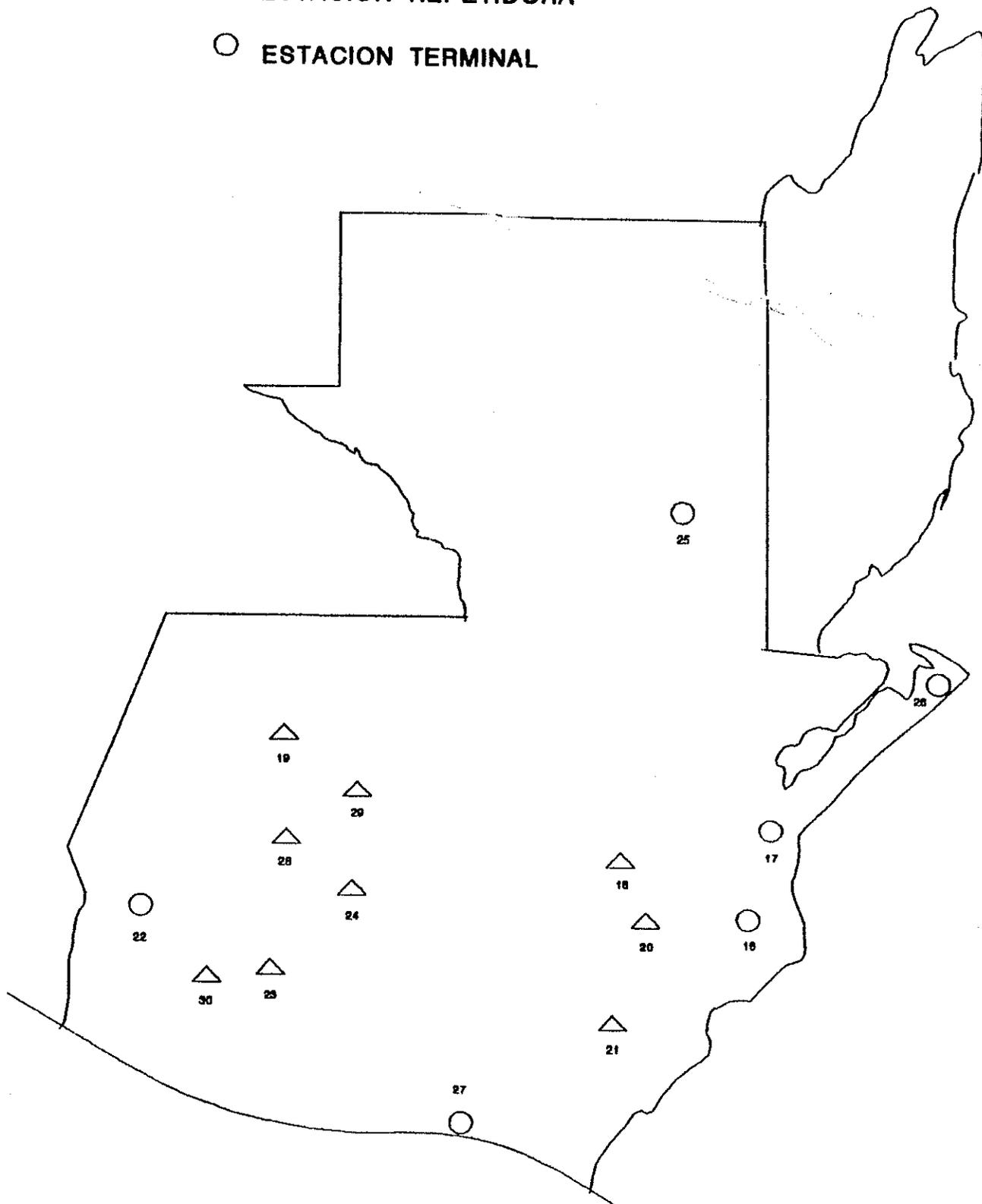
GRAFICA NO. 8

UBICACION DE ESTACIONES CON EQUIPO DE TRANSMISION

ESTACIONES DE LA 16-30

△ ESTACION REPETIDORA

○ ESTACION TERMINAL



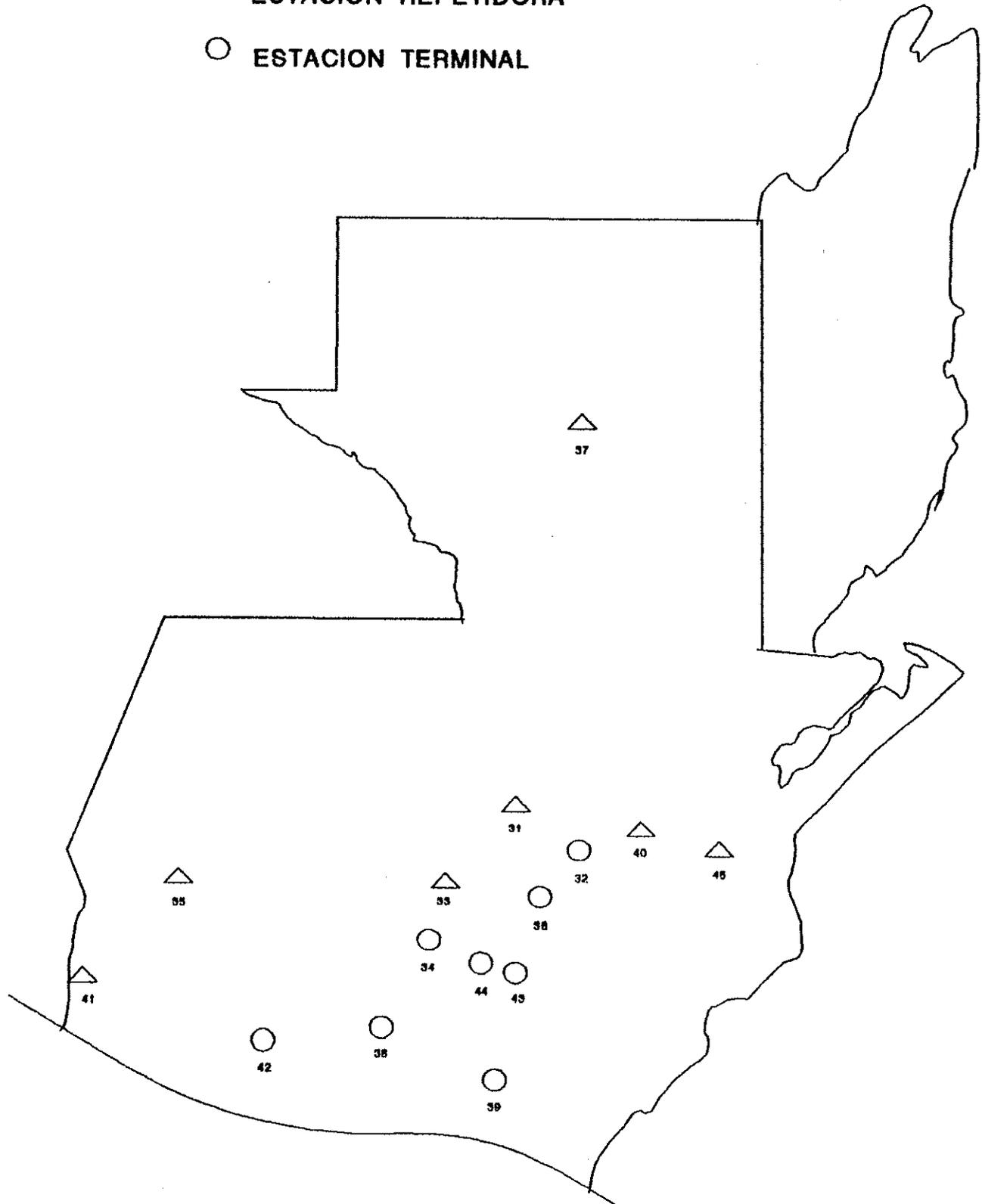
GRAFICA NO. 9

UBICACION DE ESTACIONES CON EQUIPO DE TRANSMISION

ESTACIONES DE LA 31-45

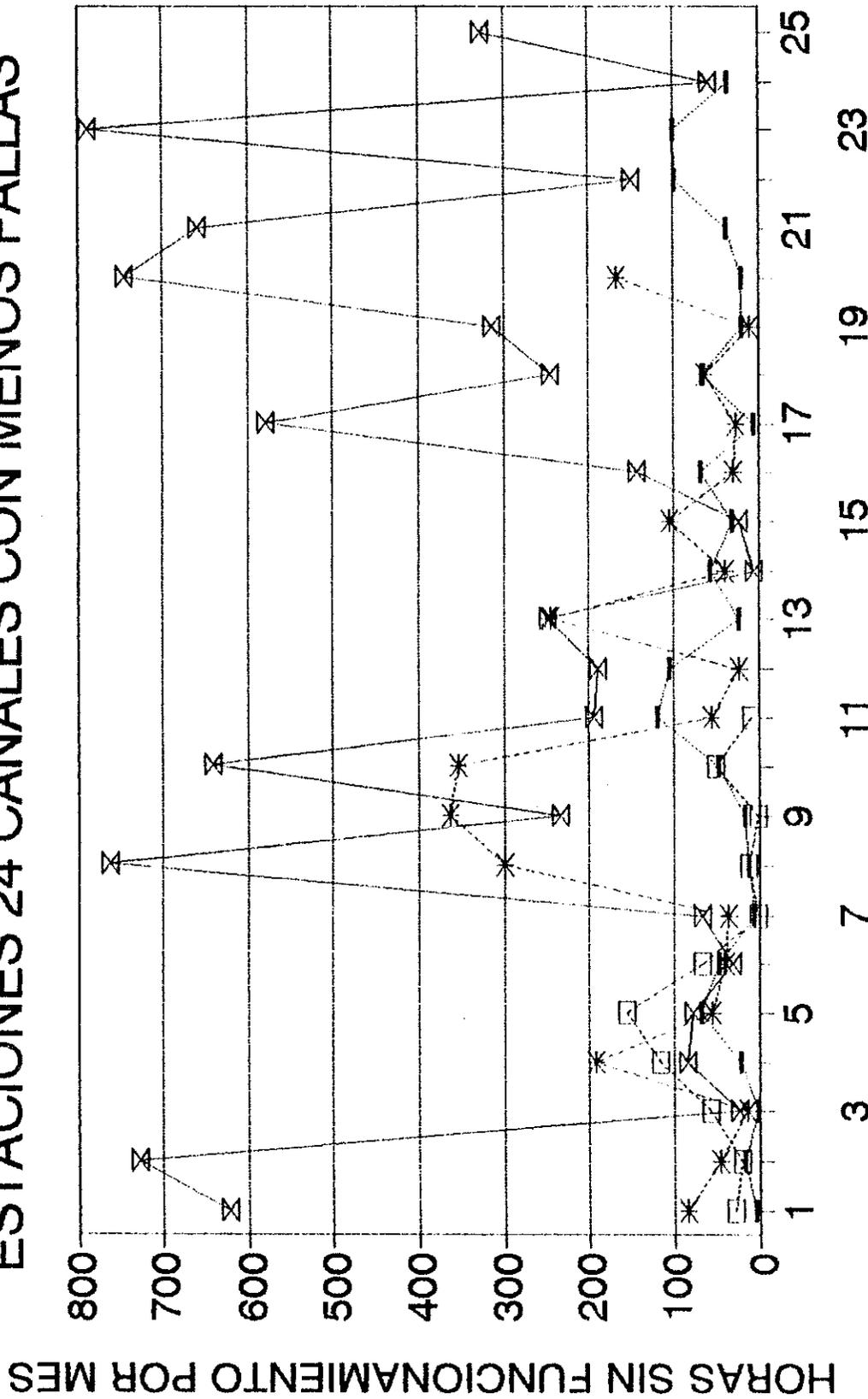
△ ESTACION REPETIDORA

○ ESTACION TERMINAL



GRAFICA No. 10

ESTACIONES 24 CANALES CON MENOS FALLAS



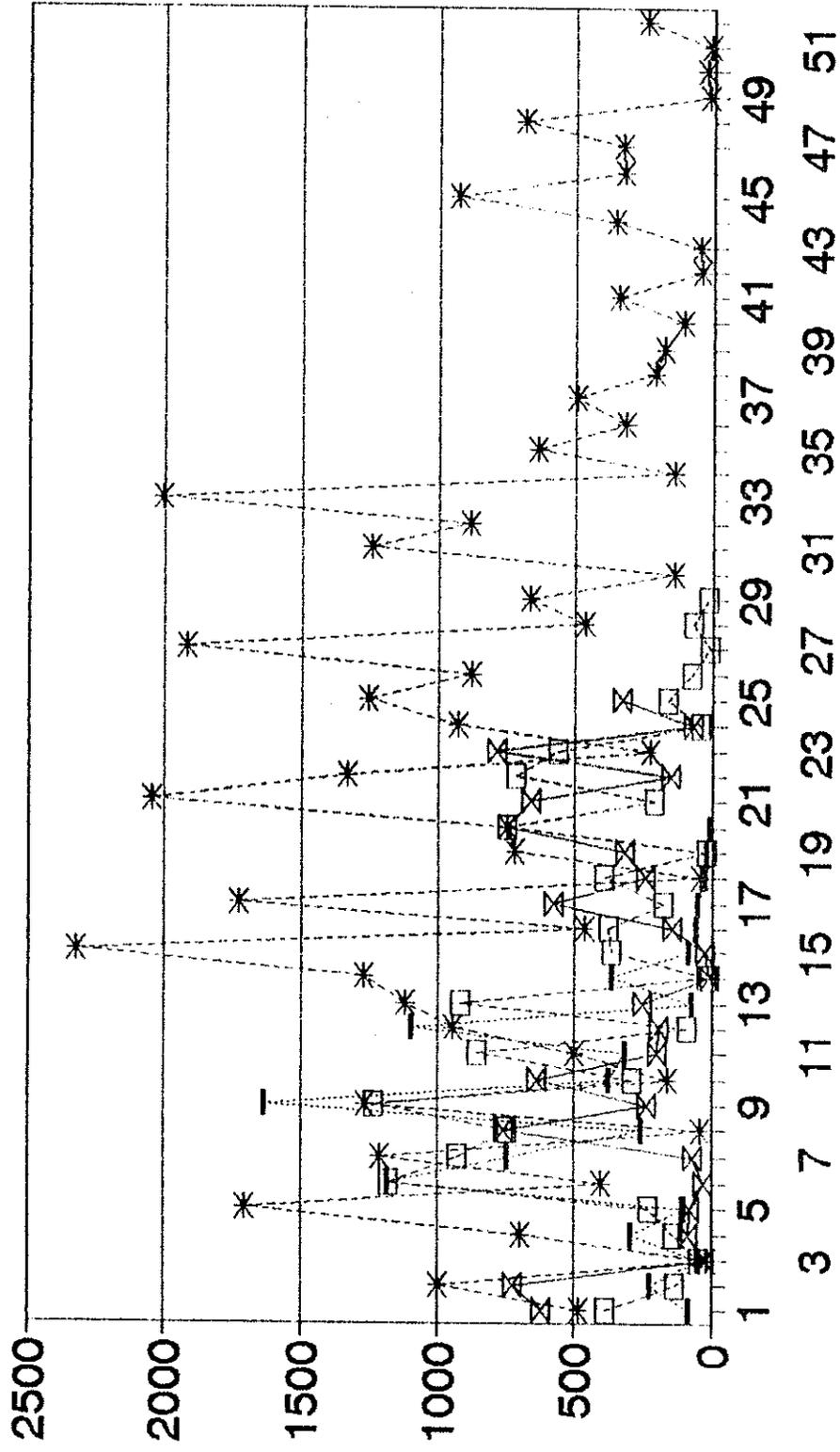
MESES EN LOS QUE SE REPORTARON FALLAS



GRAFICA NO. 11

ESTACIONES DE 24 CANALES CON MAS FALLAS

HORAS SIN FUNCIONAMIENTO POR MES

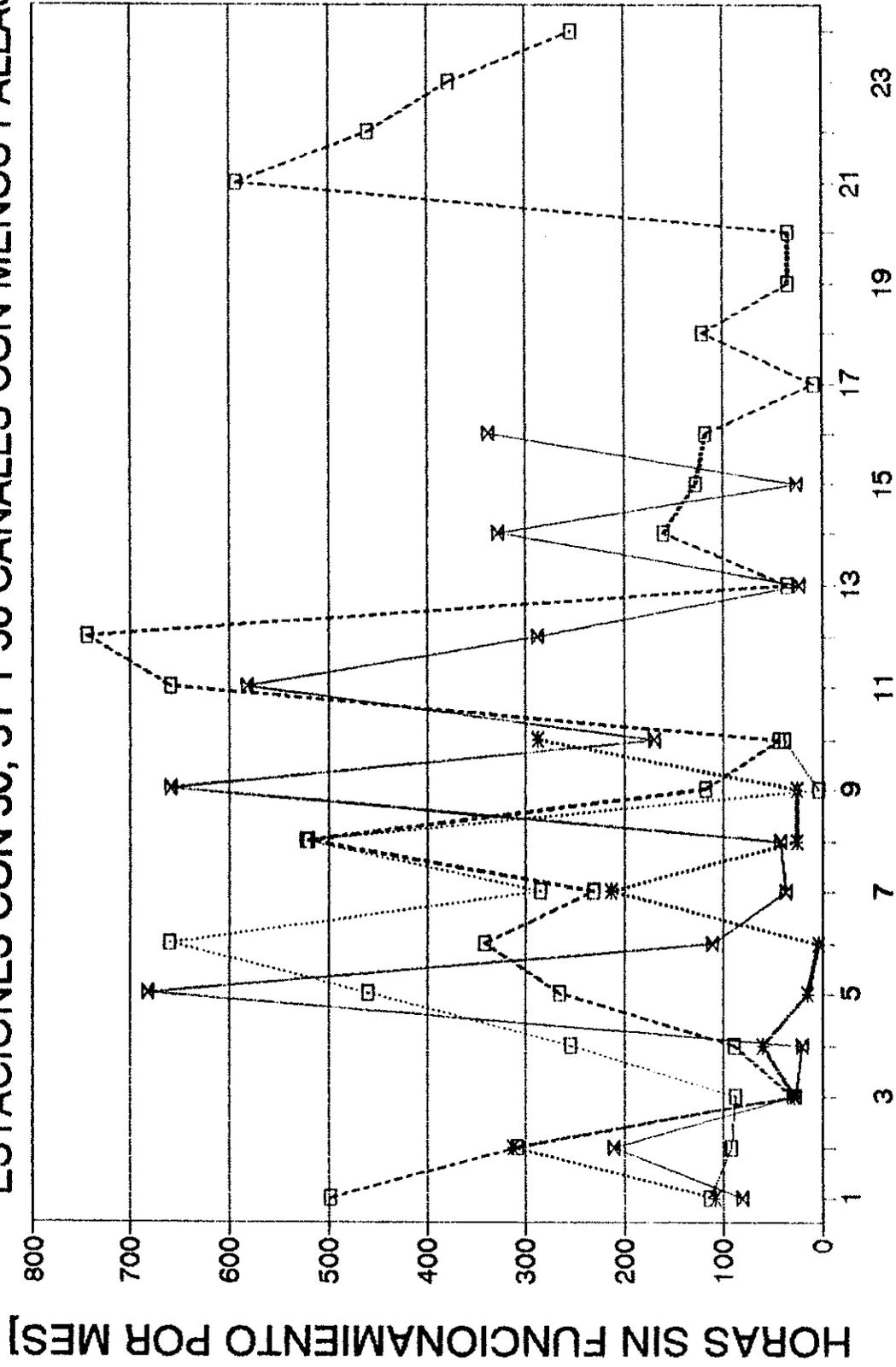


MESES EN LOS QUE SE REPORTARON FALLAS

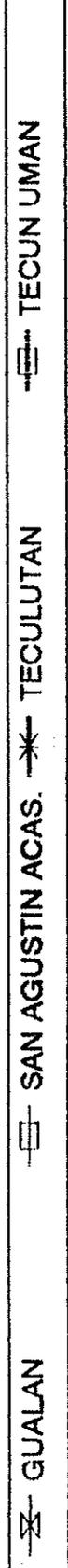


GRAFICA No. 12

ESTACIONES CON 30, 31 Y 36 CANALES CON MENOS FALLAS

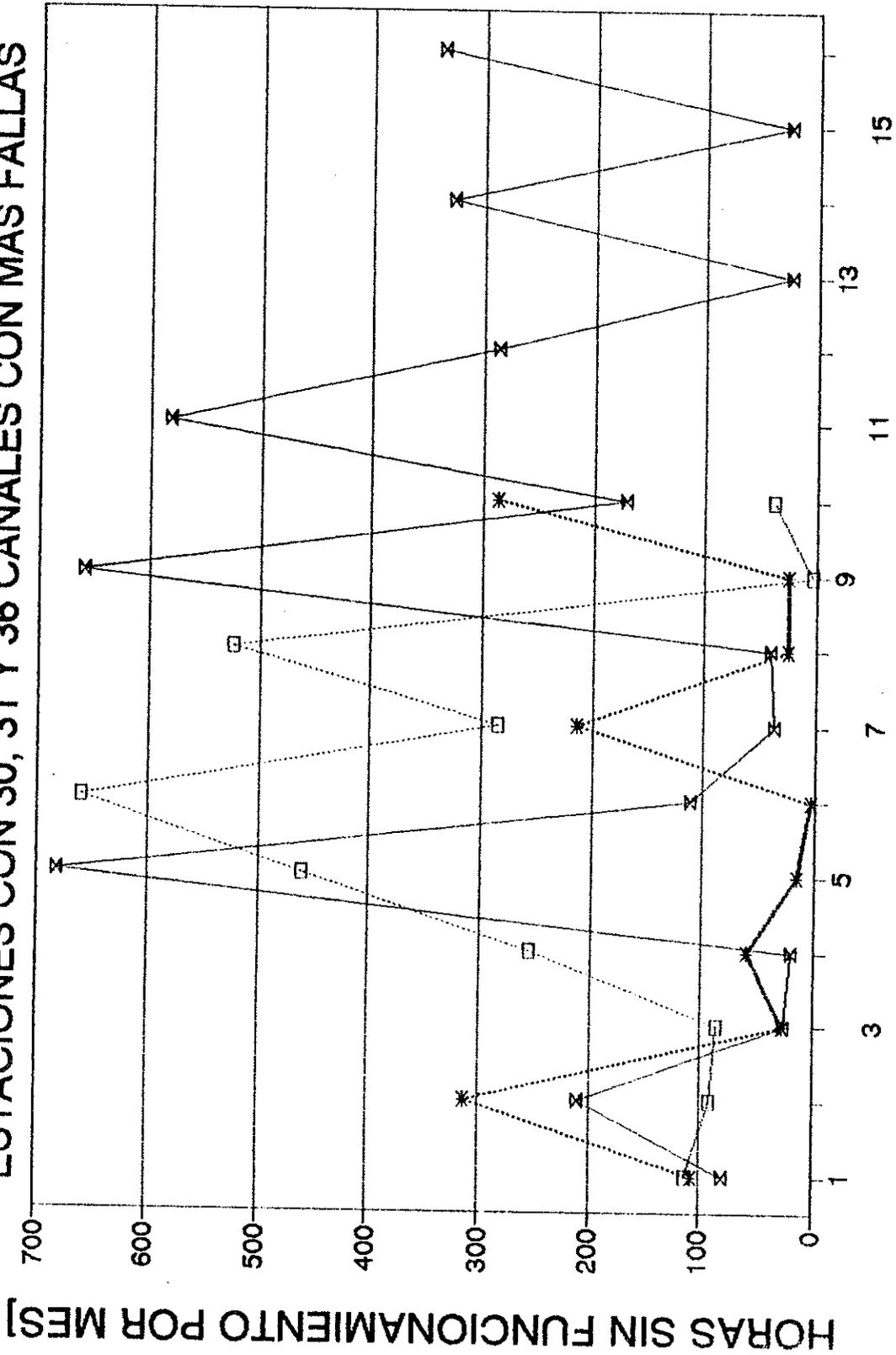


MESES EN LOS QUE SE REPORTARON FALLAS



GRAFICA No. 13

ESTACIONES CON 30, 31 Y 36 CANALES CON MAS FALLAS

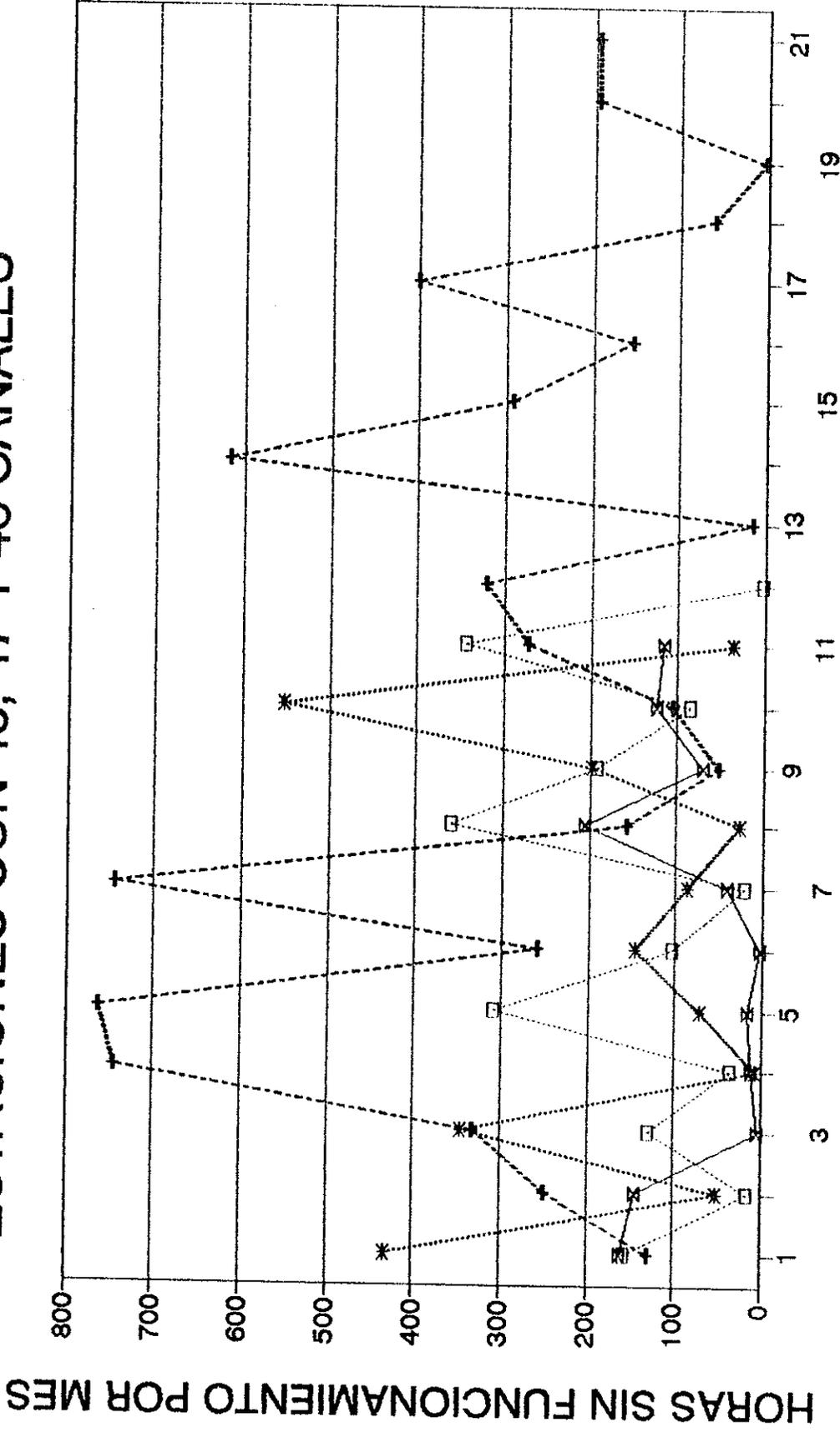


MESES EN LOS QUE SE REPORTARON FALLAS

—x— CHIQUIMULLILLA —□— GUASTATOYA —*— SANARATE

GRAFICA No. 14

ESTACIONES CON 46, 47 Y 48 CANALES

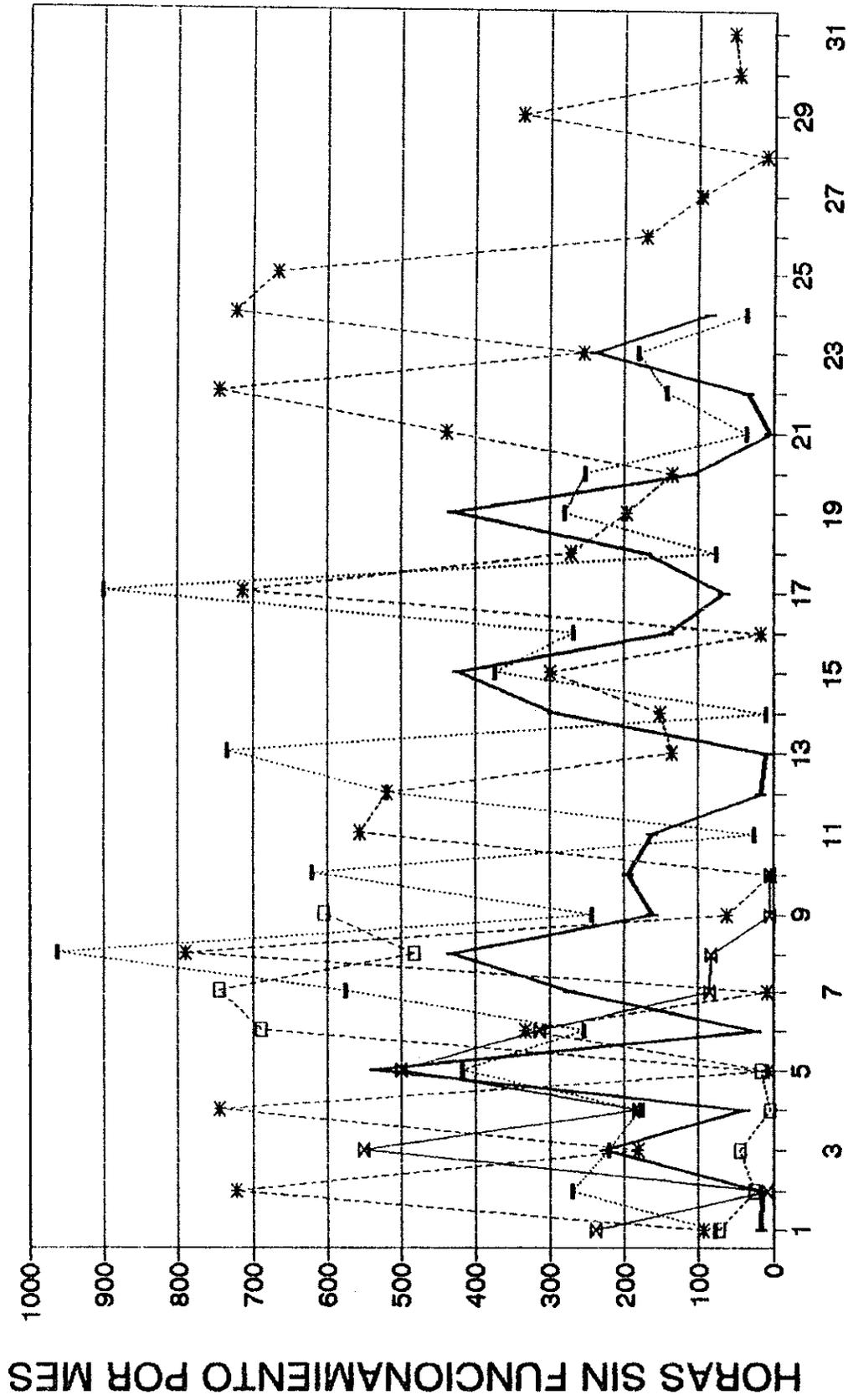


MESES EN LOS QUE SE REPORTARON FALLAS

BARBERENA
 PANAJACHEL
 SALAMA
 SAN JUAN SAC.

GRAFICA No. 15

ESTACIONES CON 57, 60 Y 62 CANALES CON MENOS FALLAS

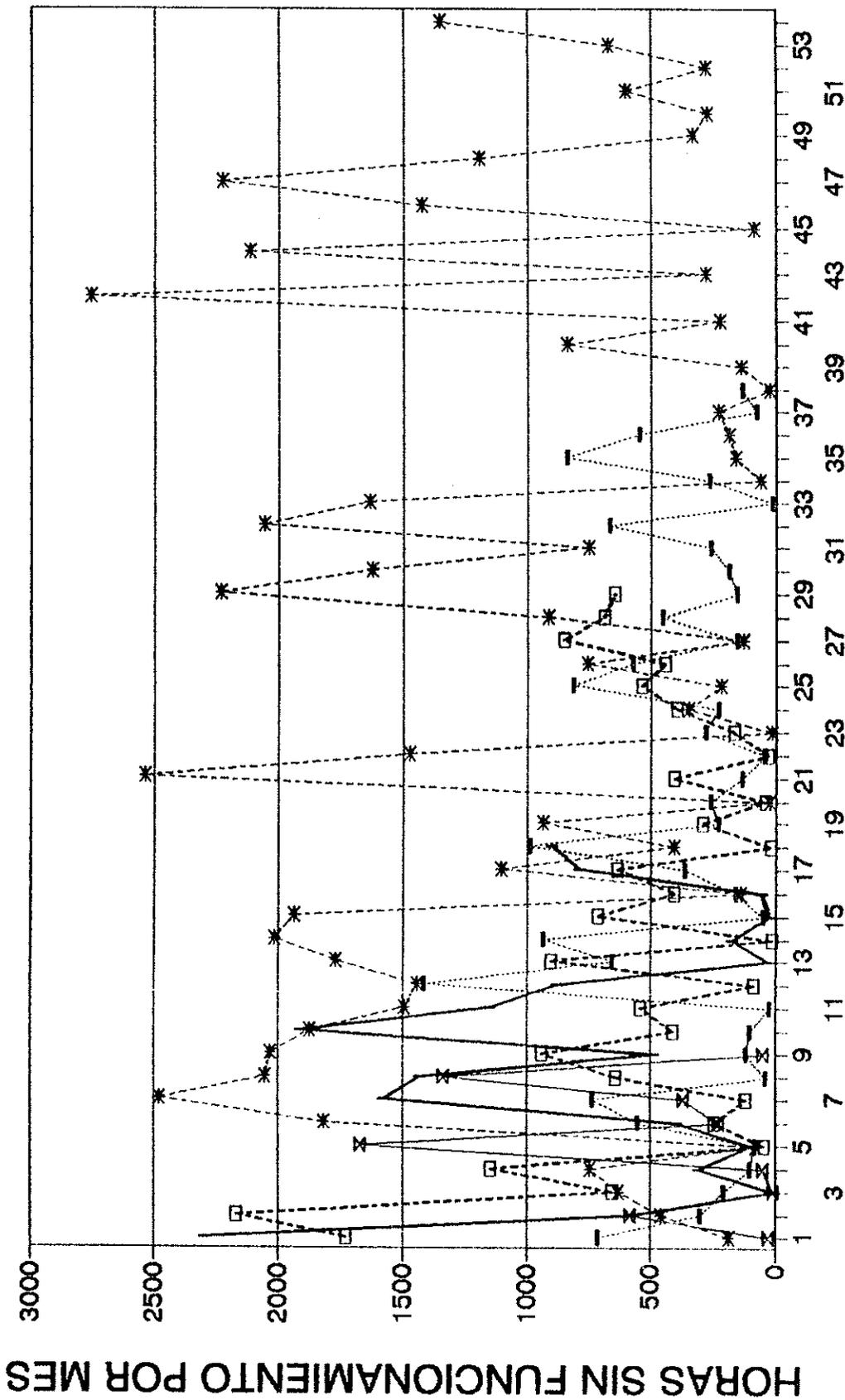


MESES EN LOS QUE SE REPORTARON FALLAS

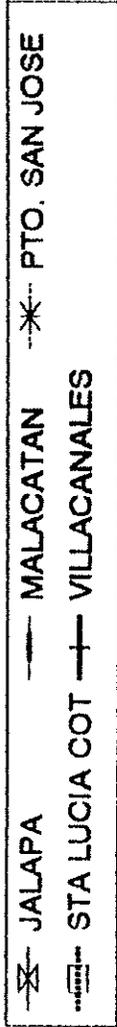


GRAFICA No. 16

ESTACIONES DE 57, 60 Y 62 CANALES CON MAS FALLAS

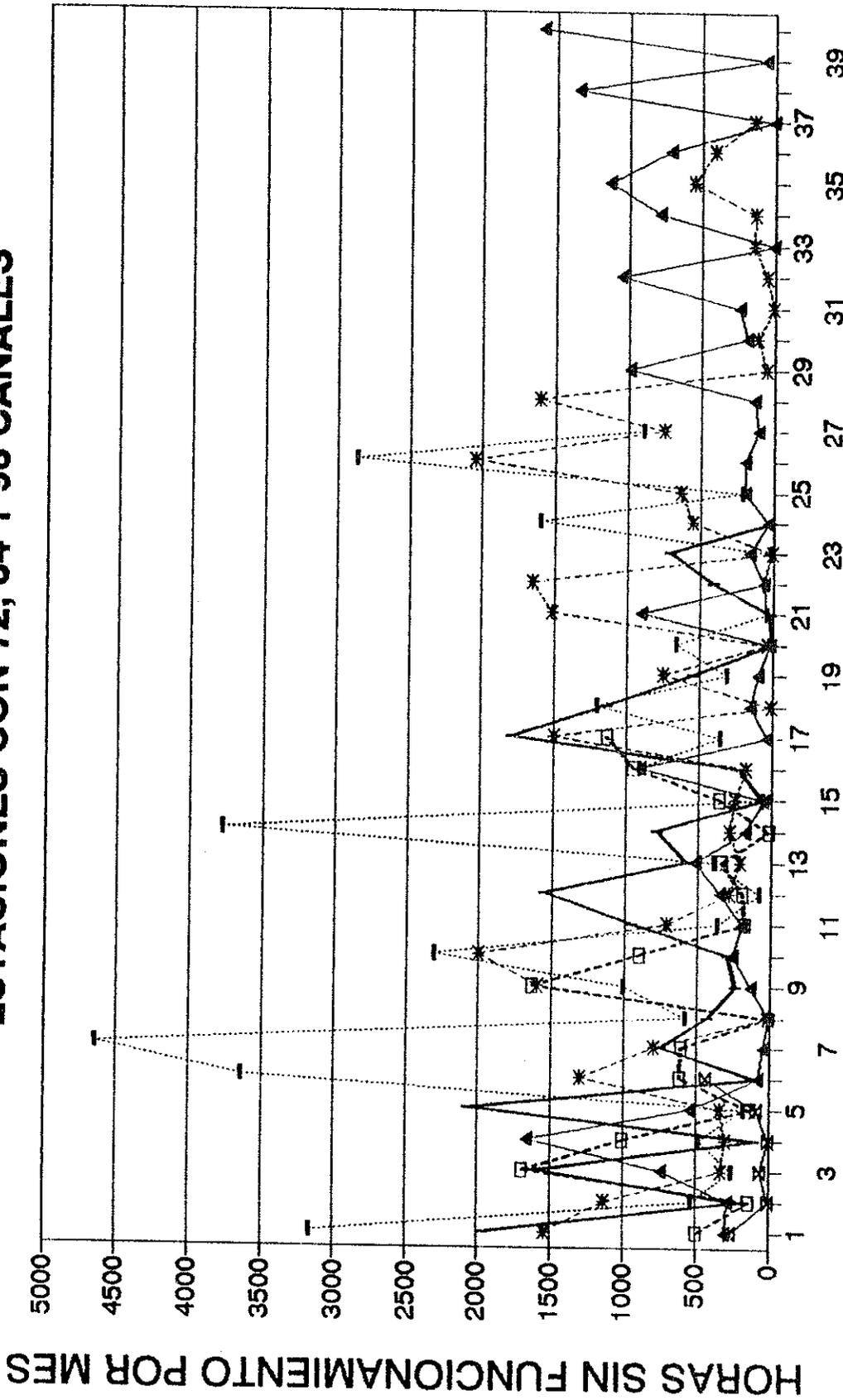


MESES EN LOS QUE SE REPORTARON FALLAS



GRAFICA No. 17

ESTACIONES CON 72, 84 Y 96 CANALES

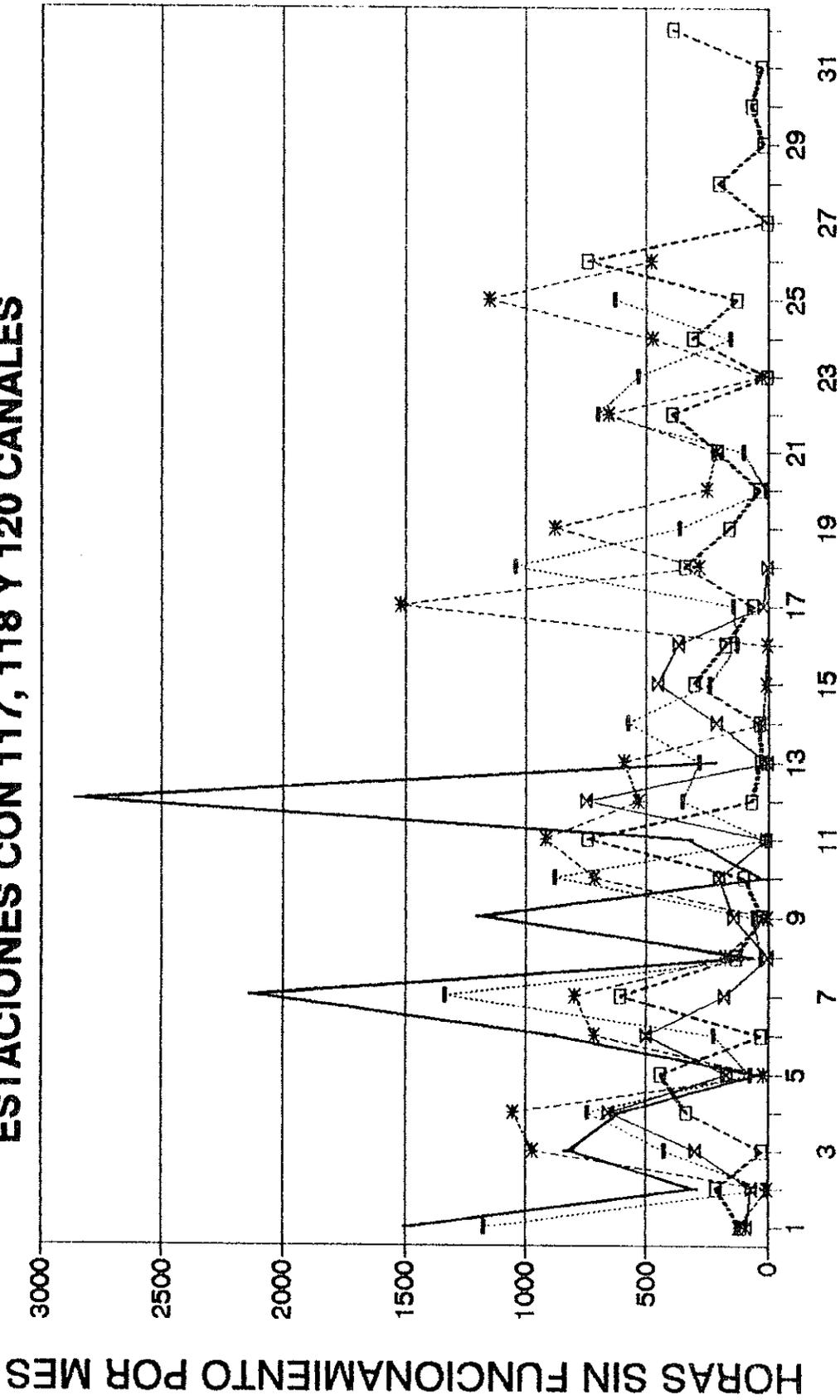


MESES EN LOS QUE SE REPORTARON FALLAS

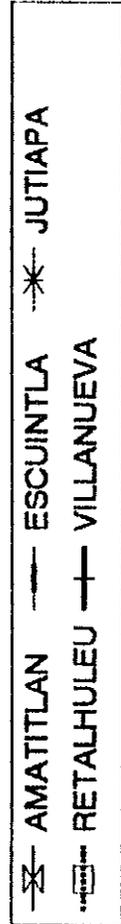
- x— ANTIGUA GUAT.
- SANTA ELENA PETEN
- |— CHIMALTENANGO
- *— CHIMATEPEQUE
- |— TIQUISATE
- ▲— CHIQUIMULA

GRAFICA No. 18

ESTACIONES CON 117, 118 Y 120 CANALES

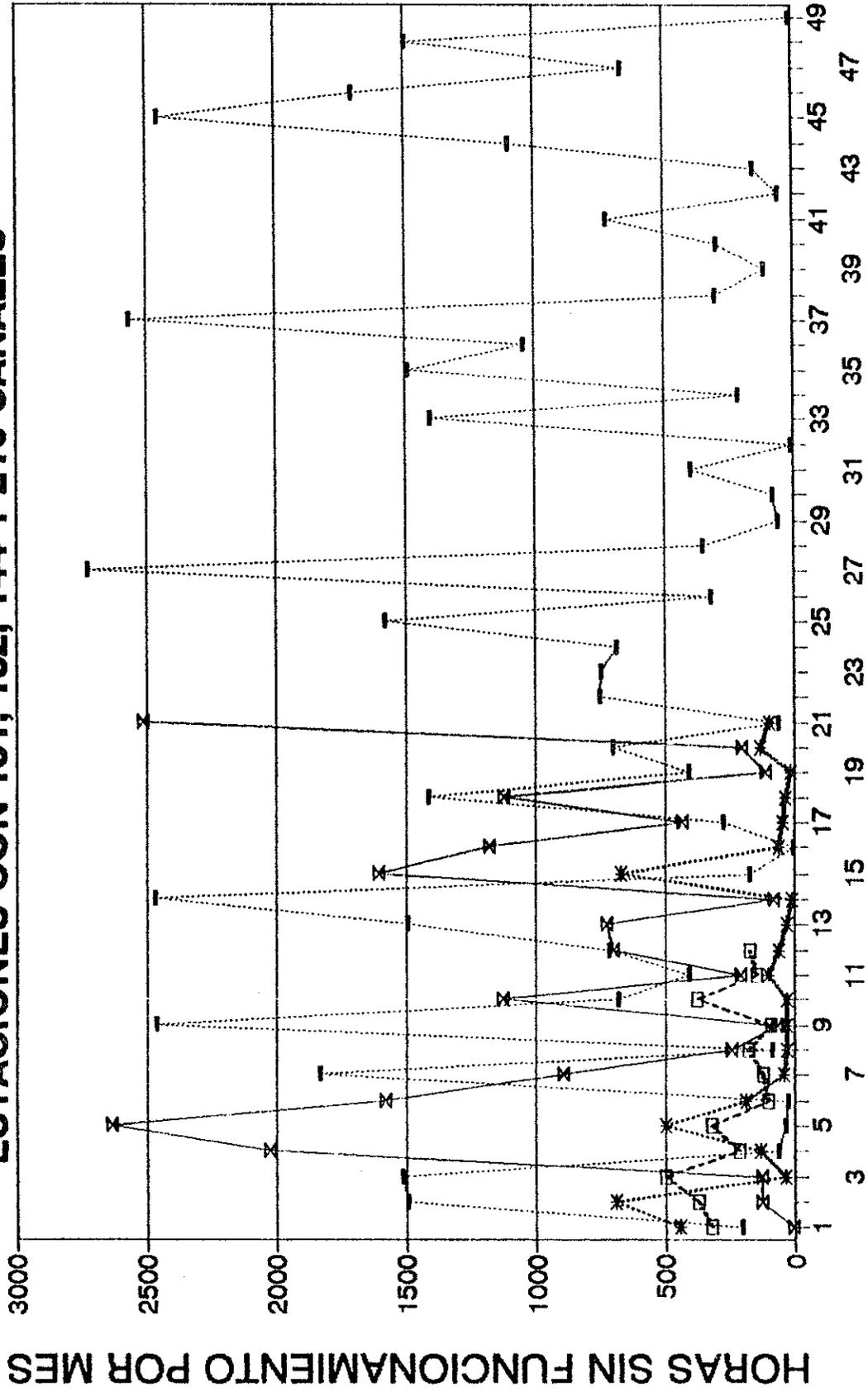


MESES EN LOS QUE SE REPORTARON FALLAS



GRAFICA NO. 19

ESTACIONES CON 131, 132, 144 Y 216 CANALES



MESES EN LOS QUE SE REPORTARON FALLAS

✕ MAZATENANGO
 — PUERTO BARRIOS
 * QUETZATENANGO
 □ ZACAPA

ANEXO 4

TABLA No. 1

	ESTACION	HORAS POR CANAL/MES SIN SERVICIO PROMEDIO	HORAS POR CANAL/MES SIN SERVICIO SIMULADAS
1	AMATITLAN	0.57	0.55
2	ANTIGUA GUATEMALA	0.27	0.24
3	ASUNCION MITA	1.82	1.8
4	BARBERENA	1.17	1.19
5	CHAMPERICO	0.84	0.88
6	CHICACAO	6.96	7.42
7	CHICHICASTENANGO	1.46	1.59
8	CHIMALTENANGO	6.96	7.28
9	CHIQUMULA	3.47	3.44
10	CHIQUMULILLA	10.81	10.68
11	COATEPEQUE	4.12	4.05
12	CUILAPA	6	6
13	EL ESTOR	5.3	5.88
14	EL TUMBADOR	0.38	0.42
15	ESCUINTLA	1.89	1.89
16	ESQUIPULAS	2.77	2.65
17	GUALAN	5.03	4.89
18	GUASTATOYA	3.84	3.59
19	HUEHUETENANGO	6	2.64
20	JALAPA	5.14	5.04
21	JUTIAPA	1.75	1.92
22	MALACATAN	5.1	5.14
23	MAZATENANGO	5.36	5.36
24	PANAJACHEL	0.8	0.8
25	POPTUN	22.5	22.96
26	PUERTO BARRIOS	4.62	4.59
27	PUERTO SAN JOSE	13.99	14.1
28	QUETZALTENANGO	0.26	0.26
29	QUICHE	3.15	3.18
30	RETALHULEU	0.95	1
31	SALAMA	2.15	2.17
32	SAN AGUSTIN ACASAGUAST	1.7	1.64
33	SAN JUAN SACATEPEQUEZ	3.14	3.05
34	SAN LUCAS SACATEPEQUE	0.27	0.27
35	SAN MARCOS	1.02	0.89
36	SANARATE	6.64	6.67
37	SANTA ELENA PETEN	5.62	5.66
38	SANTA LUCIA COTZUMALG	5.64	5.59
39	TAXISCO	8.55	8.25
40	TECULUTAN	1.67	1.67
41	TECUN UMAN	4.75	4.75
42	TIQUISATE	5.04	5.23
43	VILLA CANALES	2.68	3.73
44	VILLA NUEVA	1.62	1.77
45	ZACAPA	1.3	1.31

TABLA No. 2
DIEZ ESTACIONES CON MAS HORAS/CANAL CON SERVICIO

	ESTACION	HORAS POR CANAL/MES PROMEDIO SIN SERVICIO	HORAS POR CANAL/MES SIMULADAS SIN SERVICIO
1	QUETZALTENANGO	0.26	0.26
2	SAN LUCAS SACATEPEQUEZ	0.27	0.27
3	ANTIGUA GUATEMALA	0.27	0.24
4	EL TUMBADOR	0.38	0.42
5	AMATITLAN	0.57	0.55
6	PANAJACHEL	0.6	0.6
7	CHAMPERICO	0.84	0.88
8	RETALHULEU	0.95	1
9	SAN MARCOS	1.02	0.89
10	BARBERENA	1.17	1.19