

4
201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ A R A G O N ”

APLICACION DEL RADIO DE ACCESO MULTIPLE AL
PROBLEMA DE LA TELEFONIA RURAL EN MEXICO

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Presenta:

JESUS MARTIN CRUZ GOMEZ

TESIS CON
PANEL DE ORIGEN

México, D. F. Noviembre de 1988



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 está 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.

INDICE

| Capitulo | Hoja |
|---|-----------|
| INTRODUCCION | 1 |
| 1 ANTECEDENTES | 5 |
| 1.1 Zonas rurales | 7 |
| 1.2 Dinámica de crecimiento de las poblaciones rurales en el país .. | 9 |
| 1.3 Política sectorial para la telefonía rural en el período 1960-1984..... | 9 |
| 1.4 Desarrollo de la estrategia telefónica para la telefonía rural en TELMEX hasta 1988 | 11 |
| 1.5 Plan Nacional de Telefonía Rural | 13 |
| 2 CONSIDERACIONES TEORICAS | 15 |
| 2.1 Telecomunicaciones rurales | 17 |
| 2.2 Modelos de redes | 17 |
| 2.2.1 Red en malla y red en estrella | 18 |
| 2.2.2 Red jerárquica | 18 |
| 2.2.3 Red rural | 19 |
| 2.3 Planes fundamentales | 21 |
| 2.3.1 Plan de conmutación | 21 |
| 2.3.2 Plan de numeración | 22 |
| 2.3.3 Plan de señalización | 22 |
| 2.3.4 Plan de transmisión | 23 |
| 2.3.5 Plan de tarificación | 23 |
| 2.4 Tráfico telefónico | 24 |
| 2.4.1 El Erlang | 24 |
| 2.4.2 Método del Erlang para dimensionamiento de equipos | 26 |
| 2.4.3 Factor de concentración | 26 |
| 2.4.4 Estándares de tiempo de ocupación | 27 |
| 2.5 Medios de transmisión | 27 |
| 2.6 Espectro de radiación electromagnética..... | 29 |
| 2.6.1 Propagación de las ondas electromagnéticas en las bandas de VHF y UHF | 30 |
| 2.7 División de las ondas electromagnéticas de acuerdo a su tipo de propagación | 33 |
| 2.8 Pérdidas | 35 |
| 2.8.1 Pérdidas en el espacio libre | 35 |
| 2.8.2 Pérdidas adicionales por defectos de la trayectoria | 39 |
| 2.8.2.1 Atmósfera estándar (Radio aparente de la tierra) | 39 |
| 2.8.2.2 Atmósfera no estándar..... | 41 |
| 2.8.2.3 Zonas de Fresnel | 44 |
| 2.8.2.3.1 Primera zona de Fresnel (Libramiento) | 46 |
| 2.8.2.4 Perfil de una trayectoria | 47 |
| 2.8.2.5 Libramiento..... | 51 |
| 2.8.2.6 Difracción en torno a obstáculos de la trayectoria..... | 53 |

Capítulo

Hoja

| | | |
|-----------|--|-----|
| 2.9 | Desvanecimientos | 59 |
| 2.9.1 | Desvanecimientos debidos al encorvamiento negativo del rayo radioeléctrico $Rap R_0$ | 59 |
| 2.9.2 | Desvanecimientos debidos a la propagación por trayectos múltiples | 60 |
| 2.9.3 | Desvanecimientos por reflexión | 60 |
| 2.9.4 | Desvanecimientos por la formación de ductos atmosféricos | 60 |
| 2.9.5 | Desvanecimientos por absorción debido a la lluvia | 61 |
| 2.10 | Antenas | 61 |
| 2.10.1 | Características de una antena | 64 |
| 2.10.2 | Acopladores de antenas | 66 |
| 2.10.3 | Pérdidas en los alimentadores | 67 |
| 3 | FILOSOFIA DE LOS SISTEMAS DE TELEFONIA RURAL | 73 |
| 3.1 | Sistema monocanal | 75 |
| 3.2 | Sistema radiotelefónico de acceso múltiple | 75 |
| 3.2.1 | Equipo terminal de control | 78 |
| 3.2.2 | Estación de suscriptor | 79 |
| 3.2.3 | Estación base | 79 |
| 3.3 | Sistemas de extracción/inserción | 80 |
| 3.4 | Parámetros de los sistemas | 82 |
| 3.4.1 | Bandas de radiofrecuencias radioeléctricas | 82 |
| 3.4.2 | Capacidad de canales | 82 |
| 3.4.3 | Separación de frecuencias entre transmisor y receptor | 83 |
| 3.4.4 | Separación entre radiocanales adyacentes | 84 |
| 3.4.5 | Modulación | 84 |
| 3.4.6 | Interconexión | 85 |
| 3.4.7 | Frecuencias de la banda de base | 85 |
| 3.4.8 | Nivel de entrada en la banda de base | 86 |
| 3.4.9 | Impedancia en la banda de base | 86 |
| 3.4.10 | Nivel de salida en la banda de base | 86 |
| 3.4.11 | Canal de servicio | 86 |
| 3.4.12 | Calidad de transmisión | 86 |
| 3.4.12.1 | Sistemas analógicos | 87 |
| 3.4.12.2 | Sistemas digitales | 87 |
| 3.4.12.3 | Características del receptor | 87 |
| 3.5 | Sistemas de antenas | 88 |
| 3.5.1 | Características de algunos tipos de antenas | 89 |
| 3.5.2 | Tipos de soportes (mástiles y torres) | 93 |
| 3.6 | Fuentes de energía | 98 |
| 3.6.1 | Baterías | 99 |
| 3.6.2 | Grupo Electrógeno de motor diesel | 99 |
| 3.6.3 | Acumuladores | 99 |
| 3.6.4 | Sistemas de alimentación de energía | 100 |
| 3.6.5 | Sistemas de tierra para protección eléctrica | 102 |
| 3.6.5.1 | Resistividad del suelo | 102 |
| 3.6.5.2 | Tomas de tierra (electrodos) | 102 |
| 3.6.5.3 | Materiales para tomas de tierras | 103 |
| 3.6.5.3.1 | Electrodos en zanjas | 103 |
| 3.6.5.4 | Instalaciones de radio y microondas | 105 |

| Capítulo | Hoja |
|----------|--|
| 3.6.5.5 | Instalaciones del cuarto de equipo 107 |
| 3.6.5.6 | sistemas de distribución 109 |
| 3.7 | Procedimiento para realizar el estudio de gabinete para un sistema de acceso múltiple 109 |
| 3.7.1 | Determinación de las coordenadas geográficas en zonas rurales ... 109 |
| 3.7.2 | Realización de los perfiles radioeléctricos 110 |
| 3.8 | Procedimiento para realizar los cálculos de las pérdidas de los radioenlaces 112 |
| 3.9 | Procedimiento para los estudios de campo 115 |
| 3.9.1 | Procedimiento para efectuar la recopilación y comprobación de los datos técnicos y geográficos 115 |
| 3.9.2 | Pruebas de radiopropagación 118 |
| 3.10 | Ejemplos de aplicación 119 |
| 3.10.1 | Enlace monocanal 121 |
| 3.10.2 | Enlace de multiacceso 127 |
| 4 | TIPOS DE SISTEMAS Y SELECCION DE EQUIPO 129 |
| 4.1 | Tipos de equipos (proveedores) 131 |
| 4.2 | Evaluación técnica 131 |
| 5 | DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RADIO DE ACCESO MULTIPLE, TELETRA 139 |
| 5.1 | Generalidades 141 |
| 5.2 | Principios de funcionamiento 145 |
| 5.2.1 | Sistemas de asignación de canal 145 |
| 5.2.2 | Sistema de señalización interna 146 |
| 5.2.3 | Secuencia de llamada 147 |
| 5.3 | Estructura del sistema MAR 149 |
| 5.3.1 | Equipo concentrador 149 |
| 5.3.1.1 | Unidad de control central 152 |
| 5.3.1.2 | Interfaces abonados-central y radiocanal 152 |
| 5.3.2 | Estación radio base 154 |
| 5.3.2.1 | Módulo tranceptor 155 |
| 5.3.2.2 | Combinador híbrido para 4 Tx 157 |
| 5.3.2.3 | Distribuidor-amplificador para 4 Rx 157 |
| 5.3.4.4 | Alimentación CA/CC y CC/CC 158 |
| 5.3.3 | Equipo radio de abonado 158 |
| 5.3.3.1 | Módulo tranceptor 160 |
| 5.3.3.2 | Módulo de control/BF 162 |
| 5.3.3.3 | Alimentación 162 |
| 5.3.4 | Estructura de programación 163 |
| 5.4 | Sistema radiante 164 |
| 5.4.1 | Antenas para equipo de abonado 164 |
| 5.4.2 | Antenas para la estación radio base 165 |
| 5.4.3 | Cable de antena 165 |
| 5.5 | Características técnicas 165 |

| Capitulo | | Hoja |
|----------|--|------|
| 6 | PROYECTO PROPUESTO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ATLACOMULCO | 171 |
| 7 | INSTALACION | 235 |
| 7.1 | Equipo concentrador | 237 |
| 7.1.1 | Cableado de alimentación | 238 |
| 7.1.2 | Toma de tierra | 238 |
| 7.1.3 | Cableado de canales | 239 |
| 7.2 | Estación radio base | 240 |
| 7.2.1 | Instalación de antena | 241 |
| 7.2.2 | Instalación de cable coaxial | 241 |
| 7.2.3 | Cableado de alimentación | 242 |
| 7.2.4 | Toma de tierra | 242 |
| 7.2.5 | Cableado de alarmas | 242 |
| 7.2.6 | Cableado de canales | 242 |
| 7.3 | Estación radio abonado | 243 |
| 7.3.1 | Instalación en edificio | 244 |
| 7.3.1.1 | Toma de tierra | 244 |
| 7.3.1.2 | Instalación de pararrayos | 245 |
| 7.3.1.3 | Sistemas de antena | 247 |
| 7.3.1.4 | Acometida de energía | 251 |
| 7.3.1.5 | Equipo de abonado | 252 |
| 7.3.2 | Instalación en intemperie | 252 |
| 7.3.2.1 | Instalación de pararrayos | 252 |
| 7.3.2.2 | Instalación sin pararrayos | 253 |
| 7.3.2.3 | Instalación del mástil y antena | 254 |
| 7.3.2.4 | Instalación de cajas | 254 |
| 8 | ASPECTOS FINANCIEROS Y EVALUACION ECONOMICA | 257 |
| 8.1 | Justificación de la inversión en un sistema radiotelefónico rural | 259 |
| 8.2 | Costos en la proyección de un sistema telefónico rural | 259 |
| 9 | CONCLUSIONES | 265 |
| | APENDICE 1 | 269 |
| | APENDICE 2 | 277 |
| | APENDICE 3 | 285 |
| | GLOSARIO | 291 |
| | BIBLIOGRAFIA | 297 |

INTRODUCCION

INTRODUCCION

En diversos foros, tanto nacionales como internacionales se han hecho presentaciones tendientes a destacar la relevancia de las comunicaciones en el medio rural. Sin embargo, no se ha logrado precisar la magnitud de la distribución del servicio telefónico al desarrollo de esta comunidad.

En términos generales se puede afirmar que la telefonía rural es un servicio que no sólo contribuye al bienestar social y al desarrollo económico del medio rural, sino que permite estructurar un desarrollo integrado y armónico entre el medio urbano y los poblados rurales.

Es un factor importante para una población rural el que al integrarse con el resto de los servicios básicos para la comunidad tales como energía eléctrica, escuelas, agua potable, transporte, centros de salud, etc. incrementan el nivel de vida de los habitantes de este medio y con la cual se puede frenar la migración que existe actualmente del campo hacia los grandes asentamientos urbanos.

El presente trabajo de tesis está encaminado a dar una solución alternativa al problema de la telefonía rural en México, por lo cual se realizó el proyecto "Sistema Atlacomulco", la finalidad de éste es comunicar telefónicamente siete poblados rurales pertenecientes al Estado de México a la red telefónica nacional empleando para ello la técnica de radio de acceso múltiple. En los capítulos posteriores en este trabajo se describen los aspectos teóricos y técnicos que deben considerarse en este tipo de sistemas, y posteriormente dar paso a los cálculos del proyecto propuesto.

Si ha de cumplirse con el objetivo fundamental de la Nación, de lograr mejores condiciones de desarrollo e infraestructura distribuidos con mayor igualdad entre la población, y las regiones de los Estados de la República Mexicana, se debe dar mayor impulso a las obras de infraestructura de las zonas rurales.

La evolución económica del País, en los últimos años ha acentuado aún más las diferencias urbano rurales. Los indicadores de bienestar social como la educación la salud, el trabajo y vivienda, también indican que el sector rural ha quedado rezagado con respecto a las zonas urbanas, requiriéndose de

grandes esfuerzos para cubrir sus serias deficiencias de bienestar social.

En la mayoría de los países en vías de desarrollo, como es el caso de México, las poblaciones del medio rural desarrollan principalmente actividades del sector primario. De tal forma que contar con un medio de comunicación rápido y eficiente, como lo es la telefonía les permite colocar sus productos agropecuarios, pesqueros, etc. en los grandes centros de consumo. Así también, les permite incorporarse a la economía del mercado, sacándolo del autoconsumo evitando intermediarismos o la pérdida de sus productos. Otro de los aspectos en los cuales la telefonía juega un papel de suma importancia, es la oportuna atención en casos de emergencia y la administración pública.

A nivel nacional, si bien, el sector de comunicaciones y transportes ha disminuido su participación en la inversión pública federal y en su contribución al producto interno bruto en los últimos años, las telecomunicaciones, y dentro de éstas la telefonía ha mantenido su ritmo de crecimiento.

Capítulo I

ANTECEDENTES

I ANTECEDENTES

La telefonía es una forma básica de comunicación entre los habitantes de un núcleo de población, entre éstos y los habitantes de otros núcleos del país o del mundo donde exista servicio telefónico, estableciendo un intercambio directo, instantáneo y simultáneo de ideas.

De los grupos socioeconómicos existentes, pueden distinguirse en nuestro país dos grupos predominantes: el medio urbano y el medio rural. Las condiciones y factores sociales, así como las actividades que se desarrollan en estos dos tipos de núcleos son diferentes, pero tienen igual importancia en el aspecto económico de nuestro país y la necesidad de comunicación entre ellos es fundamental.

La telefonía urbana tiene una filosofía acorde a los núcleos de desarrollo urbanos y suburbanos, sin embargo, no es aplicable al medio rural. Debido a esto y gracias a las nuevas tecnologías que se han desarrollado ha sido posible crear un nuevo concepto para la telefonía no urbana llamada telefonía rural con una nueva filosofía de la comunicación adaptada al medio en que se usa.

La idea principal de la telefonía rural es la existencia de un teléfono por localidad que se conectará o integrará a la red telefónica nacional mediante un sistema automático que permite marcar directamente un número local del punto de conexión, marcar 02, 09 y tener acceso al servicio automático de larga distancia (LADA) nacional o internacional con entrada y salida las 24 horas del día.

1.1 ZONAS RURALES

Tradicionalmente, el término rural se aplica al campo y a todo lo relacionado con él. Para fines estadísticos, se ha definido en México que aquellos asentamientos humanos que rebasan los 10,000 habitantes son considerados como localidades urbanas, de tal forma, que los que cuentan con una población entre 1 y 9,999 habitantes se consideran localidades rurales, además presentan-

una o varias de las siguientes características:

- Escases de fuentes primarias de energía, o generación dispersa sin coordinación alguna.
- Escases de personal técnico calificado local
- Condiciones topográficas por ejemplo: existencia de lagos, desiertos, zonas montañosas que obstaculizan la construcción de líneas y sistemas de transmisión clásicos.
- En algunas zonas, condiciones tropicales, semitropicales u otras condiciones climáticas rigurosas que imponen exigencias críticas para asegurar la vida útil y el mantenimiento necesarios del equipo.
- Condicionamientos económicos para conseguir la amortización de las inversiones y la rentabilidad del servicio, debido a los elevados costos de construcción y mantenimiento.

Nuestro país cuenta actualmente con 99,210 localidades, de las cuales sólo 301 tienen una población superior a los 10,000 habitantes en las cuales habita el 60% de los 72 millones de habitantes que residen en el territorio nacional

A continuación se muestra un cuadro estratificado, tabla 1, por tamaño de las poblaciones, número de localidades y a la población que habita en ellos.

| TAMANO DE LA LOCALIDAD | NUMERO DE LOCALIDADES | HABITANTES POR ESTRATO * |
|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| más de 9,999 | 301 | 40,828 |
| 2,500 a 9,999 | 1,544 | 9,039 |
| 1,000 a 2,499 | 4,073 | 6,932 |
| 500 a 999 | 7,384 | 5,692 |
| 250 a 499 | 12,150 | 4,857 |
| 100 a 249 | 16,582 | 3,212 |
| 1 a 99 | 57,176 | 1,766 |
| TOTAL | 99,210 | 72,350 |

Total de localidades rurales 98,909

*miles de habitantes

Tabla 1. Cuadro estratificado por tamaño de localidades

1.2 DINAMICA DE CRECIMIENTO DE LAS POBLACIONES RURALES EN EL PAIS.

Para establecer una adecuada planeación de la telefonía rural es necesario considerar el pronóstico de crecimiento de las poblaciones por rango de tamaño. Por lo cual, a continuación se presenta en la tabla 2 la evolución que éstas han tenido en las últimas décadas:

| RANGO DE HABITANTES | Evolución (*) | | | Pronóstico (**) | | Promedio de Incremento anual 1980 - 2000 |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|--|
| | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | |
| 1 - 499 | 78,653 | 83,705 | 85,908 | 90,744 | 94,744 | 0.5 % |
| 500 - 999 | 6,156 | 7,473 | 7,384 | 8,200 | 8,880 | 1.1 % |
| 1000 - 2499 | 3,342 | 4,232 | 4,073 | 4,565 | 4,975 | 1.4 % |
| 2500 - 9999 | 1,705 | 1,395 | 1,594 | 1,772 | 1,692 | 0.6 % |
| TOTALES | 89,356 | 95,805 | 98,909 | 105,281 | 110,591 | ----- |

* Censos generales de población 1960, 1970 y 1980

** Proyecciones de la Subgerencia de Planeación Rural de TELMEH (Per)

Tabla 2. Evolución y pronóstico de crecimiento de las localidades rurales del país (1960-1980). Fuente de información: Diagnóstico y perspectiva de la telefonía rural en TELMEH, Julio 1984.

En la tabla anterior, se puede apreciar, que el número total de poblaciones rurales del país se incrementó de 89,356 a 98,909 de 1960 a 1980 ó sean 9553 nuevas poblaciones.

El número de poblaciones de más de 500 habitantes se aumentará a una tasa anual del 1%, lo que representa 140 poblaciones por año en promedio

1.3 POLITICA SECTORIAL PARA LA TELEFONIA RURAL EN EL PERIODO 1960-1984.

1960 El 5 de Abril aparece publicado en el Diario Oficial, el decreto presidencial del 31 de Diciembre de 1956, por medio del cual se hace responsable de las comunicaciones telegráficas y telefónicas vecinales

- a la Oficina de Telecomunicaciones Vecinales, dependiente de la Dirección General de Telecomunicaciones (DGT) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
- En ese mismo año, se conecta a la red de Teléfonos de México por medio de par físico, las primeras 19 localidades atendidas por la SCT
- 1963 La SCT inicia el servicio de radiocomunicación rural sin enlace a la red telefónica en 10 localidades.
- 1976 La SCT pone en operación el primer sistema de radio de multiacceso en el Estado de Sinaloa.
- 1978 La SCT crea la Coordinación General del Plan Nacional de Telefonía Rural (PNTR), con el fin de elaborar el plan básico de desarrollo de servicio telefónico rural, el cual habría de quedar integrado en un año y ser ejecutado en el período 1979-1988.
- 1979 Quedan concluidos los trabajos relacionados con el PNTR, el cual establece llevar el servicio telefónico a 13092 localidades que cuentan con más de 500 habitantes en un plazo de 9 años, es decir, que el plan habrá de quedar concluido a principios de 1990.
- En el plan no se delimita con claridad que entidad debe responsabilizarse, sin embargo, se presupone la participación primordial de TELMEX.
- 1980 La SCT pone en operación dos sistemas de radio de multiacceso, en Puebla con 29 localidades y en el Estado de México con 18 localidades, conectadas estas a la red telefónica básica.
- 1981 La SCT instala dos nuevos sistemas de acceso múltiple en Costa Chica, Guerrero, y Guadalajara, Jalisco.
- 1982 El 28 de Mayo aparece publicado en el diario oficial, el acuerdo secretarial por medio del cual la Comisión de Telecomunicaciones Rurales pasa a ser la Subdirección General de Telefonía Rural, dependiente de la DGT de la SCT. En ese mismo año se ponen en operación los sistemas de multiacceso de Axtlán de Navarro, Jalisco, Michoacán I y Tabasco I con un total de 87 nuevas localidades atendidas.

1984 En Febrero 29 aparece publicado en el Diario Oficial el acuerdo se-
cretarial por medio del cual desaparece la Subdirección General de -
Telefonía Rural y se crea en su lugar la Dirección de Expansión y -
Servicio, de la cual pasa a depender la actual Subdirección de la Te-
lefonía Rural.

1.4 DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA TELEFONICA PARA LA TELE- FONIA RURAL EN TELMEX HASTA 1988.

1960 TELMEX proporcionaba servicio telefónico a 555 localidades del país-
con lo cual el 42% de la población nacional tenía acceso al servicio.

1970 El número de localidades servidas por TELMEX se incrementó en la -
década de los 60's a una tasa del 10% anual, con lo cual a fines de
ese año se tenían más de 1400 localidades atendidas.

1976 Se plantea la necesidad de contar con un Plan Estratégico de Tele-
fonía Rural para la empresa. Se analizan las tecnologías disponibles
para uso en el medio rural, siendo una de éstas la de radio de mul-
tiacceso.

En ese mismo año se establece el objetivo corporativo de TELMEX -
para la instalación del servicio telefónico en 300 comunidades por año
que cuenten con las características de :

- Tener más de 2500 habitantes
- Contar con servicio de energía eléctrica
- Tener acceso transitable durante todo el año

1977 Se colabora con la SCT en la integración de un plan nacional para el
desarrollo de la Telefonía Rural.

1979 TELMEX presenta a la SCT, 8 recomendaciones básicas para ser in-
cluidas en el Plan Nacional de Telefonía Rural.

- Administrar la telefonía rural considerándo las 164 zonas de conmu-
tación

- Jerarquizar la introducción del servicio tomando en cuenta objetivos intersectoriales del Plan Nacional de Desarrollo Urbano y del Plan Nacional de Desarrollo Industrial principalmente.
- Conectar las localidades de una zona a una central de tecnología avanzada ubicada en el centro de zona mismo, empleando el medio de transmisión más adecuado.
- Enlazar a todas las localidades existentes, o por conectar, de una zona a su centro de zona precisamente.
- Minimizar el servicio telefónico manual.
- Sustituir en el medio rural el sistema de tarificación punto a punto por tarifas zonales, para facilitar la automatización.
- Emplear un nuevo aparato terminal para la facturación automática de conferencias rurales empleando el sistema tarifario zonal.
- Apego a las normas contenidas en los planes fundamentales de la red telefónica existente.

- 1980 El Comité de Dirección de la empresa define como política, la asignación del 8% de presupuestos de inversión para proyectos de telefonía rural.
En diciembre de este año se llega a 3367 poblados conectados, lo cual representó una tasa de incremento anual de 9.6% para la década de los 70's.
- 1981 Se inicia el proyecto de investigación y desarrollo de una central automática de baja capacidad para el medio rural.
Se inicia el proyecto de modificación de los radioenlaces de baja capacidad para convertirlos en el radio de multiacceso.
- 1983 El Director de la Empresa anuncia ante el Presidente de la República que a partir de 1986 se automatizará el servicio telefónico en 50 poblaciones rurales anualmente.
- 1984 Se elabora el primer programa de incorporación de LADA en 220 agencias rurales, por medio del aparato tasador rural.

- 1985 Se integran a la red telefónica un total de 5,352 poblaciones, de las cuales el 32.6% de estas poblaciones es atendido con servicios automáticos y el 67.4% son servidas por agencias.
- 1988 Se incorporan poco más de 1000 nuevas poblaciones a la planta telefónica para llegar a 6552 en este año. El 70% de las localidades estarán servidas por agencias.

1.5 PLAN NACIONAL DE TELEFONIA RURAL

Como se mencionó anteriormente, la SCT creó en 1978 la Coordinación General del Plan Nacional de Telefonía Rural (PNTR) con el objeto de que esta elaborará las bases estratégicas y el plan rector del desarrollo de la telefonía rural en el País.

La premisa básica del PNTR, plantea el llevar servicio telefónico a las comunidades rurales que tengan un asentamiento humano superior a 500 habitantes.

En la tabla 3 se puede apreciar que con esta premisa básica se reduce al 13% de localidades rurales del país, y así mismo, se permite un acceso al servicio telefónico al 70% de la población que habita en el medio rural.

| TAMANO DE LA LOCALIDAD | NUMERO DE LOCALIDADES | | HABITANTES POR ESTRATO * |
|------------------------|-----------------------|---|--------------------------|
| más de 9,999 | 301 | 13,092 Localidades 21,667 Millones de habitantes | 40,878 |
| 2,500 a 9,999 | 1,544 | | 9,039 |
| 1,000 a 2,499 | 4,073 | | 6,932 |
| 500 a 999 | 7,384 | | 5,692 |
| 250 a 499 | 12,150 | | 4,857 |
| 100 a 249 | 16,582 | | 3,212 |
| 1 a 99 | 57,176 | | 1,786 |

* miles de habitantes

Tabla 3. El PNTR cubre el 13% de las localidades rurales, lo que equivale al 70% de la población rural.

Cuando una de las localidades atendidas por la Secretaría empieza a contar con demanda sustantiva para la instalación del servicio local, la SCT traspasa sus instalaciones a TELMEX, dejando la responsabilidad de servicios telefónico a este organismo.

El traspaso se lleva a cabo cuando se tienen localidades que por su densidad de población y por el desarrollo socioeconómico observado, el servicio telefónico comunal proporcionado por la SCT resulta insuficiente, requiriendo por ello los tipos de servicio que ofrece TELMEX.

Desde que la SCT inició sus operaciones de telefonía rural, ha utilizado primordialmente al enlace por medio de par físico, a excepción de las 474 localidades atendidas por medio de radiocomunicación sin conexión a la red telefónica.

A raíz de los estudios elaborados con motivo del PNTR, experiencias obtenidas en el proyecto de Sinaloa, así como también derivado de los nuevos avances tecnológicos en materia de radiotelefonía de acceso múltiple, la Secretaría ha venido incrementando el porcentaje de localidades atendidas por multiacceso, para el año de 1984 el programa de la SCT contemplaba.

75% de las localidades enlazadas por multiacceso

24% por par físico

1% por vía satélite

El radio de acceso múltiple es una técnica que presenta las características para cubrir los requerimientos de la comunicación rural. Este tipo de sistema opera bajo la filosofía de compartir varios canales de cobertura zonas entre un grupo de usuarios, en vez de tener un canal asignado exclusivamente a un usuario. En los capítulos posteriores se tratará en detalle la filosofía de este sistema.

Capítulo II

CONSIDERACIONES TEORICAS

2 CONSIDERACIONES TEORICAS

2.1 TELECOMUNICACIONES RURALES

El término telecomunicaciones se refiere a la comunicación o a la transmisión-recepción de cualquier tipo de información a distancia, a través de cualquier medio de transmisión.

La finalidad de las telecomunicaciones rurales es el establecimiento de comunicación en zona rurales mediante servicios (por ejemplo: teléfono, telégrafo, telefax, etc.) con una calidad de servicio apropiada.

2.2 MODELOS DE REDES

En la planta telefónica coexisten una serie de sistemas de variada tecnología, desde electromecánicas hasta digitales. Estos sistemas encierran el significado de interconexión de abonados ordenados en grupos que corresponden a comunidades aisladas hasta ciudades con una gran población.

Cada sistema representado por unidades de conmutación conocidos como centrales automáticas contienen en su interior una gran cantidad de dispositivos de conexión, donde se aplican variadas técnicas de conmutación y control están organizados por jerarquías y se enlazan de acuerdo a las necesidades de conexión. La red telefónica nacional está enlazada por 3 tipos de redes básicamente.

- Red en polígono o de malla
- Red en estrella
- Red jerárquica

y una última que se utiliza para enlazar a las poblaciones rurales llamada:

- Red rural.

2.2.1 RED EN MALLA Y RED EN ESTRELLA

Cuando existe un grupo pequeño de centrales se forma una red en malla y cuando ésta ya no es operante se forma la red estrella. La elección de la estructura de una red depende del flujo de tráfico entre las centrales sopesado con el costo del enlace, incluida su instalación.

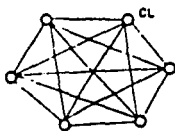
La red en malla es adecuada sí:

- El tráfico es mediano y la distancia entre centrales es corta
- El tráfico es alto y la distancia larga.

La red en estrella es adecuada sí:

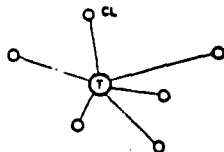
- El tráfico es mediano y la distancia entre centrales es larga
- El tráfico es bajo y la distancia entre centrales es larga.

En las figuras 2.2.1.a y 2.2.1. b se ilustran estos tipos de redes - generalmente se emplean en redes urbanas haciendo combinaciones de ambos tipos de redes.



CL = CENTRAL LOCAL

Fig. 2.2.1.a Red en malla o polígono



CL = CENTRAL LOCAL

Fig. 2.2.1.b Red en estrella

2.2.2 RED JERARQUICA

Una red jerárquica es un sistema que agrupa bajo una estructura de - más de dos niveles prioritarios las centrales que componen la red telefónica. La red interurbana está estructurada de esta forma, la cual está jerarquizada por - 3 tipos de centros.

- Centro Regional (CR)
- Centro de Área (CA)
- Centro de Zona (CZ)

El centro de zona constituye al elemento básico de la red interurbana y es el único donde están conectados los centros terminales, ya sea Oficina Terminal Urbana (OTU) u Oficina Terminal Aislada (OTA).

El centro de área es el centro de rango inmediato superior al centro de zona y sirve para enlazar las diferentes zonas del área. Este conectado a otros centros de área y pueden estar conectados a otros centros de zona de otra área cuando se requiera.

El centro regional es el centro de rango inmediato superior al centro de área y sirve para enlazar las diferentes áreas que atienden, además de ser en algunos casos un centro internacional. Se enlaza a los demás centros de región y puede ser conectado a otros centros de área cuando los intereses de tráfico lo justifiquen.

En la figura 2.2.2 se ilustra este tipo de red. En esta se pueden observar dos tipos de vías o caminos de tráfico. Las vías de alto uso y las vías finales. Las primeras tienen un alto interés de tráfico y tienen posibilidad de desborde, el grado de congestión de éstas es del 10%; las segundas no tienen posibilidad de desborde y tienen grado de congestión del 1%.

2.2.3 RED RURAL

Una red de telefonía rural es un sistema de comunicación que sirve para enlazar pequeñas concentraciones de habitantes, que por su situación geográfica se encuentran apartadas de los grandes centros de población.

Esta red tiene como finalidad incorporar a estas poblaciones a la red telefónica nacional. La estructura general de una red rural se muestra en la figura 2.2.3.

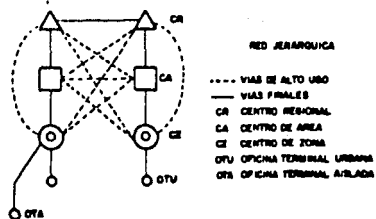


Fig. 2.2.2 Red jerárquica

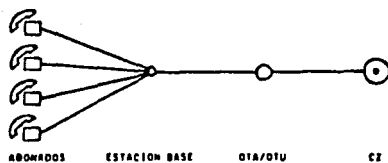


Fig. 2.2.3 Estructura general de una red rural

2.3 PLANES FUNDAMENTALES

Para que los sistemas de Radiotelefonía de Acceso Múltiple (RAM) - puedan conectarse a la Red Telefónica Nacional deben de ser compatibles con los Planes Fundamentales.

Los Planes Fundamentales son un conjunto de normas técnicas que permiten a la planta telefónica cumplir con su objetivo de establecer llamadas al operar como sistema, propiciando la interconexión de equipos de diversos proveedores y tecnologías en el marco de las políticas de calidad de servicio.

La necesidad de contar con planes fundamentales esta motivada por:

- La condición de sistema que tiene la planta telefónica para garantizar la adecuada interrelación de los equipos.
- El compromiso de garantizar una calidad de servicio adecuada para el establecimiento de llamadas y el mantenimiento de conversaciones ininteligible.
- La automatización del servicio local y LD para identificar abonados y permitir la comunicación hombre-máquina y máquina-máquina
- La larga vida útil de los equipos para garantizar su buena operación a lo largo de ella.
- La diversidad de proveedores a nivel mundial para homogeneizar las características de operación de los equipos.
- El avance tecnológico que promueve una adecuación constante del funcionamiento de la planta telefónica.
- El proporcionar una base para optimizar económicamente la planta telefónica

Actualmente se consideran los siguientes planes:

- Plan de conmutación
- Plan de numeración
- Plan de señalización
- Plan de transmisión
- Plan de tarificación

2.3.1 PLAN DE CONMUTACION

Este plan permite prever el servicio telefónico a nivel urbano, interurbano e internacional, requiere contar con una estructura que optimice el flujo

de tráfico, adecuando la congestión del sistema a las políticas económicas y de servicio de la planta telefónica. Determinar su estructura, los enrutamientos del tráfico y el grado de congestión permitida para cursar las llamadas.

Este plan es aplicado a la telefonía rural, ya que el equipo de la central nodal del sistema se diseña de tal manera que se pueda enlazar con la central telefónica automática.

2.3.2 PLAN DE NUMERACION

El servicio telefónico automático a nivel local, nacional y mundial crea la necesidad de tener para cada abonado un número único que lo identifique. El objetivo de este plan es la asignación, administración y control de la numeración, contemplando un período suficientemente grande para minimizar las modificaciones en la planta y garantizar el crecimiento del sistema telefónico. El número que debe marcarse para una llamada de larga distancia se constituirá por:

- Código LADA
- Distintivo de selección de la zona (o central) de la ciudad a llamar
- Número de abonado.

En redes rurales, el criterio de numeración adoptado será tal, que se tome al abonado rural como cualquier abonado urbano.

2.3.3 PLAN DE SEÑALIZACION

La automatización del servicio telefónico requiere el empleo de señales susceptibles de ser entendidas por los equipos que forman la planta telefónica para lograr el establecimiento de las comunicaciones.

La finalidad de este plan es determinar las características y utilización de estas señales durante un horizonte de tiempo suficientemente grande, y así, con la introducción de nuevos sistemas, evitar modificaciones en la planta telefónica.

En sistemas de radiotelefonía rural el tipo de señalización empleado es diferente que el de los sistemas urbanos, no obstante ello, estas señalizaciones deben ser compatibles ya que las redes rurales son integradas a las redes urbanas.

2.3.4 PLAN DE TRANSMISION

El objetivo de éste plan es definir los aspectos de transmisión que van a regir la calidad de los servicios de voz, estableciendo la calidad mínima en la fidelidad de reproducción de la voz, que debe tener cuando menos el 97% de las conversaciones telefónicas, para que los abonados las consideren de "buena calidad".

Este plan debe tomarse en cuenta en la telefonía rural, ya que al igual que los abonados urbanos, se requiere que exista una transmisión de buena calidad.

2.3.5 PLAN DE TARIFICACION

Los gastos del servicio telefónico se dividen en: Gastos de inversión y de explotación. Los gastos de inversión se refieren a la adquisición de bienes inmuebles, construcción de edificios, instrumentación, instalación de equipos telefónicos, gastos de intereses y amortización.

Por otra parte, los gastos de explotación se refieren a los gastos de sueldo de personal, administrativos, arriendo y conservación de las instalaciones de telecomunicación y energía.

Todos estos gastos se deberán cubrir con los ingresos, producto de las tarifas fijadas según el sistema de tasación destinado a la remuneración del acceso al servicio telefónico.

Dentro de un proyecto de telefonía rural, los gastos de inversión y

explotación son planeados de la misma manera que los de una red urbana, sin embargo, dichos gastos no siempre son cubiertos por los ingresos tarifarios, ya que en las zonas rurales el nivel económico de los habitantes es generalmente muy bajo, por lo que se hace difícil amortizar los gastos de servicio y esto debe tomarse en cuenta al aplicar el plan de tarificación.

2.4 TRAFICO TELEFONICO

Las redes telefónicas se deben diseñar de una manera óptima tanto desde el punto de vista económico como técnico con un grado de servicio aceptable, así como también, se debe dar un mantenimiento adecuado al equipo que ya está instalado para ofrecer una buena calidad de servicio.

El tráfico telefónico es la suma del tiempo promedio de duración de todas las llamadas que pasan a través de una central telefónica o sobre algún o algunos dispositivos telefónicos, en especial. El tráfico telefónico es aleatorio y sus unidades están dadas en Erlangs.

Las mediciones del tráfico telefónico son la base fundamental para las ampliaciones de equipo. Por lo tanto, una mala medición puede causar errores de tipo técnico que afecten fuertemente el servicio proporcionado.

2.4.1 EL ERLANG

Un Erlang es la intensidad de tráfico de un órgano o grupo de órganos en los que el tiempo de observación coincide con el tiempo total de ocupación - entendiendo por tal, la suma de los tiempos de ocupación parciales del órgano u órganos que se consideren.

La intensidad de tráfico será de A Erlangs si:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n (toc)_i}{T}$$

donde: $(toc)_i$ es el tiempo de ocupación total del órgano i

T es el tiempo de observación

n es el número de órganos considerados.

en el caso de un sólo órgano:

$$T = (t_{oc}) + (t \text{ liberación})$$

luego su intensidad de tráfico será $A = 1$ puesto que.

$$A = \frac{t_{oc}}{(t_{oc}) + (t \text{ lib.})}$$

en el caso de n órganos la intensidad de tráfico es por consiguiente

$$A \leq n \quad (\text{Erlangs})$$

De la definición de la intensidad de tráfico se deduce que el número A de Erlang que mide la intensidad de tráfico se puede expresar también como el producto del número de llamadas producidas por unidad de tiempo, C , por el tiempo medio de duración de una llamada, τ , medido en la misma unidad de tiempo que se considere, es decir:

$$A = C \tau = \tau \left(\frac{\text{No. llamadas}}{\tau} \right)$$

donde: A representa el número de llamadas que se producen durante la duración medio de una llamada, así como también el número medio de órganos ocupados en un instante. Además, es el número teórico mínimo necesario para cursar el tráfico si cada tentativa de llamada se presentase en el instante preciso en que un órgano se libera.

Si se considera λdt ($\lambda = \text{constante}$), como la probabilidad de que se produzca una llamada en un intervalo de tiempo dt y se supone que τ es la duración de una llamada, se tendrá:

$$A = \int_0^{\tau} \lambda dt = \lambda \tau$$

Puesto que el segundo miembro es el valor medio del número de llamadas que aparecen en el tiempo τ , ya que es la suma de valores de la variable aleatoria (I) por su probabilidad de aparición.

Si se toma como unidad de tiempo la duración media de una llamada se tiene:

$$A = \lambda$$

Para calcular el número de circuitos se requiere del número de conexiones simultáneas en un momento dado y del grado de servicio o sea, de la probabilidad de que falle el establecimiento de una conexión.

Al analizar las lecturas del número de llamadas durante un mes es evidente que hay variaciones de tráfico. Por lo que se ha convenido en utilizar el promedio del tráfico cursado en la llamada hora pico para calcular el número de circuitos.

2.4.2. METODO DE ERLANG PARA DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

Este método se utiliza para estimar el número de Circuitos/Organos requeridos en la planta telefónica; basado en el cálculo de la proporción de llamadas perdidas en un grupo de accesibilidad completa y n circuitos arreglados en tal forma que cualquier llamada que no encuentra salida, se pierda.

La fórmula empleada es:

$$E = \frac{A^n/n!}{\sum_{i=0}^n A^i/i!}$$

donde: E es el grado de servicio permitido

A es la intensidad de tráfico

n son los circuitos o troncales de Larga Distancia.

2.4.3 FACTOR DE CONCENTRACION (FC)

Si el tráfico se especifica como el número de llamadas por día o por mes es conveniente conocer la proporción que guarda esta lectura con la hora pico. Por lo que se tienen ya determinados los siguientes factores:

concentración diaria para centrales públicas = $1/8$

concentración diaria para centrales privadas = $1/6$

concentración por mes para centrales públicas = $1/200$

concentración por mes para centrales privadas = $1/150$

con lo anterior:

$$A = C (FC)$$

2.4.4 ESTANDARES DE TIEMPO DE OCUPACION:

- Llamadas locales: 2 minutos
- Llamadas LADA: 3 minutos
- Llamadas LD manual: 6 minutos

2.5 MEDIOS DE TRANSMISION

Se entiende por medio de transmisión cualquier elemento capaz de - permitir el paso de señales de un punto a otro. Los diferentes medios de transmisión pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Medios eléctricos
 - . Líneas abiertas
 - . Pares simétricos
 - . Cables coaxiales
 - . Cables de video
 - . Cables submarino
- Medios electromagnéticos
 - . Espacio libre (radio analógico y/o digital)
 - . Espacio exterior (satélites)
 - . Guías de onda
- Medios ópticos
 - . Fibra óptica

El primer medio de transmisión de información desarrollado fue el de línea abierta, en el cual un par de conductores metálicos desnudos es empleado para la transmisión de señales eléctricas. El primer sistema de este tipo fue - el telégrafo, desarrollado a mediados del siglo pasado. Posteriormente con el - invento del teléfono se vio la posibilidad de enviar voz humana por este medio y con el advenimiento de las técnicas de multicanalización en frecuencias (MDF) - se logró la transmisión de varios canales de voz por el mismo par de hilos. - Los sistemas de líneas abierta eran el único medio de transmisión L.D. antes de la llegada de los radio enlaces y en la actualidad se siguen empleando para enla ces de baja capacidad.

El cable multipar es el medio usado conumente para conformar las redes locales en las poblaciones. Sin embargo, la multicanalización por división en el tiempo (MDT) nos permite enviar cierto número de canales de voz (24 ó 30) por cada par de cable, con la consiguiente ganancia en el rendimiento de éste. Debido a esto la red troncal en la Cd. de México está constituida - mayormente por este tipo de sistemas y se está incrementando su implementación en otras poblaciones.

En cuanto al cable de coaxial o de video, estos presentan la característica de brindar un gran ancho de banda, lo que permite emplearlos para la transmisión de sistemas analógicos (MDF) o digitales (MDT) de alta capacidad, - lo cual es una buena solución alternativa al uso de radioenlaces para distancias cortas.

Los medios de transmisión basados en el envío de ondas electromagnéticas por el espacio significaron un gran avance respecto a los conductores eléctricos. En estos sistemas las señales de MDF o MDT son trasladadas a una banda de frecuencia idónea para su transmisión, mediante el uso de procesos de modulación y enviados al espacio a través de antenas.

Existen diferentes bandas de radio, pero para la transmisión de señales de telefonía la más conveniente es la banda de microondas (señales con frecuencia cercano o superior a 1 GHz.) ya que presenta características de alta directividad y amplio ancho de banda. La primera característica nos permite enviar la información por auténticas rutas o trayectorias a todo lo largo del País y la segunda permite transmitir señales de alta capacidad por este medio.

La diversidad de equipos de radio empleado en la red telefónica es bastante amplia, aunque se pueden dividir en dos grandes grupos: Analógicos y Digitales. Los radios analógicos son actualmente el núcleo de la red de microondas y se caracterizan por recibir señal MDF y convertirla a la banda de radiofrecuencia (R.F.) mediante modulación en frecuencia (FM). Este tipo de radios presenta el problema de que la cantidad de ruido presente en el sistema se incrementa con la distancia y con el paso del tiempo, lo cual exige un mantenimiento constante. Los radios digitales difieren de los analógicos en que reciben una señal numérica (MDT) y para convertirla a R.F. cuentan con una gama más amplia de técnica de modulación (4 PSK, 8 PSK, QAM, etc.).

En estos sistemas el ruido no es aditivo y presentan características supeiores de resistencia a la interferencia, brindando una mayor confiabilidad y meenos requerimientos de mantenimiento. Sin embargo, requieren un mayor ancho de banda para transmitir el mismo número de canales, lo cual dificulta su uso en alta capacidad.

Finalmente, el medio de transmisión más reciente (electro-óptico), difiere notablemente de los anteriores en su concepción ya que por él no se envía energía eléctrica ni electromagnética, sino luminosa.

El principio básico consiste en la introducción de la señal eléctrica que contiene la información a un transductor electroóptico en el cual se modula un haz luminoso con esta información. Este haz es transmitido por una guía de onda óptica (fibra óptica) por medio de reflexiones múltiples y recibido en el otro extremo por un fotodetector, dando lugar al proceso inverso o sea la conversión de la señal luminosa en eléctrica. Este medio de transmisión presenta un gran futuro, ya que posee un gran ancho de banda y es completamente invulnerable a las interferencias electromagnéticas.

2.6 ESPECTROS DE RADIACION ELECTROMAGNETICA

Las ondas electromagnéticas forman una gran familia, y algunos de sus miembros guardan entre sí apariencias muy distintas, como lo hacen la luz, las ondas de radiofrecuencia y los rayos x. Cuando estas ondas se consideran en su totalidad se acostumbra clasificarlas por sus longitudes de onda o por sus frecuencias, siguiendo un orden creciente o decreciente. Al conjunto ordenado de estas ondas se le conoce como "espectro electromagnético". En la tabla 4 se muestra la clasificación más común del espectro electromagnético, en la figura 2.6 su distribución de acuerdo a la frecuencia, en la tabla 5 se muestran los más típicos de las 8 bandas de radiofrecuencia.

En el sistema de radiotelefonía de acceso múltiple (RAM) se emplean las bandas de VHF y UHF. En el siguiente capítulo se especifican las bandas de frecuencias más empleadas para este fin.

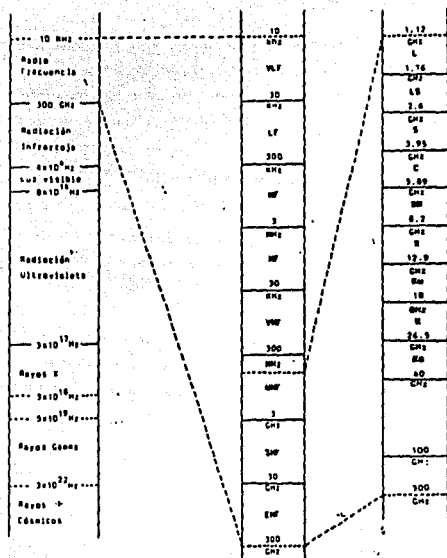


Fig. 2.6. Espectro electromagnético

Por acuerdos internacionales las radiofrecuencias están divididas en 8 bandas.

2.6.1 PROPAGACION DE LAS ONDAS ELECTROMAGNETICAS EN LAS BANDAS DE VHF Y UHF

La manera en que se propagan las ondas de radio desde una antena -transmisora hasta una antena receptora, determina todos y cada uno de los requerimientos que se deben cumplir para obtener un enlace satisfactorio. Por lo anterior, es de suma importancia tener en cuenta las características primordiales de los enlaces, ya que del correcto entendimiento y aplicación de estas, depende en gran parte el buen funcionamiento, costo y calidad que se obtenga del

| TIPO DE RADIACION | FUENTES DE RADIACION | CARACTERISTICAS Y EFECTOS |
|--------------------------|---|---|
| Ondas de radiofrecuencia | Osciladores electrónicos, partículas que se mueven en campos magnéticos, el sol. | Inducción electromagnética pueden ser reflejadas, producen efectos químicos y fisiológicos. |
| Radiación infrarroja | Cuerpos calientes, vibraciones aceleradas de átomos y moléculas, el sol. | Calienta los objetos, causa impresiones en película fotográficas especiales, produce efectos de interferencia como los de la luz visible. |
| Luz visible | Objetos calientes, gases ionizados, cambio en los estados de energía de los átomos, el sol. | Hace visibles a los objetos, impresiona la película fotográfica, induce algunas reacciones químicas tales como la fotosíntesis, produce el efecto fotoeléctrico. |
| Radiación ultravioleta | Arco de vapor de mercurio, carbón y hierro, vibraciones aceleradas de átomos y moléculas, el sol. | Pasa a través de algunos materiales transparentes como el cuarzo, pero no a través del vidrio, es reflejada por metales, produce fosforescencia, induce reacciones químicas, broncea la piel. |
| Rayos X | Interacciones entre electrones y átomos, el sol | Capaces de penetrar a través de algunos sólidos son difractados por cristales, impresionan la película fotográfica, ionizan los gases. |
| Rayos gamma | Substancias radioactivas, colisiones entre partículas nucleares, el espacio exterior, el sol. | Tienen el más grande poder de penetración de cualquier radiación electromagnética, ionizan los gases. |
| Rayos cósmicos | Rayos de origen hipotético que procedentes del espacio exterior, penetran constantemente en la atmósfera terrestre. | |

Tabla 4. Radiación electromagnética

| BANDA | SERVICIOS TÍPICOS |
|--|---|
| VLF (very low frequency) Abajo de los 30 KHz. | Radio navegación (radio-faros), - comunicación marítima. |
| LF (Low frequency) 30 KHz a 300 KHz. | Comunicación marítima y aeronáutica, radiolocalización, radionavegación (radio-faros). |
| MF (Medium frequency) 300 KHz a 3000 KHz. | Radiodifusión AM (535 a 1600 KHz) radioaficionados, señales de socorro (490 a 510 KHz), comunicación marítima y aeronáutica. |
| HF (High frequency) 3 MHz a 30 MHz. (onda corta) | Radiodifusión internacional, comunicaciones a larga distancia, radioaficionados, banda civil (26.96 a 27.5 MHz), frecuencia estándar (5, 10, 15, 20 y 25 MHz), radioastronomía, comunicación marítima y - aeronáutica, investigación espacial facsimil. |
| VHF (Very high frequency) 30 MHz a 300 MHz | Canales de TV del 2 al 6 (54 a 88 MHz), canales de TV del 7 al 13 - (174 a 216 MHz), radiodifusión FM (88 a 108 MHz), telemetría espacial, radioaficionados, servicios públicos, aviación, radioaficionados. |
| UHF (Ultra high frequency) 300 MHz a 3000 MHz | Canales de TV del 14 al 82 (470 a 890 MHz), satélites, investigación espacial, radiosondas, radio navegación, radiolocalización, -- servicios públicos, aviación, radioaficionados. |
| SHF (Super high frequency) 3 GHz a 30 GHz. | Satélites de comunicación, satélites meteorológicos, radionavegación para satélites, enlaces de - microondas, radar, radionavegación radioastronomía, investigación espacial. |
| EHF (Extremely high frequency) 30 GHz a 300 GHz. | Investigación espacial, radioastronomía, radiolocalización, experimentación. |

Tabla 5. Aplicaciones de las bandas de radiofrecuencia

sistema de comunicación diseñado.

La propagación de las ondas de radiocomunicación está influenciada por la frecuencia de operación, distancia, altura de la antena, la naturaleza eléctrica de la tierra, condiciones atmosféricas predominantes en la tropósfera y en la ionósfera, ganancia de las antenas (transmisión y recepción), potencia de transmisión, etc.

2.7 DIVISION DE LAS ONDAS ELECTROMAGNETICAS DE ACUERDO A SU TIPO DE PROPAGACION.

Las ondas electromagnéticas se pueden dividir en la siguiente forma:

- Onda de tierra
 - . Directa
 - . Reflejada en la tierra
 - . Difractadas en la tierra
 - . Superficial
- Onda del espacio
 - . Troposférica
 - . Reflexión y refracción en la tropósfera
 - . Dispersión en la tropósfera
- Ionosférica
 - . Reflexión y refracción en la ionósfera
 - . Dispersión en la ionósfera

Las características de propagación de las ondas superficiales son:

- La propagación de las ondas superficiales y difractadas, entre menor sea la frecuencia será menor la atenuación.
- La reflexión y refracción de las ondas de HF en la ionósfera son muy apropiadas por lo cual la absorción, y la atenuación que sufren durante la propagación es menor.

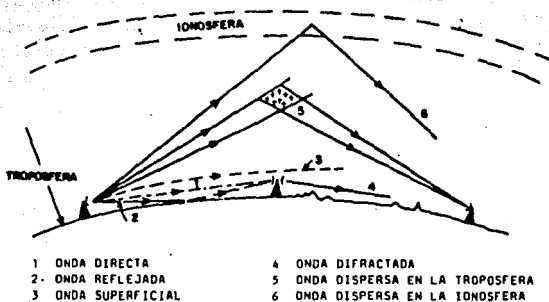


Fig. 2.7.1. Tipos de propagación de las ondas electromagnéticas

- Las ondas superficiales y las difractadas de mayor frecuencia que las VHF - son las que sufren mayor atenuación y además, cruzan el espacio de la ionósfera, por esto, cuando se emplean las ondas directas y las reflejadas se deberá tomar en cuenta sus funciones más importantes.
- Entre las ondas de VLF, LF y MF las ondas inosféricas son las que se utilizan en propagaciones de muy larga distancia.

Tanto la luz como las frecuencias de VHF y UHF son formas de ondas electromagnéticas y como sus límites de frecuencia son muy cercanos, consecuentemente guardan bastante semejanza.

Así como la luz, también las ondas de muy alta frecuencia como son las ondas de VHF y UHF, producen sombras por atrás de los edificios, montes, etc.

Así como la luz se refleja en el espejo, las ondas de VHF y UHF se reflejan muy bien en superficies terrestres planas.

La luz sufre refracción, igualmente, la trayectoria de propagación de VHF y UHF cambian por refracciones que sufren cuando pasan por el límite de -

medios diferentes.

En superficies irregulares, la luz se dispersa, así mismo las ondas de VHF y UHF sufren reflexión irregular, por las irregularidades de la superficie terrestre (árboles, pequeñas colinas, etc.), las olas del mar y las masas de aire irregular que existen en el medio atmosférico.

Tanto la luz como las ondas de VHF y UHF, al encontrar un obstáculo a su paso, sufren difracción en el borde exterior del obstáculo.

Las señales que emite una estación de radio en las bandas de VHF y UHF, no se propagan por la superficie de la tierra siguiendo la curvatura de la misma como en el caso de las ondas de HF (debido a su menor contenido de energía). Por el contrario dichas señales se alejan de la antena transmisora formando un cierto ángulo con respecto a la superficie de la tierra. La propagación se llevará a cabo de acuerdo al arreglo de antenas utilizado.

La energía radiada por la antena transmisora puede alcanzar a la receptora a través de múltiples trayectorias. Las ondas llegan al receptor después de varias reflexiones dispersiones o desvanecimientos, lo que da lugar a problemas en el receptor debido a pérdidas parciales o totales de la señal de información de acuerdo a la fase con que llegan las señales multitrayectorias.

2.8 PERDIDAS

2.8.1 PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

Estas pérdidas son aquellas que se presentan durante la trayectoria de propagación. Esta pérdida es la proporción entre la potencia transmitida y la potencia recibida, dando como resultado las pérdidas de propagación de las cuales las pérdidas en el espacio libre son las más significativas.

Imaginemos un radiador isotrópico, en el espacio libre con una potencia P_0 (el radiador isotrópico, artificio teórico que nos facilita el análisis, es un

un emisor que radía uniformemente en todas las direcciones).

A una distancia d del emisor el flujo de potencia radiada P_o se distribuye uniformemente sobre la superficie de la esfera de radio d . Entonces, en cualquier punto de la superficie de esta esfera tendremos una densidad de energía eléctrica.

$$P_u = \frac{P_o}{4 \pi d^2} \quad \left[\frac{\text{Watts}}{\text{m}^2} \right]$$

ahora bien, si mediante algún procedimiento adecuado podemos orientar la emisión hacia una dirección preferida, tendremos G_1 veces más densidad de energía eléctrica en esa dirección. Colocando ahora una superficie de captación (antena de recepción) de área efectiva A_{ef} en el punto preferido, en sus bornes de salida tendremos una potencia.

$$P_r = \frac{P_o}{4 \pi d^2} \cdot G_1 \cdot A_{ef} \quad [\text{Watts}]$$

mediante el teorema de reciprocidad se puede demostrar que el área efectiva de una antena de recepción se relaciona con la ganancia por medio de la fórmula:

$$A_{ef} = \frac{G_2 \cdot \lambda^2}{4}$$

por lo tanto, la potencia de salida de la antena de recepción será

$$P_r = P_o \cdot G_1 \cdot G_2 \frac{\lambda^2}{16 \pi^2 \cdot d^2}$$

donde: P_o = potencia de emisión

G_1 = ganancia de la antena de emisión

G_2 = ganancia de la antena de recepción

λ = longitud de onda

d = distancia entre antena de emisión y antena de recepción

de la ecuación anterior:

$$\frac{P_o}{P_T} = \frac{16 \pi^2 \cdot d^2}{G_1 \cdot G_2 \cdot \lambda^2}$$

$$\frac{P_o}{P_T} = \frac{1}{G_1 \cdot G_2} \left(\frac{16 \pi^2 \cdot d^2}{\lambda^2} \right)$$

La pérdida neta excluye las ganancias de las respectivas antenas de transmisión y recepción.

$$P_{EL} = \left(\frac{4 \pi d}{\lambda} \right)^2$$

donde: P_{EL} representa en forma matemática las pérdidas en el espacio libre, en función de la distancia de propagación y la longitud de onda.

Expresando la ecuación P_r en dB tenemos:

$$P_r \text{ (dbm)} = P_o \text{ (dbm)} + G_1 \text{ (db)} + G_2 \text{ (db)} - P_{EL} \text{ (db)}$$

$$P_{EL} = -10 \log \left(\frac{4 \pi d}{\lambda} \right)^2 = 20 \log \left(\frac{4 \pi d}{\lambda} \right)$$

$$P_{EL} = 21.98 + 20 \log(d) - 20 \log(\lambda)$$

donde: P_{EL} = pérdidas en el espacio libre (db)

d = distancia de propagación (km)

λ = longitud de onda (m)

la última expresión está en función de la longitud de onda, para obtenerla en función de la frecuencia se recurre a la ecuación que relaciona estas dos variables en función de la velocidad de la luz ($c = 3 \times 10^8$ km/seg).

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

si se expresa λ en metros y la frecuencia en MHz, se obtiene la relación:

$$\lambda = \frac{300}{f} \quad (\text{m})$$

aplicando esta expresión en la ecuación de P_{EL} , pero λ km se tienen:

$$P_{EL} = 21.98 + 20 \log(d) - 20 \log \left(\frac{0.3}{f} \right)$$

$$P_{EL} = 21.98 + 20 \log(d) + 10 \log(f) - 20 \log(0.3)$$

$$P_{EL} = 32.44 + 20 \log(d) + 20 \log(f)$$

donde f = frecuencia (MHz)

Graficando esta última ecuación a diferentes distancias y frecuencias se pueden obtener las atenuaciones mostradas en la figura 2.8.1.

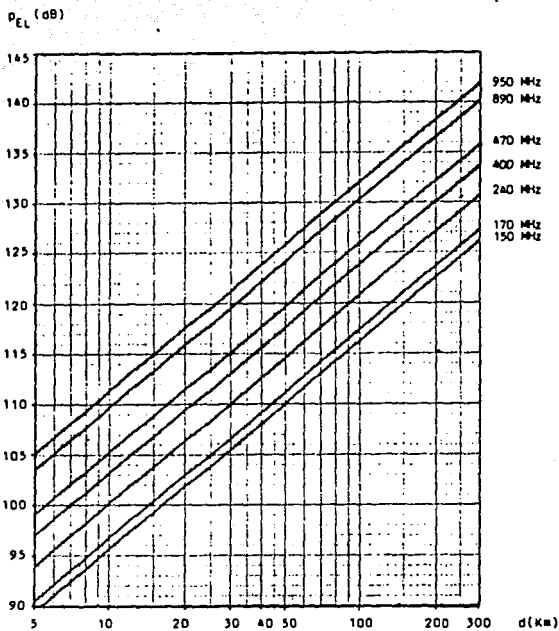


Fig. 2.8.1 Atenuación en el espacio libre para frecuencias de VHF y UHF utilizadas en sistemas de telefonía rural

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

2.8.2. PERDIDAS ADICIONALES POR DEFECTOS DE LA TRAYECTORIA

Normalmente podemos decir que la atenuación entre dos estaciones de un trayecto radioeléctrico no es la del espacio libre. Es decir, la trayectoria - presentará siempre algunas características que afectarán a mayor o menor grado de la señal de radio.

Debido a su mayor longitud de onda, las señales de VHF y UHF se - verán afectadas de manera diferente que las señales de microondas. En algunos casos, como la atmósfera no estandar, sus efectos serán menores pero en otros, como las reflexiones propiciadas por la mayor o menor rugosidad de la tierra, - sus efectos serán más notorios.

En esta sección se expondrán y calcularán los efectos más notables - a las frecuencias que nos interesan y se indicarán algunos conceptos básicos re_ lacionados como la atmósfera estandar y las zonas de Fresnel.

2.8.2.1 ATMOSFERA ESTANDAR. (RADIO APARENTE DE LA TIERRA)

La trayectoria de las ondas en la atmósfera está determinada por la - variación del índice de refracción. Para simplificar esta demostración, supon_ drémos que la atmósfera está estratificada en capas esféricas como se muestran en la figura 2.8.2.1.

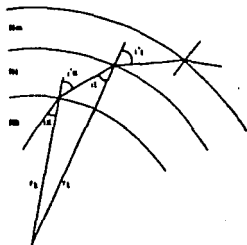


Fig. 2.8.2.1. Refracción atmosférica estratificada

En el caso de la atmósfera estandar, el índice de refracción, varía linealmente con la altitud, ésto es el gradiente del índice negativo.

$$n = n_0 + h \cdot \frac{dn}{dh}$$

$$\frac{dn}{dh} = c = - \frac{1}{\rho} = - 0.039 \times 10^{-6} \frac{Mu}{m}$$

la ley de la refracción aplicada al punto que separa las capas de índices n_K y n_L será:

$$n_K \cdot \sin i_K = n_L \cdot \sin i_L$$

por otra parte, según la conocida relación trigonométrica se tiene:

$$\frac{\sin i_K}{r_L} = \frac{\sin i_L}{r_K}$$

de donde:

$$n_L \cdot r_L \cdot \sin i_L = n_K \cdot r_K \cdot \sin i_K = \dots = n_0 \cdot r_0 \cdot \sin i_0 = c$$

$$c = n \cdot r \cdot \sin i$$

Esta relación es una generalización de la ley de Descartes, determinada la trayectoria de los rayos, si n es constante, se tiene:

$$r \cdot \sin i = r_0 \cdot \sin i_0 = c$$

y la trayectoria es evidentemente una recta.

Suponiendo ahora que n varía linealmente con la altitud.

$$n = n_0 - \frac{h}{\rho}$$

que se puede escribir con una muy buena aproximación como:

$$n = n_0 \left(1 + \frac{h}{\rho_0} \right)$$

por otra parte

$$r = r_0 + h = r_0 \left(1 + \frac{h}{r_0} \right)$$

donde: r_0 = radio terrestre R

$$n_0 \cdot r_0 \left(1 - \frac{h}{\rho} \right) \left(1 + \frac{h}{r_0} \right) \sin i = n_0 \cdot r_0 \cdot \sin i_0$$

desarrollando y despreciando los términos de segundo orden

$$1 + h \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\rho} \right) \quad \text{sen } i = \text{sen } i_0$$

en el caso de $n = \text{constante}$ teníamos:

$$\left(1 + \frac{h}{R} \right) \text{sen } i = \text{sen } i_0$$

las dos relaciones tendrán exactamente la misma forma si hacemos:

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} + \frac{dn}{dh} = \frac{1}{R_{ap}}$$

En otras palabras, cuando el índice de refracción varía linealmente con la altitud. Todo pasa como si la propagación tuviera lugar en una atmósfera de índice constante pero en una tierra cuyo radio aparente estuviera dado por la fórmula anterior.

En regiones de clima templado

$$\frac{dn}{dh} = -\frac{1}{\rho} = -\frac{1}{4R}$$

por lo tanto:

$$R_{ap} \approx \frac{4}{3} R$$

2.8.2.2 ATMOSFERA NO ESTANDAR

Se puede considerar en general, que durante la mayor parte del tiempo la atmósfera está estratificada, es decir, que para una trayectoria dada, el índice de refracción es solo función de la altitud h . En el caso de atmósfera estandar n disminuye linealmente con h (gradiente $\frac{dn}{dh}$ negativo = $-\frac{1}{4R}$). Pero el índice de refracción modificado $M = \left\{ (n-1) \cdot \frac{h}{r} \right\} \times 10^{-6}$ tiene un gradiente positivo e inversamente proporcional al radio aparente de la tierra, y podemos utilizarlo fácilmente para ilustrar los fenómenos de refracción en los casos en que la atmósfera no se comporte de la manera estandar.

El gradiente $\frac{dM}{dh}$ puede ser, hasta cierta altitud, diferente del gradiente estandar y corresponder a radios aparentes diferentes de $\frac{4}{3} R_0$; pueden también producirse ductos atmosféricos con variaciones bruscas de $\frac{dM}{dh}$.

La curva de distribución de M en función de la altitud nos permitirá - ilustrar cinco tipos clásicos de fenómenos de propagación no estandar. Por lo - pronto es de notarse que, en todos los casos, el gradiente $\frac{dM}{dh}$ llega a ser igual - a partir de cierta altitud.

El tipo 1 corresponde a la atmósfera estandar, M crece línealmente - con h Ver figura 2.8.2.2.a



Fig. 2.8.2.2.a Tipo 1 Atmósfera estándar

El tipo 2 corresponde a una condición subestandar. A pequeñas altitu - des el índice M aumenta más rápidamente que en el caso estandar (Ver figura - 2.8.2.2.b); el radio aparente resulta entonces inferior al radio aparente estandar y la distancia de visibilidad radioeléctrica se verá reducida.

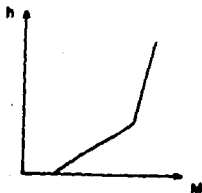


Fig. 2.8.2.2.b Tipo 2 Atmósfera subestándar

En el tipo 3, llamado de transición la tendencia de refracción es contraria al caso anterior, el radio aparente es mayor que $\frac{4}{3} R_0$ y puede llegar al caso extremo en que M permanezca constante hasta una cierta altitud; la visibilidad radioeléctrica aumentará hasta el extremo en que la curvatura de la tierra pueda considerarse como nula. Ver figura 2.8.2.2.c.

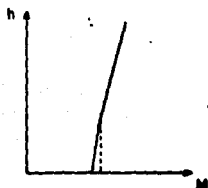


Fig. 2.8.2.2.c Tipo 3 Atmosfera superestándard

En los tipos 4, 5 y 6 (figura 2.8.2.2.d) las condiciones son aún más anormales y dentro de la curva M existen partes inversas (capas de inversión en las cuales el índice M disminuye con la altitud. Esta capa puede partir del suelo (tipo 4) o encontrarse a una cierta altitud (tipo 5 y 6).

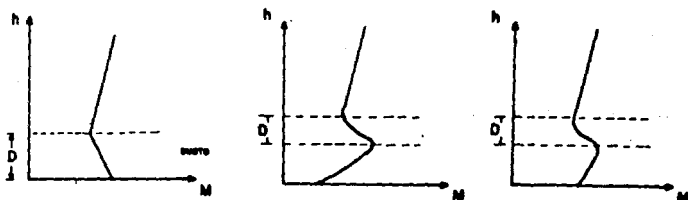


Fig. 2.8.2.2.d Tipos 4, 5 y 6 Capa de inversión elevada

Si trazáramos las trayectorias de propagación en estos tres casos, veríamos que los rayos se encorvan al alcanzar la altura de la capa de inversión - como si ocurriera una cuasireflexión, que solo se producirá si los rayos llegan - casi rasantes a la capa de inversión, por cierto éste es el caso más frecuente. A este fenómeno se le llama superrefracción y hará el efecto de un ducto atmosférico si la altura D es suficiente con respecto a la longitud de onda.

De una manera práctica, los efectos sobre las ondas radioeléctricas - de la atmósfera no estandar son inversamente proporcionales a la longitud de onda; por lo tanto, a frecuencia de VHF y UHF, generalmente es suficiente considerar sólo la difracción normal de las ondas, representada por $R_{ap} = \frac{4}{3} R_o$

2.8.2.3 ZONAS DE FRESNEL

Como sabemos la señal de recepción depende no sólo de la señal propagada por el espacio, sino también de las ondas que se hayan reflejado por el terreno. Estas ondas pueden llegar fuera de fase con la onda directa a la antena receptora reforzando o disminuyendo la señal recibida, y dependiendo de las características de los puntos de reflexión, pueden en ciertos casos, cancelar por completo la señal recibida.

Así mismo, cualquier obstáculo en la trayectoria de las ondas, no dejará pasar la radiación y presentará una variación de la señal, primeramente debido a la sombra del obstáculo y también debido a la interferencia entre la onda directa del transmisor y la onda reflejada del obstáculo.

En la figura 2.8.2.3 las frentes de onda descritos por el arco AG es una parte particular de la energía del rayo que se está enviando desde una antena transmisora. Los puntos A y G en los frentes de onda son designados como fuentes secundarias, en otras palabras son conocidos como centros de radiación de Huygens. El radio de estos círculos determinado por los puntos AG, BF y - CE los cuales son seleccionados dependiendo de la longitud total de T a R, cada círculo es $\frac{n\lambda}{2}$ más grande que la parte más pequeña TDR donde n es una integral, esto es, la distancia ER es más grande por media longitud de onda que la distancia DR, y la distancia FR es más grande que la distancia ER por media -

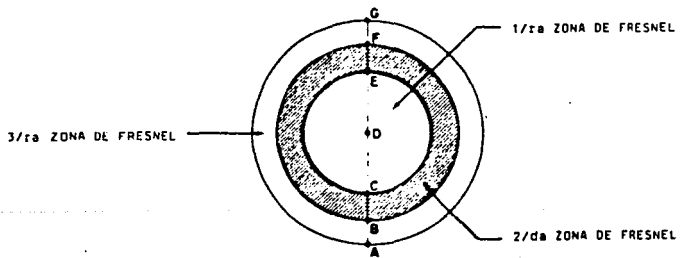
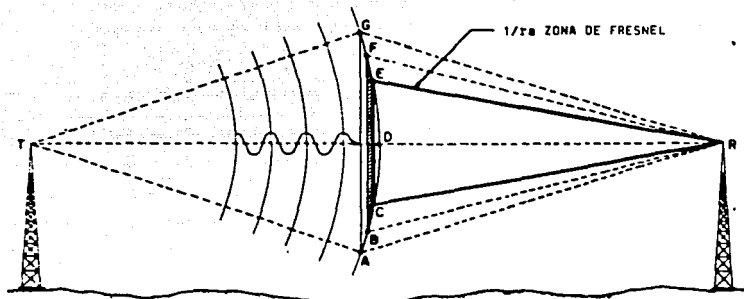


Fig. 2.8.2.3 Zonas de Fresnel

longitud de onda. Las regiones circulares formados por estas zonas se denomina Zonas de Fresnel

2.8.2.3.1. PRIMERA ZONA DE FRESNEL (LIBRAMIENTO)

La primera zona de Fresnel tiene un papel importante en la propaga-
ción de las ondas radioeléctricas a partir de la VHF

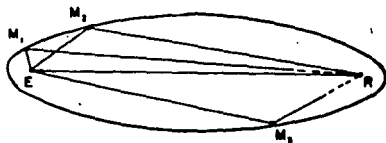


Fig. 2.8.2.3.1.a Primera zona de Fresnel

La primera zona de Fresnel es un elipsoide de revolución, como se muestra en la figura 2.8.2.3.1.a, con focos en las puntas de emisión E y de recepción R de una trayectoria, que es el lugar geométrico de todos los puntos M del espacio tales que.

$$EM + MR = ER + \frac{\lambda}{2}$$

Es decir, un rayo que parte de E y alcanza R reflejándose en un punto de elipsoide recorre $\frac{\lambda}{2}$ más distancia que un rayo que siga la trayectoria directa.

Es muy importante poder conocer el radio de la primera zona de Fresnel en cualquier punto de la trayectoria (ver figura 2.8.2.3.1.b) con miras a una buena elección de los sitios de un enlace.

el radio de esta zona esta determinado por la ecuación:

$$h_0 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}}$$

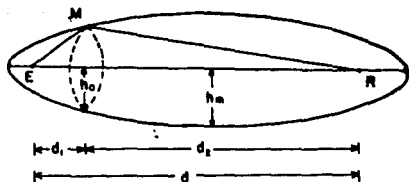


Fig. 2.8.2.3.1.b Radio de la primera zona de Fresnel

donde: λ = longitud de onda

d_1 = distancia al extremo cercano de la trayectoria

d_2 = distancia al extremo lejano

d = distancia total E-R

El cálculo de h_o se facilita con los nomogramas que se muestran en la figura 2.8.2.3.1.c.

Los pasos para calcular el radio de la primera zona de Fresnel son:

1.- Con el nomograma (a) se calcula el radio en el punto medio de la trayectoria h_m

2.- Con el nomograma (b) se calcula el coeficiente p aplicando el valor $\frac{d_1}{d}$ ó $\frac{d_2}{d}$

3.- $h_o = (h_m) (p)$.

2.8.2.4 PERFIL DE UNA TRAYECTORIA

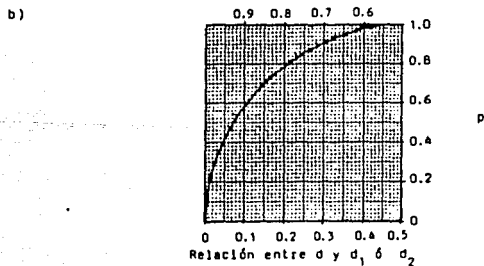
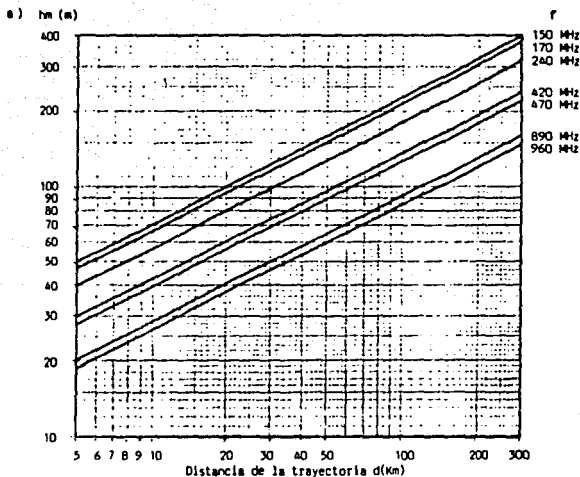


Fig. 2.8.2.3.1.c Nomograma para el cálculo del radio de la primera zona de Fresnel

En bastantes ocasiones es muy útil dibujar el perfil de la trayectoria eléctrica. El perfil es, en realidad un corte longitudinal del terreno que separa las dos estaciones E y R, pero para poder ser utilizado necesita algunas transformaciones.

a) Transformaciones de la curvatura.

Este concepto ya fué desarrollado y, para las ondas métricas y decimétricas se considera solamente $R_{ap} = \frac{4}{3} R_0$

b) Expansión del eje de las altitudes.

Como las distancias de que se trata son relativamente cortas con respecto a las dimensiones de la tierra, se puede considerar a las verticales como paralelas; pero la curvatura terrestre y los accidentes del terreno, poco aparentes a la escala real, se harán más notorios si la reducción de la escala vertical (altura) es menor que la horizontal (distancias).

c) Trazo de Perfil

Si consideramos a la tierra esférica, (Ver figura 2.8.2.4.a).

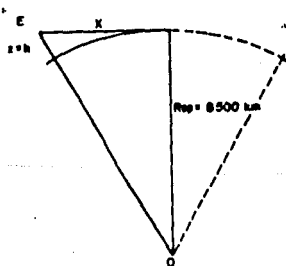


Fig. 2.8.2.4.a Distancia al horizonte, Tierra esférica $R_0=6300$ Km

de la figura se tiene:

$$R^2_{ap} + X^2 = (Rap+z)^2 \approx R^2_{ap} + 2Rap z$$

z es despreciable con respecto a los otros términos. o sea

$$z = h = \frac{X^2}{2 Rap}$$

está expresión nos indica la distancia a la que se encuentra el horizonte para un punto de altitud $h = z$. Nótese que la ecuación es la de una parábola. Es decir, si dibujamos el perfil terrestre a nivel del mar la curvatura de la tierra será una parábola.

Para el trazo del perfil deben elegirse escalas horizontal y vertical muy diferentes (Ver figura 2.8.2.4.b)

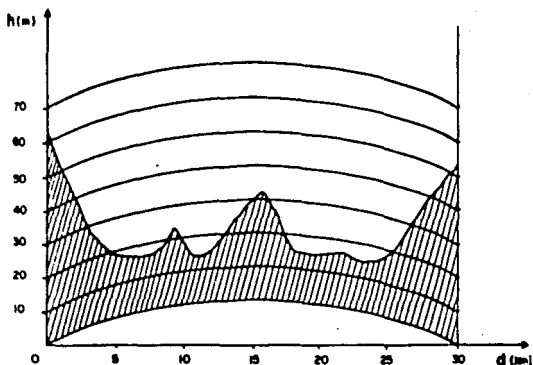


Fig. 2.8.2.4.b Carta para el trazo del perfil de una trayectoria

La altitud de los diversos accidentes del terreno se translada a la carta a partir de la altitud cero y las distancias se cuentan en el eje horizontal (no sobre la trayectoria).

El perfil no puede usarse directamente para muchas cosas, pues aun_ que los rayos radioeléctricos permanecen rectos, los ángulos verticales se modifi_ can por causa de las diferencias de escalas.

2.8.2.5 LIBRAMIENTO

El libramiento es una característica muy importante de las trayecto_ rias radioeléctricas, pues está muy relacionado con la mayor o menor atenuación suplementaria en dichas trayectorias.

El libramiento es la medida en que la trayectoria está libre de obstá_ culos, sea cual fuera el tipo de éstos, que pueden ser la curvatura de la tierra_ obstáculos naturales como montañas o árboles, obstáculos originados por el hom_ bre como edificios, estructuras, etc.

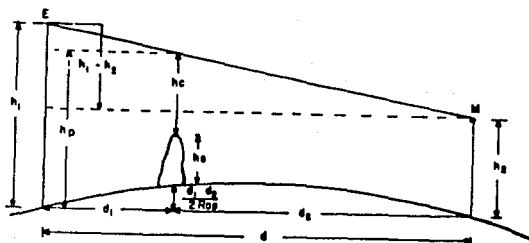


Fig. 2.8.2.5.e Libramiento de una trayectoria en el punto

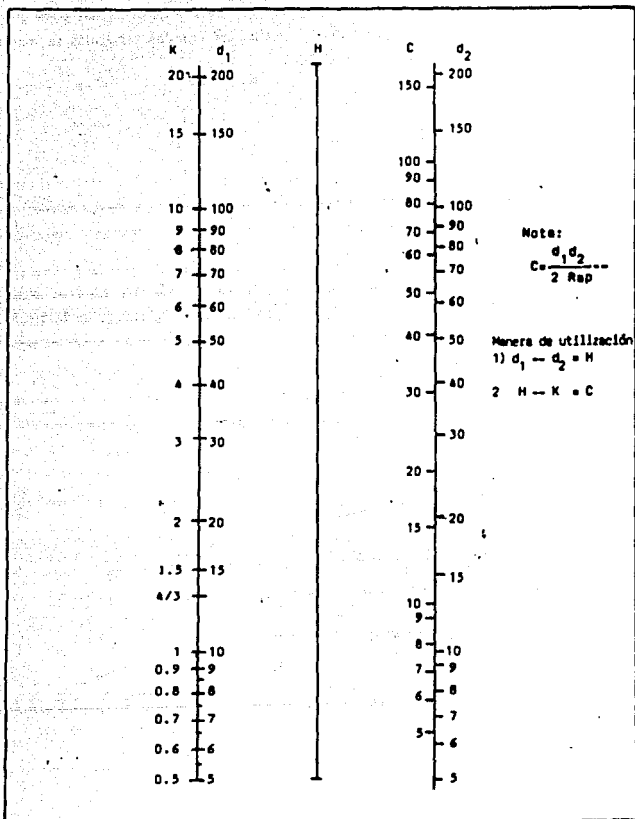


Fig. 2.8.5.b Nomogram para el cálculo de $\frac{d_1 d_2}{2 \text{ Rep}}$

En el perfil de la trayectoria mostrada en la figura 2.8.2.5.a. el libramiento exacto entre la línea de trayectoria directa E-R y el obstáculo ubicado a la distancia d de B es hc y está dado por;

$$hc = hp - hs - \frac{d_1 d_2}{2 Rap} = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2 Rap} - hs$$

donde: hc = libramiento en el punto del obstáculo

hs = altitud del obstáculo

h_1 = altitud de la antena más alta

h_2 = altitud de la antena más baja

d_1 = distancia de la antena más alta al obstáculo

d = distancia total de la trayectoria

Rap = radio aparente de la tierra $(\frac{4}{3} R_o)$

Esta fórmula puede deducirse sucintamente de la siguiente forma:

Si la tierra fuera plana, según el teorema de triángulos semejantes.

$$\frac{h_1 - hp}{h_1 - h_2} = \frac{d_1}{d}$$

$$hp = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2)$$

introduciendo una corrección por la curvatura terrestre $\frac{d_1 d_2}{2 Rap}$ que no se demostrará aquí tenemos:

$$hp = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2 Rap}$$

para facilitar el cálculo de $\frac{d_1 d_2}{2 Rap}$ se utiliza el nomograma de la fig. 2.8.2.5.b.

2.8.2.6 DIFRACCIÓN EN TORNO A OBSTACULOS DE LA TRAYECTORIA

La difracción de las ondas radioeléctricas sobre obstáculos existente en la trayectoria, es otra de las causas de atenuación suplementaria a la del espacio libre.

Los problemas debidos a la difracción son generalmente muy complejos y, en muchos casos, las fórmulas teóricas a que se llega solo nos dan resultados aproximados.

Para calcular la pérdida por difracción en una trayectoria se hace uso de los resultados obtenidos por Bullington, que los presenta en forma de nomogramas y ábacos derivados de fórmulas bastantes complejas.

Bullington consideró cuatro casos básicos en el cálculo de las pérdidas por difracción.

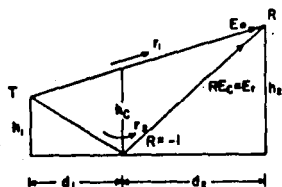
- El caso de tierra plana
- El caso de la tierra como una esfera lisa
- El caso de la tierra como una esfera rugosa
- El caso de los obstáculos tipo filo de navaja.

La diferencia principal entre estos casos teóricos es la naturaleza de la superficie reflejante sobre la cual tiene lugar la transmisión. El caso de la tierra plana considera una superficie perfectamente plana de tal manera que el rayo reflejado es tan potente como el rayo directo; esto es por lo tanto, es el caso de pérdida máxima.

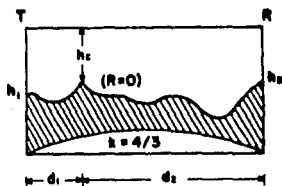
La teoría del obstáculos filo de navaja, considera un obstáculo con una sección transversal tan aguda que no es posible ninguna reflexión. Entonces el obstáculo solamente bloquea parte de la onda transmitida cuando hay libramiento

- En todos los casos la señal alcanza un valor correspondiente al espacio libre (cero atenuación suplementaria) cuando $\frac{hc}{ho}$ es 0.6. Esto es, cuando la primera zona de Fresnel está ligeramente invadida.
- Los casos tierra plana y tierra esférica lisa son idénticos a partir de $\frac{hc}{ho} = 0.6$. La señal máxima, superior al espacio libre y, a partir de ahí, comienza a sufrir bruscos altibajos de mínimo y máximo. Cuando el libramiento pasa por las zonas de Fresnel, pares e impares respectivamente, donde tiene lugar una reflexión, y la diferencia de trayectoria aunada a la inversión de fase causada por la reflexión, hace que la señal reflejada, de igual magnitud que la directa, llegue en fase o en oposición con la onda directa.
- La atenuación debida a los obstáculos de filo de navaja muestra también altibajos solo que con variaciones que no exceden de 3 db.
- Cuando $\frac{hc}{ho} = 0$, la atenuación del caso tierra plana es infinita (máximo) y para el caso del filo de navaja es de 6db. Los casos de tierra esférica lisa y con diversos grados de rugosidad quedan entre estos dos valores.

- Cuando $\frac{hr}{h_0}$ es negativo, esto es, cuando no existe visibilidad radioeléctrica entre emisor y receptor, la atenuación suplementaria aumenta rápidamente en todos los casos sin que esto quiera decir que la señal quede completamente bloqueada (excepto en el caso teórico de la tierra plana).
- Cuando el obstáculo es la curvatura de la tierra o algún obstáculo u obstáculo que no se puedan considerar como aristas o filo de navaja, se utilizan las curvas marcadas. Y la onda se difracta cuando el obstáculo invade la trayectoria directa. Esto se puede observar en la figura 2.8.2.6.a



Tierra plana



Trayecto sobre una arista

Fig. 2.8.2.6.a

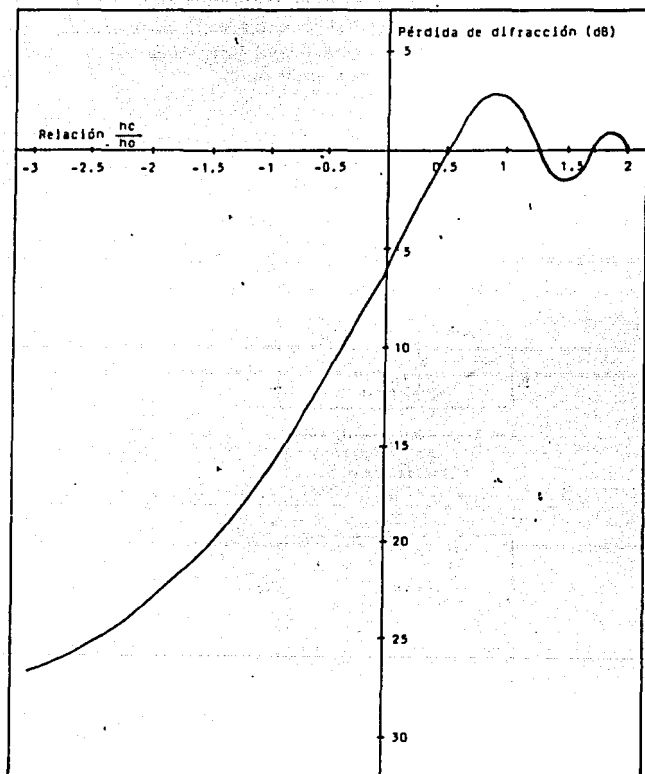


Fig. 2.8.2.6.b Pérdidas de difracción en el obstáculo

Entre estos dos casos extremos se encuentran la mayoría de los perfiles de trayectoria encontrados en la práctica. La pérdida depende del grado de rugosidad. La figura 2.8.2.6.b resume los resultados obtenidos por Bullington. En ella se han graficado las pérdidas suplementarias utilizando la variable $\frac{hc}{ho}$. Esta variable es la relación del libramiento de la trayectoria directa al radio de la primera zona de Fresnel.

En esta figura se pueden hacer varias observaciones muy ilustrativas sobre las pérdidas por difracción.

Con M, en la figura 2.8.2.6.c se pueden notar tres casos: M= 400,- 100 y 25.

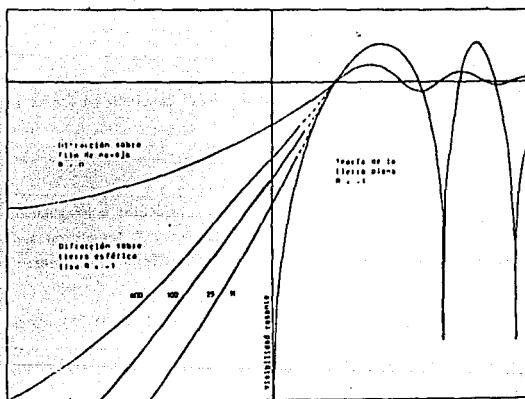


Fig. 2.8.2.6.c Zonas de Fresnel. Curvas M

Conforme M se hace menor, la atenuación aumenta para un libramiento dado, para un libramiento rasante, las atenuaciones respectivas son aproximadamente 13, 15 y 25 db mucho mayores a los 6 db para una arista.

La fórmula que Bullington proporciona para calcular M es convertida al sistema métrico decimal.

$$M = 2.98 \times 10^3 \left(f^{2/3} \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right)^2 \right)$$

Donde M = grado de rugosidad

f = frecuencia MHz

h_1 y h_2 = altura de las antenas en m

Aquí puede observarse que, de hecho, M indica un grado de rugosidad que está en relación directa con la altura de las antenas y casi directa con la frecuencia.

Esto significa que, cuanto mayor sean la altura de las antenas y/o la frecuencia, el tamaño de los obstáculos e irregularidades del terreno que se pueden considerar como rugosas es menor.

Este criterio coincide con el de Rayleigh conocido en óptica según el cual se define una cota.

$$h_0 = \frac{\lambda d}{16 (h_1 + h_2)}$$

si la cota es inferior, a la altura promedio de los obstáculos e irregularidades, el terreno se puede considerar como rugoso. Es decir, si las alturas son grandes y/o la frecuencia es grande, h_0 (altura de los obstáculos que forman un suelo rugoso) será pequeña.

Para frecuencias de VHF y UHF, como las utilizadas en telecomunicaciones rurales, la tierra tiende a parecer más lisa sin embargo en caso de un perfil dudoso, debe hacerse el cálculo de M para así tener una mejor aproximación en la determinación de la atenuación suplementaria.

Para obstrucciones mayores, esto es que invaden la primera zona de Fresnel, el problema sería como determinar cuando un obstáculo puede considerarse filo de navaja.

La teoría del filo de navaja fué derivada de la óptica, en la cual el filo tiene un espesor de varios cientos de longitudes de onda; de una manera similar, cuando el obstáculo tiene un espesor de 100 longitudes de onda, a lo largo de la línea de trayectoria se puede aplicar la teoría del filo de navaja.

Es evidente que a frecuencias inferiores a 100 MHz ($\lambda > 0.3$ m) una gran cantidad de obstáculos como crestas de colinas, etc. pueden ser consideradas como filo de navaja.

2.9 DESVANECIMIENTOS

Se puede decir que un desvanecimiento es una desviación temporal de la energía a un lugar que no es el deseado.

Los desvanecimientos son, de hecho, variaciones con el tiempo en el nivel de señal recibida y son causados por variaciones en las condiciones atmosféricas.

Generalmente se distinguen cinco tipos de desvanecimientos:

- Desvanecimiento debido al encorvamiento negativo del rayo radioeléctrico $R_{ap} < R_0$
- Desvanecimiento debido a la propagación por trayectos múltiples
- Desvanecimiento por reflexión
- Desvanecimientos por formación de ductos atmosféricos
- Desvanecimientos por absorción debida a la lluvia.

2.9.1 DESVANECIMIENTOS DEBIDOS AL ENCORVAMIENTO NEGATIVO - DEL RAYO RADIOELÉCTRICO $R_{ap} < R_0$

En este caso, al disminuir R_{ap} es como si la protuberancia de la tierra cubriera los obstáculos que invaden en mayor medida la trayectoria. Cuando el trayecto se ha escogido con un buen libramiento (p.e. en los trayectos de microondas) este tipo de fenómeno afecta raras veces a la señal recibida. Sin embargo, en los sistemas de radiotelefonía rural, muchos de los trayectos llegan a aceptarse en condiciones críticas de libramiento (inclusive con invasión de la trayectoria) lo que los hace particularmente sensibles a este tipo de desvanecimiento.

Pero el fenómeno de encorvamiento negativo, que es muy notorio en-

frecuencias de microondas, lo es mucho menos y por menores lapsos de tiempo - a frecuencias de VHF y UHF lo que alivia un poco el problema de desvaneci - mientos por esta causa en trayectos críticos.

2.9.2 DESVANECIMIENTOS DEBIDOS A LA PROPAGACION POR TRAYEC - TOS MULTIPLES.

A la antena de recepción no llega solo el rayo directo, otro tipo de - desvanecimiento ocurre cuando, aún con libramiento adecuado, llegan dos o más rayos a través de trayectos distintos con diferencias de fase que pueden llegar - a cancelar el efecto del rayo directo. Este desvanecimiento por trayectorias - múltiples es relativamente independiente y, en condiciones extremas se aproxima a la distribución de Rayleigh.

2.9.3 DESVANECIMIENTOS POR REFLEXION

Pueden ocurrir algunos desvanecimientos severos, en trayectorias so - bre tierra lisa, debido a que la diferencias de fase entre el rayo directo y el - rayo reflejado en el suelo varía con las condiciones atmosféricas (variación de - Rap como el punto 2.8.1). El resultado es que los dos rayos a veces se adicio - nan y a veces se cancelan.

Pero, si alguna de las antenas está situada en un punto muy alto y - el otro en uno muy bajo (situación que se encuentra mucho en sistemas de radio - telefonía rural). El punto de reflexión queda muy cerca de la antena más baja y la diferencia de fase entre rayos directo y reflejado se mantiene relativamen - te constante.

2.9.4 DESVANECIMIENTOS POR LA FORMACION DE DUCTOS ATMOSFERI - COS.

Estos desvanecimientos son debidos a las variaciones bruscas de $\frac{dM}{dh}$ estudiados en la sección 2.8.2.2.

2.9.5 DESVANECIMIENTOS POR ABSORCION DEBIDA A LA LLUVIA

Este tipo de desvanecimientos son muy comunes en frecuencias muy altas, estos rara vez se encuentran a las frecuencias relativamente bajas utilizadas en radiotelefonía rural.

Los desvanecimientos son algo difícil de predecir y, en general, lo más práctico es considerar los desvanecimientos en una base estadística. Es decir, que la naturaleza errática del fenómeno se representa por medio de una función de distribución donde las abscisas representan la atenuación en db con respecto al espacio libre y las ordenadas la fracción del tiempo durante la cual la atenuación observada excede de un valor dado.

Bullington propuso la familia de curvas mostradas en la figura 2.9.a. el peor mes en una trayectoria bien despejada con una longitud de 60 km.

En estas curvas pueden hacerse las observaciones siguientes:

- La condición del espacio libre solo se tiene el 50% del tiempo, para factores de confiabilidad mayores, debe considerarse que la señal recibida sufre desvanecimientos.
- Los desvanecimientos son más severos a medida que la frecuencia es más alta.
- En el límite la curva sigue la distribución de Rayleigh

2.10 ANTENAS

Las antenas son conductores diseñados para radiar las ondas electromagnéticas o para recibir las ondas radiadas que están presentes en el espacio.

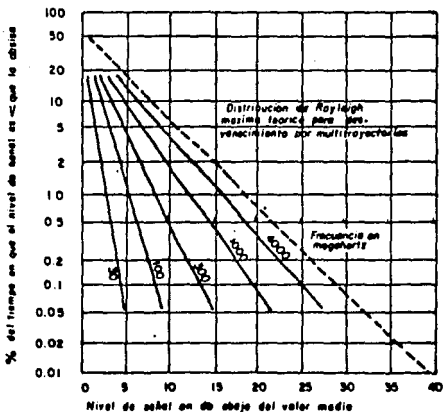


Fig. 2.9.a Características típicas de desvanecimientos en el peor mes para una trayectoria despejada de unos 60Km según Bullington.

Las antenas se fabrican en una gama amplia de tamaños y formas para servir - las aplicaciones particulares.

Cuando fluye corriente a través de ella la antena siempre tiene un - campo magnético asociada en el espacio que la rodea. Cuando la intensidad del campo magnético cambia o el campo mismo se mueve, se genera un voltaje inducido. El voltaje siempre tiene un campo eléctrico asociado. El resultado es que se producen dos campos variables, uno con flujo magnético y otro con líneas de fuerza eléctrica.

En realidad, los campos en el espacio son más importantes que los conductores. Cualquier campo magnético que cambia generará un campo eléctrico. Además, cualquier campo eléctrico que cambia generará un campo magnético. Los dos campos se ilustran en la fig. 2.10.

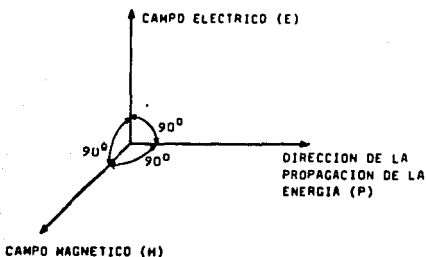


Fig. 2.10 Componentes de una onda electromagnética de radio y su propagación a través del espacio.

Al seleccionar el tipo de antena, debe presentarse la necesaria atención a las características de propagación en la banda o bandas a utilizarse. En general, la construcción y la ubicación de la antena se hace más crítica a medida que aumenta la frecuencia. Para el caso de transmisión de redes de telefonía rural que utilizan las frecuencias de VHF y UHF el ángulo de radiación debe ser lo más bajo posible para obtener buenos resultados cuando la distancia es grande.

2.10.1. CARACTERISTICAS DE UNA ANTENA.

La elección de un tipo o un sistema de antenas depende principalmente de las frecuencias de operación, además es necesario conocer sus propiedades como son:

- Polarización
- Angulo de radiación
- Impedancia
- Ganancia
- Directividad.

POLARIZACION: El conductor de una antena puede montarse horizontal o verticalmente. En cualquier caso, el campo eléctrico E tiene líneas de fuerza en la misma dirección que la antena. Vease en la figura 2.10.1 para el caso de una antena dipolo.

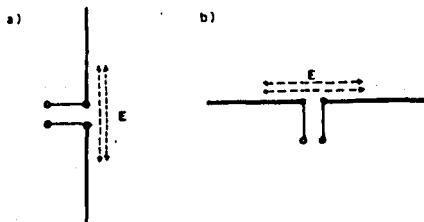


Fig. 2.10.1 Polarización de la antena en términos del campo eléctrico

La dirección de polarización de una onda de radio se define como la dirección del campo eléctrico E. Como consecuencia, una antena vertical y su onda de radio transmisora y receptora deben tener la misma dirección de polarización para la máxima captación de la señal.

La polarización horizontal generalmente se emplea para frecuencias de la banda de VHF. La razón de esto es que la mayor parte de la interferencia de ruido en esa banda esta polarizada verticalmente. Por tanto, las antenas polarizadas horizontalmente deben de ser menos susceptibles a la emisión de ruido.

El patrón polar de directividad es la dirección en la cual la antena transmite o recibe mejor la señal. Esto se muestra en una gráfica como la de la figura 2.10.1.b El patrón corresponde a un dipolo de media onda montado horizontalmente. Sin embargo, la respuesta de una antena vertical es igual en todas direcciones en el plano horizontal.

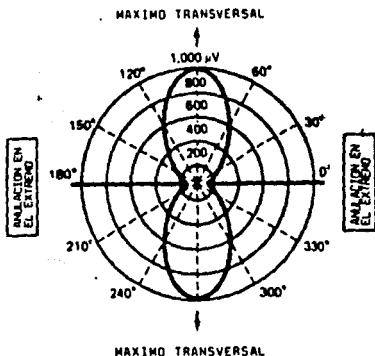


Fig. 2.10.1.b Patrón polar de directividad de una antena dipolo de media onda

La gráfica muestra la intensidad de la señal en coordenadas polares para la magnitud y la dirección. El ángulo indica la dirección y la longitud del brazo radial es la magnitud del voltaje de la señal. El patrón de una antena de transmisión muestra en cual dirección la antena radía la señal más potente. El patrón de una antena de recepción muestra la dirección en la cual se induce la señal más potente. El giro de la antena para conseguir mejor la señal se llama orientación.

En las redes de radio telefonía rural se necesitan diferentes tipos de antenas, uno para la estación radio suscriptor, otro para la estación radio base y otro para la central nodal. Las antenas más empleadas en las bandas de 130 y 450 MHz son:

- Yagi
- Reflector diedro
- Colineal
- Sistemas arrays de dipolos
- Antenas helicoidales.

2.10.2 ACOPLADORES DE ANTENAS

En el lado suscriptor es muy común utilizar una sola antena para emisión y recepción. Dicha antena se acopla al transmisor y receptor a través de un duplexor, especie de circuito híbrido que impide a la señal del emisor entrar en el receptor y refleja hacia ambos la impedancia necesaria de 50 Ω . Este circuito tiene normalmente una pérdida de inserción muy baja de 1 db.

Generalmente, un duplexor consiste en un circuito híbrido formado por 2 filtros pasa banda, uno ajustado a las frecuencias de emisión y otro a las de recepción, que presentan una atenuación de inserción muy baja hacia su terminal correspondiente y una atenuación muy alta en la banda de la otra terminal, reflejando al mismo tiempo la impedancia adecuada en sus tres terminales transmisor, receptor y antena como se muestra en la figura 2.10.1.a.

En la estación base, algunos casos, sobre todo cuando se utiliza el mismo tipo de equipo en las estaciones base y suscriptor, es necesario utilizar

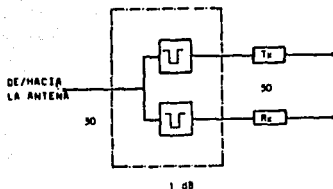


Fig. 2.10.2.a Diagrama de principio de un duplexor

una antena para cada transmisor de la estación. Esto es debido a que los radio-suscriptores se encuentran en diferentes direcciones, otro factor importante es la potencia de transmisión. Ver figura 2.10.2.b (1).

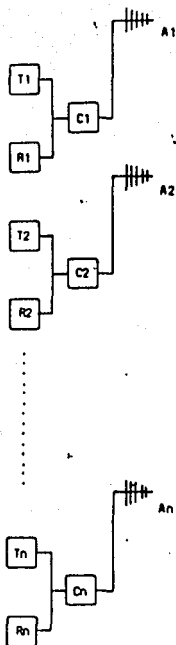
Cuando por limitaciones de espacio, o cuando se emplean transmisores de mayor potencia en la estación base, se pueden acoplar varios canales a una sola antena con el empleo de acopladores (combinadores) híbridos como se muestra en la figura 2.10.2.b (2).

En la figura 2.10.2.c se muestran algunas configuraciones típicas de acopladores híbridos. En el caso (1) se conectan dos canales base a una sola antena; en este caso, cada canal sufre una atenuación de 3 db. En el caso (2), se conectan cuatro canales a una sola antena; la atenuación ahora será de 6 db dado que cada señal debe pasar a través de dos acopladores. El caso máximo (3) en el que ocho canales se acoplan a una sola antena y cada señal sufre aproximadamente una atenuación de 10 db (en la práctica este tipo de arreglo no se utiliza, por razones obvias).

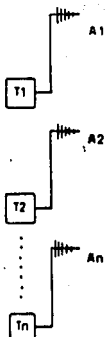
2.10.3 PERDIDAS EN LOS ALIMENTADORES

En los alimentadores se deben considerar dos tipos de pérdidas:

- Pérdida en el alimentador de la estación base
- Pérdida en el alimentador de la estación de suscriptor.



1) Caso n canales, n antenas



2) Caso n canales y n+1 antenas

T Transmisor
 R Receptor
 C Combinador
 A Antena

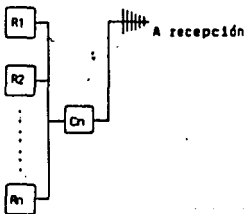


Fig. 2.10.2.b Estación base con antenas individuales

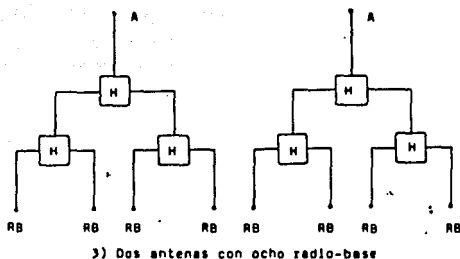
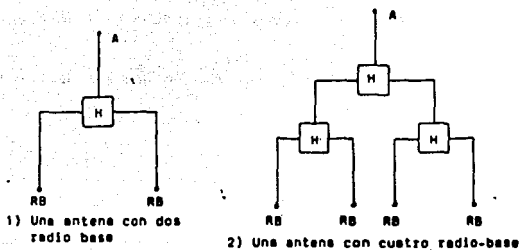


Fig. 2.10.2.c Combinaciones de varias bases con una o dos antenas por medio de acopladores híbridos

en ambos casos, la línea de transmisión es del tipo coaxial, solo que debe emplearse el tipo apropiado en cada caso, dependiendo de la atenuación aceptable de la distancia equipo/antena y de la potencia de emisión. Esta última consideración es muy importante en el caso de que varios transmisores alimentan a una sola antena.

En el caso de una estación base con antenas individuales por canal, deben emplearse para el cálculo la atenuación de la línea de transmisión más larga.

Para la estación base es común utilizar cualquiera de los tres tipos de cable siguiente:

- RG 17U
- Heliax F4-50
- Heliax F5-50

Para la estación de suscriptor son de uso normal los siguientes tipos de cable:

- RG 8U
- Heliax F4-50

Los cables RG17U y RG8U son del tipo dieléctrico sólido, en tanto que los heliax son del tipo de dieléctrico espuma. La figura 2.10.3 muestra la atenuación (db/100m) de cada uno de los tipos de cable indicados.

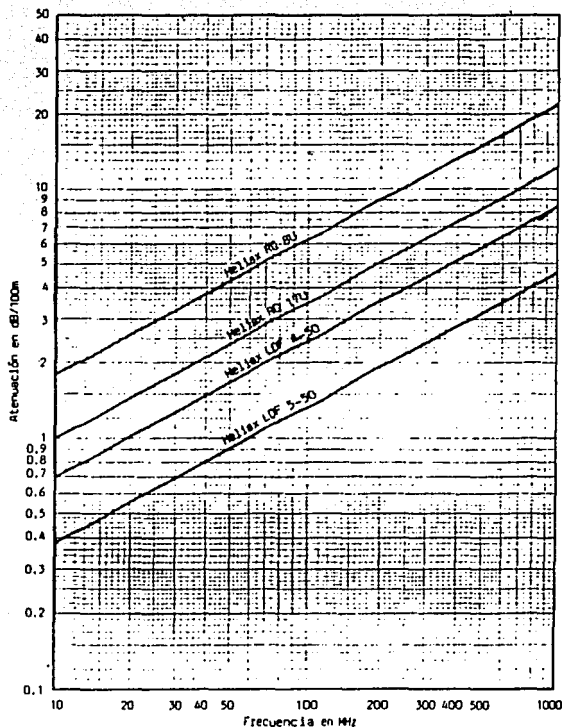


Fig. 2.10.3 Atenuación en cable coaxial (dB/100m)

Capítulo III

FILOSOFIA DE LOS SISTEMAS DE TELEFONIA RURAL

3 FILOSOFIA DE LOS SISTEMAS DE TELEFONIA RURAL

La mejora de las comunicaciones en las zonas rurales es esencial para todo desarrollo de infraestructura en dichas áreas. Las redes de telefonía por radio son un medio económico y eficaz para lograr tal objetivo. El punto de partida de una red rural suele ser una pequeña ciudad u otra localidad que cuente con una central telefónica unida a la red nacional.

El objetivo básico de estos sistemas es proporcionar un servicio radio telefónico que se extienda a los abonados rurales. En la medida de lo posible tales servicios deben proporcionar una calidad de transmisión y una gama de facilidades similar a la que gozan normalmente los abonados de las zonas urbanas. Debe existir compatibilidad con los planes fundamentales de numeración, transmisión, señalización, servicios especiales de abonado, operación y mantenimiento con el objeto de aplicar los procedimientos administrativos ya implantados en la planta telefónica para la administración y operación de esta red rural.

En general pueden admitirse tres tipos de sistemas:

- Sistemas monocal
- Sistemas radiotelefónico de acceso múltiple
- Sistemas de extracción inserción

3.1 SISTEMA MONOCANAL

El sistema monocal implica la asignación exclusiva a cada estación de abonado de un circuito radioeléctrico. Este sistema requiere dos unidades - transmisor-receptor (una para cada extremo del enlace) para constituir una línea de abonado. Este sistema se muestra en la figura 3.1.

3.2 SISTEMA RADIOTELEFONICO DE ACCESO MULTIPLE

Un sistema radiotelefónico del tipo multiacceso es un sistema de distribución telefónica en el que muchos suscriptores de bajo tráfico hacen uso --

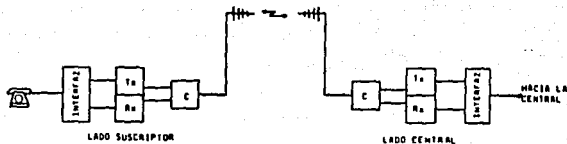


Fig. 3.1 Enlace monoanal punto a punto

común de un número reducido de circuitos de transmisión que los enlazan con una central telefónica.

La distancia típica de alcance de la estación central es de aproximadamente 50 km de radio. Esto da una área de cobertura de 7853 km^2 , dependiendo de la zona y la topografía del terreno, aspectos que afectan a la propagación de la señal. Por lo tanto, cualquier población o usuario comprendido en la zona de propagación de la señal puede tener acceso al sistema mediante un radio transmisor-receptor. El sistema radiotelefónico de multiacceso se ilustra en la fig. 3.2.a.

Una estación base equipada con varios canales duplex VHF-FM se establece en un lugar estratégico a manera de cubrir un área en la que se encuentran dispersos los posibles suscriptores rurales.

Los suscriptores telefónicos rurales, dotados con su estación de suscriptor, hacen uso de uno, cualquiera que no se encuentre ocupado de los canales de la estación base para enlazarse con la central telefónica de la ciudad por medio de un equipo terminal de control. Una vez establecido el enlace, el suscriptor rural queda conectado a la red telefónica como cualquier abonado urbano.

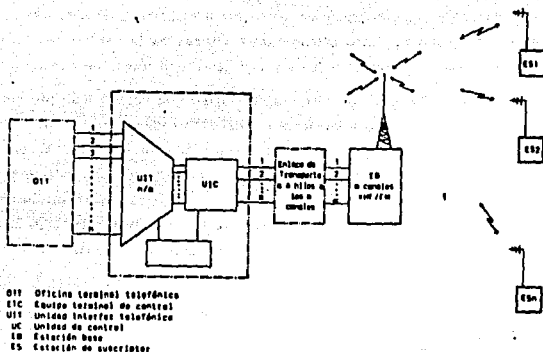


Fig. 3.2.a Estructura básica de un sistema radiotelefónico rural automático

Al terminar la comunicación, el canal utilizado vuelve a quedar libre. Desde luego, también puede realizarse el proceso en sentido inverso (enlace urbano-rural).

El sistema, funcionando de esta manera, puede ser utilizado por un gran número de suscriptores que comparten, en base temporal, los canales de la estación base y se enlazan en base individual a la central telefónica de la red pública.

El sistema de acceso múltiple permite a las estaciones de abonado el acceso a varios circuitos, siendo el número m de estos circuitos inferior al número n de estaciones de abonado ($m < n$). Por consiguiente, se trata de un sistema de concentrador radioeléctrico lo que implica aceptar cierta degradación. Esta degradación del grado de servicio dependerá del número m de circuitos, -

del número n de estaciones de abonado y del tráfico originado.

Este tipo de sistema deberá incorporar una unidad de conmutación - que facilite la concentración-expansión entre las n estaciones de abonado y los m circuitos. Normalmente esta unidad estará situada en la central telefónica a la que se conectan los abonados rurales y que facilita n líneas de abonado.

El sistema de concentrador radioeléctrico con acceso múltiple por división de frecuencia (SCR-AMDF) estaría configurado radioeléctricamente por m sistemas monocanales con la particularidad de que las estaciones de abonado tendrían una asignación rígida y exclusiva a un circuito, sino que podrían acceder a uno seleccionado, normalmente de manera automática, entre los m circuitos disponibles (acceso múltiple). En la estación base deberán instalarse tantos transmisores-receptores como circuitos radioeléctricos tenga el sistema.

En estas circunstancias entre la unidad de base y la unidad de conmutación, siempre que estén separadas geográficamente, se requerirá un medio de transmisión con capacidad para m circuitos.

3.2.1 EQUIPO TERMINAL DE CONTROL (ETC)

La misión básica del ETC es asignar los canales VHF-FM a los suscriptores que lo soliciten, tanto si la solicitud es en el sentido rural-urbano como si es en el sentido inverso. El ETC está compuesto por:

- Unidad interfaz telefónica
- Unidad de control
- Unidad interfaz de canal
- Unidad de supervisión

La unidad interfaz telefónica (UIT) está provista con una terminación híbrida de 2H/4H, debe de alguna manera, incluir medios para codificar y decodificar información relativa a la identificación del suscriptor.

El propósito de la unidad de control (UC) es la asignación de los canales de radio de acuerdo con la demanda de tráfico, así como también, realiza todas las funciones de supervisión y control del sistema.

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

En la mayoría de los casos, se utiliza un enlace de transporte entre el ETC y la LB. Dicha función de transporte (realizada por la unidad interfaz de canal (UIC)) generalmente se realiza a través de algún sistema de transmisión a 4 hilos (un enlace físico o radioeléctrico equipado con algún equipo multiplex-FDM de pequeña o mediana capacidad).

La unidad de supervisión (US) se encarga de supervisar a distancia el funcionamiento de la estación de suscriptor y los transmisores de la estación-base. La US genera algún código que, incorporado a la señalización de llamada a los suscriptores, es capaz de disparar a distancia cualquier canal de la estación de suscriptor.

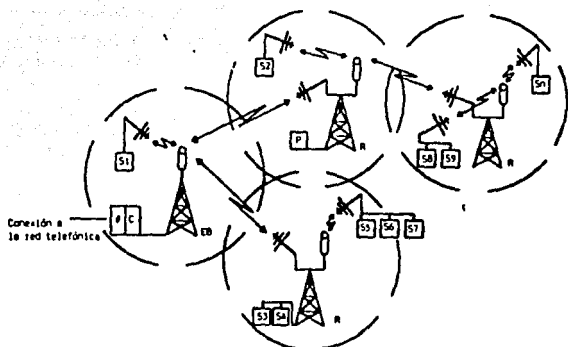
3.2.2. ESTACION DE SUSCRIPTOR (ES)

Consiste básicamente de un equipo transmisor-receptor de VHF-FM conectado al aparato telefónico de abonado a través de una unidad interfaz de suscriptor (UIS).

3.2.3 ESTACION BASE (EB)

La estación base consiste esencialmente en los equipos transmisor-receptor necesarios para equipar el número de canales que han sido asignados al sistema.

Cuando se utiliza un sistema de concentrador radioeléctrico digital, es posible introducir estaciones de repetidores regenerativos para hacer extensivo el servicio desde la central hasta abonados distantes. Las estaciones repetidoras constan de dos equipos de transmisores y receptores conectados directamente a través de dos regeneradores de banda de base. Los repetidores prestan servicio a los abonados locales y funcionan también como convertidores bidireccionales de radiofrecuencia que transmiten la señal en las zonas radioeléctricas adyacentes. Ver figura 3.2.b



CENTRAL TELEFONICA
 S1 ESTACION DE ABONADO
 R ESTACION REPETIDORA
 B UNIDAD BASE
 P TELEFONO PUBLICO
 C UNIDAD DE CONMUTACION

Fig. 3.2.b Configuración posible de un sistema radioeléctrico AMDT para abonados rurales

3.3 SISTEMAS DE EXTRACCION/INSECCION

En los sistemas de extracción/inserción, la información de señalización, las necesidades enrutamiento y la información sobre el estado del funcionamiento de la red de acceso múltiple se cruzan por canales de supervisión que están continuamente controlados y, en su caso actualizados, en todas las estaciones, los canales o los intervalos de tiempo de abonados inutilizados se asignan a los abonados que los solicitan, sobre la base extracción/inserción mediante los conmutadores locales, y los canales de supervisión se van actualizando con información sobre nuevas conexiones y desconexiones. El canal o intervalo de tiem_

po, puede utilizarse varias veces en la red, gracias al conmutador local. No es necesario el conmutador central. Debe añadirse una estación de base como cabeza de líneas para la red pública. La figura 3.3. muestra una configuración posible del sistema de extracción/inserción con las disposiciones típicas de una estación repetidora y una estación

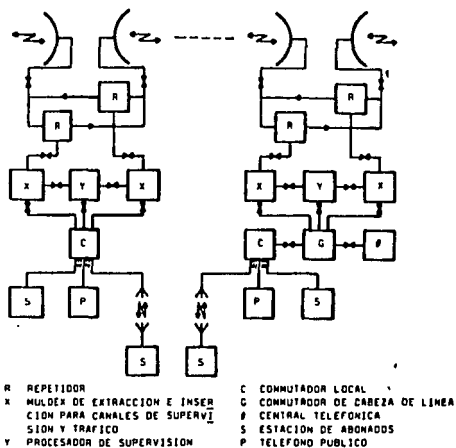


Fig. 3.3 Configuración posible de un sistema de acceso múltiple extracción/inserción

La utilización de sistemas radioeléctricos con acceso múltiple es conveniente cuando la densidad de abonados no es demasiado baja y los abonados están distribuidos mas o menos uniformemente en la zona de servicio.

Estas dos últimas condiciones pueden precisarse de la manera siguiente:

- El número de abonados en la zona debe ser superior de 5 ó 6.

b) El número de canales asignados a un determinado grupo con acceso múltiple depende por otra parte del total de canales asignados a la zona para todos los fines a base de la política nacional de atribución de las frecuencias radioeléctricas y, por otra parte, del tráfico originado por los abonados de la zona y de la pérdida de tráfico admitida.

Se puede decir, en general, que si se tienen en cuenta datos y condiciones típicas, el número de canales puede ser de solo dos y su promedio de cuatro o cinco. En algunos casos podrá ponerse a disposición un mayor número de canales.

3.4 PARAMETROS DEL SISTEMA

3.4.1 BANDAS DE FRECUENCIA RADIOELECTRICAS:

Puede ser adecuado el uso de las bandas siguientes:

100 MHz
400 MHz
800 MHz
1500 MHz
2000 MHz

Las bandas de frecuencia más utilizadas son las de 146-174 MHz (ondas métricas) de 406.1-430 MHz y 440-470 MHz (ondas decimétricas).

3.4.2 CAPACIDAD DE CANALES

En cada banda de frecuencia puede escogerse la capacidad de canales que se muestran en la tabla 6 habida cuenta del costo inicial de la instalación y del de la futura ampliación.

| BANDAS DE FRECUENCIA (MHz) | NUMERO DE CANALES |
|----------------------------|-------------------|
| 400 | 12, 24, 60 |
| 800 | 12, 24, 60 |
| 1500 | 24, 60 |
| 2000 | 24, 60 |

Tabla 6.

los equipos de radio cuyas capacidades se observan en la tabla anterior son de baja capacidad, es decir de 5 a 60 canales. Para sistemas de transmisión de larga distancia se emplean sistemas de mediana y alta capacidad las cuales tienen capacidades de:

mediana capacidad: 60, 120, 300 canales (transmisión analógica)
120, 240, 480 canales (transmisión digital)
alta capacidad: 600, 900, 1800 canales (transmisión analógica)
1920 (transmisión digital)

3.4.3 SEPARACION DE FRECUENCIAS ENTRE TRANSMISOR Y RECEPTOR.

La elección de la separación de frecuencias dependerá, por una parte del espectro de frecuencias disponibles y, por otra, del costo y posibilidad relativa de emplear antenas independientes y filtros separadores para la transmisión y recepción, frente al uso de una antena común de anchura de banda adecuada y de redes combinadoras.

Constituyen valores típicos los comprendidos entre 10 y 60 MHz.

3.4.4 SEPARACION ENTRE RADIOCANALES ADYACENTES

Para las bandas de 400, 800, 1500 y 2000 MHz, son típicas las siguientes separaciones entre radiocanales copolares adyacentes. Ver tabla 7

| NUMERO DE CANALES | SEPARACION ENTRE CANALES ADYACENTES |
|-------------------|-------------------------------------|
| 12 | 0.5 |
| 12 | 1 |
| 24 | 2 |
| 60 | 4 |

Tabla 7

3.4.5 MODULACION

Es preferible el uso de la modulación de frecuencia con las desviaciones siguientes, tabla 8

| NUMERO DE CANALES | DESVIACION POR CANAL(*) (valor eficaz) (KHz) |
|-------------------|--|
| 12 | 35 |
| 24 | 35 |
| 60 | 35, 50, 100, 200 |

* Para tono de 800 Hz de 1mW en un punto de nivel relativo cero.

Tabla 8

Quando, para economizar espectro, sea necesaria una separación menor entre canales, se utilizará una desviación de frecuencia inferior. En sistemas de poca capacidad puede utilizarse, sin embargo, la modulación de fase. Se sugiere un índice de modulación comprendido entre 0.2 y 0.8 .

3.4.6 INTERCONEXION:

La interconexión entre dos sistemas de relevadores radioeléctricos de pequeña capacidad se efectúa normalmente en banda de base y no en frecuencia intermedia. Sin embargo, tiene importancia el valor de la frecuencia intermedia al efectuar planes de frecuencia y asignaciones de canales, a fin de evitar interferencias entre sistemas, siendo preferibles los siguientes valores centrales-nominales de la frecuencia intermedia:

- 10.7 MHz para sistemas de pequeña capacidad
- 35 o 70 MHz para sistemas de capacidad superior.

3.4.7 FRECUENCIAS DE LA BANDA DE BASE

Se dará preferencia a las siguientes gamas de frecuencias de la banda de base tabla 9.

| NUMERO DE CANALES | GAMA DE FRECUENCIAS (MHz) |
|----------------------|------------------------------|
| 12 | 12 a 60 ó 6 a 54 |
| 24 | 12 a 108 ó 6 a 102 |
| 60 | 12 a 252 ó 60 a 300 |

Tabla 9

para sistemas de pequeña capacidad, puede extenderse la banda de base por debajo de 12 KHz.

3.4.8 IMPEDANCIA EN LA BANDA DE BASE

Impedancia nominal: 150 Ω (o 600 Ω simétrica por debajo de 24 canales).
75 Ω (asimétrica).

3.4.9 NIVEL DE ENTRADA EN LA BANDA DE BASE

- 45 dBr

3.4.10 NIVEL DE SALIDA EN LA BANDA DE BASE

- 15 dBr

3.4.11 CANAL DE SERVICIO

En todos los sistemas conviene disponer de un canal telefónico de servicio que puede utilizarse para supervisión en caso necesario.

3.4.12 CALIDAD DE TRANSMISION

La calidad de transmisión es la medida de la eficiencia con que se transmite la información, el ruido, el ancho de banda y la distorsión, entre otros, son factores de importancia en la calidad de transmisión.

3.4.12.1 SISTEMAS ANALOGICOS

Para circuitos de hasta 250 km de longitud, la recomendación G.123 del CCITT (Genebra, 1972) "Ruido de circuitos en las redes nacionales" especifica en su sección B a 3 que (para todos los canales de un sistema) el valor medio de la potencia psfométrica media durante un minuto en un punto de nivel relativo cero no debe ser superior a 1000 pWop durante más del 20% del cualquier mes. El valor máximo de esta potencia de ruido no excederá en ningún caso de 2000 pWop en ninguno de los canales del sistema.

El elevado valor de ruido se debe principalmente al ruido termico y al de intermodulación provocado por reflexiones laterales muy retardadas.

3.4.12.2 SISTEMAS DIGITALES

La calidad de transmisión de un sistema digital se expresa por la cantidad de bits erróneos. El CCITT no ha fijado aún los valores admisibles de la proporción de bits erróneos.

3.4.12.3 CARACTERISTICAS DEL RECEPTOR

La sensibilidad SINAD (proveniente de Signal Plus Noise And Distortion) utilizada como factor de calidad en sistemas radiotelefónicos (fijos o móviles). Este factor significa el nivel de RF necesario para producir una potencia de salida de audio de cuando menos el 50% con una relación (señal + ruido + distorsión)/(ruido + distorsión) de X dB medidos con un medidor de respuesta plana.

$$\text{dB SINAD} = \frac{\text{SEÑAL} + \text{RUIDO} + \text{DISTRORSION}}{\text{RUIDO} + \text{DISTRORSION}}$$

Los valores típicos de dB SINAD y su equivalente aproximado en cuanto a distorsión se muestran en la tabla 10.

| SINAD (dB) | DISTORSION APROXIMADA (h) |
|------------|---------------------------|
| 12 | 25 |
| 14 | 20 |
| 16 | 16 |
| 20 | 10 |
| 24 | 6.5 |

Tabla 10

para la telefonía móvil la relación mínima aceptada es de 12 dB SINAD, para telefonía rural es deseable que la sensibilidad en μV sea para 20 dB SINAD. Un valor típico para calculo es el de $1\mu\text{V}$ para 20 dB SINAD.

3.5 SISTEMAS DE ANTENAS

La selección de la antena tanto en el extremo suscriptor como en la estación base es un elemento muy importante en el diseño del sistema.

En la elección de la antena para la estación base, influyen factores tales como: distribución geográfica de los suscriptores (sobre todo su relativo agrupamiento o dispersión), espacio disponible en la estructura de soporte, tipo de equipo utilizado, banda de frecuencias, vecindad con otras emisiones en la misma banda, etc.

Para la elección de la antena de suscriptor, los aspectos que más influyen son la distancia a la estación base y las posibles deficiencias de la trayectoria. Es muy importante definir una antena adecuada a las necesidades, pues la elección de una antena con ganancia insuficiente puede dar lugar a ruido causado por desvanecimiento en la trayectoria, en tanto que una ganancia excesiva puede ocasionar interferencias, sobre todo cuando ocupan canales adyacentes una estación lejana y una cercana a la base.

Los tipos de antenas más corrientemente utilizados en las bandas de frecuencias que interesan (150 y 450 MHz) son las siguientes:

- Yagi
- Reflector diedro
- Colineal
- Sistemas arrays de dipolos y antenas helicoidales

En la banda de ondas decimétricas pueden utilizarse a veces antenas de reflector parabólico, pero normalmente se considera que son demasiado costosas para las aplicaciones de tipo considerado.

La antena de suscriptor más usual es la Yagi en sus diferentes combinaciones.

En la estación base es casi siempre necesaria una antena o combinación de antenas omnidireccionales aunque, en ocasiones, se utilizan arreglos direccionales de lóbulo muy ancho.

3.5.1 CARACTERISTICAS DE ALGUNOS TIPOS DE ANTENA

En la tabla II se indican los parámetros característicos más importantes de los tipos de antena más comunes:

| Banda (MHz) | Tipo | Ganancia* (dB) | Anchura del haz principal | | VSWR** | Relación frontal/posterior (dB) | Potencia nominal (W) | Impedancia (Ω) |
|-------------|----------------------|----------------|---------------------------|--------------------------|--------|---------------------------------|----------------------|----------------|
| | | | en horizontal (en grados) | en elevación (en grados) | | | | |
| 146 a 174 | Log. periódica | 9 | 60 | 50 | 1,5 | 15' | 200 | 50 |
| | Helicoidal | 13 | 40 | 40 | 1,35 | | 500 | 50 |
| | Yagi | 10 | | 50 | 1,5 | 10 | 500 | 50 |
| | Sistema de 4 dipolos | 10 | | | 1,2 | | 500 | 50 |
| | Colineal | 6 | | | 1,3 | | 200 | 50 |
| 403 a 500 | Log. periódica | 10 | 70 | 45 | 1,5 | 15 | 200 | 50 |
| | Helicoidal | 13 | 45 | 45 | 1,3 | | 500 | 50 |
| | Reflector diedro | 9 | 40 | 40 | 1,2 | | 50 | 50 |
| | Colineal | 8 | 360 | 360 | 1,4 | | 50 | 50 |
| | Sistema de 8 dipolos | 12 | 70 | 40 | 1,25 | | 500 | 50 |
| | Yagi | 10 | 40 | 50 | 1,4 | 16 | 500 | 50 |

* Con relación a la antena isotrópica

** Relación de onda estacionaria

Tabla 11. Características de algunos de los tipos de antenas más comunes

Todas las antenas indicadas en este cuadro son directivas, salvo la colineal. Cuando se requiere una radiación omnidireccional o casi omnidireccional, como puede suceder en la mayor parte de las estaciones radioelectricas de base, pueden emplearse sistemas de antenas arrays apropiados de los tipos básicos indicados. Naturalmente, cada tipo de sistema está asociado a un tipo adecuado de dispositivo divisor de potencia, que debe conectarse al cable único de alimentación del sistema de antenas.

La figura 3.5.1.a muestra dos ejemplos típicos de la forma en que puede obtenerse una antena omnidireccional combinando antenas directivas del tipo Yagi.

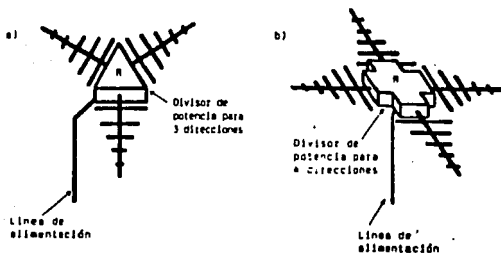


Fig. 3.5.1.a Dos tipos de antenas (arrays) omnidireccionales

La combinación de tres antenas puede utilizarse cuando los lóbulos principales de cada antena son lo suficientemente anchos para producir un diagrama de radiación con un rizado despreciable, no superior a 2 dB. En otros casos, debe preferirse la configuración de cuatro antenas.

En la fig. 3.5.1.a se representa por R el divisor de potencia que tiene respectivamente tres y cuatro salidas y que debe alimentar en fase a cada antena. En la tabla 12 se indican algunas características típicas de estos divisores de potencia.

| NUMERO DE SALIDAS | RELACION DE ONDA ESTACIONARIA | POTENCIA NOMINAL (W) | PERDIDA NOMINAL DE INSERCIÓN (de la entrada a cada salida)(dB) |
|-------------------|-------------------------------|----------------------|--|
| 2 | 1,05 | 300 | 3 |
| 3 | 1,05 | 300 | 5 |
| 4 | 1,05 | 300 | 6 |

Tabla 12. Características de los divisores de potencia para antenas

La ganancia del sistema de antenas obtenido de esta manera es aproximadamente igual a la ganancia de la antena básica menos la pérdida de inserción introducida por divisor.

Por ejemplo, si como antena básica se utiliza un sistema de 4 dipolos con una ganancia de 10 dB, la ganancia global en el plano horizontal para sistemas de 3 y 4 elementos es de 5 y 4 dB respectivamente. La ganancia global puede incrementarse mejorando la directividad en el plano vertical, es decir instalando dos o más de estos sistemas uno encima del otro en el mismo mástil y alimentándolos en fase. La fig. 3.5.1.b muestra una configuración de este tipo. Sin embargo, estas configuraciones son relativamente costosas y son más propias de sistemas de radiodifusión que de telecomunicaciones rurales.

En la ganancia global del sistema de antenas influye también la atenuación del cable de la línea de alimentación, que depende a su vez del tipo de cable coaxial utilizado y de la altura del mástil de la antena. Como puede suponerse que su altura media en las estaciones radioeléctricas de base es de 20 a 30 metros y que en los puntos de emplazamiento de los abonados es de 5 a 10 metros, puede considerarse que los cables de alimentación de las antenas de estación de base y de abonado tendrán longitudes globales de 30 a 40 y de 10 a 15 metros respectivamente.

La tabla 13 indica las atenuaciones de los tipos de cables más utilizados.

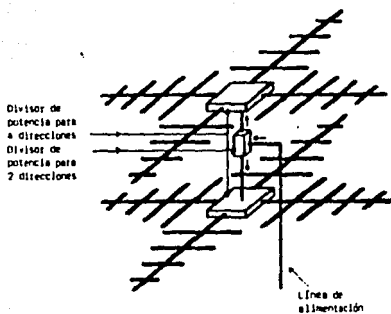


Fig. 3.5.1.b Superposición de dos sistemas de antenas (arrays) omnidireccionales para mejorar la ganancia

| BANDA (MHz) | CABLE | DIAMETRO (mm) | VALOR NOMINAL DE LA ATENUACION (dB/100 m) a +20°C |
|-------------|---------|---------------|---|
| 146 - 170 | RG8 | 11 | 11 |
| 146 - 170 | RG1A | 13.9 | 6 |
| 146 - 170 | RG17 | 22 | 4.4 |
| 146 - 170 | CF 1/2" | 22 | 3.5 |
| 430 - 470 | RG1A | 13.9 | 10 |
| 430 - 470 | RG17 | 22 | 8 |
| 430 - 470 | CF 1/2" | 22 | 6 |
| 430 - 470 | CF 3/8" | 28 | 4 |

Tabla 13. Atenuación de algunos tipos comunes de cable coaxiales.

3.5.2 TIPOS DE SOPORTES (MASTILES Y TORRES).

Las antenas propiamente dichas pueden dividirse desde el punto de vista de las necesidades estructurales, en dos clases: las que requieren una alta estabilidad directiva, a saber, las antenas parabólicas y de bocina para microondas, y las que pueden tolerar deflexiones moderadamente grandes sin pérdidas de calidad, como las antenas rómbricas, las Yagi y otros sistemas (arrays) de dipolos. Las estructuras de soporte puede ser de varias formas:

- Simples postes de acero o de madera para sustentar los sistemas de dipolos cuando la altura es moderada, vease en la figura 3.5.2.a
- Estructuras en formas de pórtico, cuando haya que soportar antenas de poca altura. Se podrá emplear madera o acero. Es posible dar a estos pórticos suficiente rigidez para sustentar antenas de microondas.
- Torres autoportadas apoyadas en tres o cuatro patas.
- Mástiles arriostrados, (consolidados con riostras) consistentes en columnas delgadas mantenidas en posición vertical mediante riostras de cable trenzado Ver figura 3.5.2.b.
- Torres con receptáculos para el equipo. Ver las figuras 3.5.2.c-f.

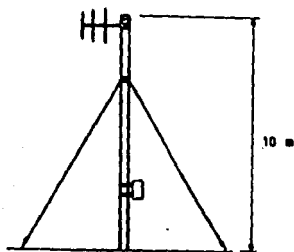


Fig. 3.5.2.a Soporte sencillo de poste para antena y transceptor de ondas métricas

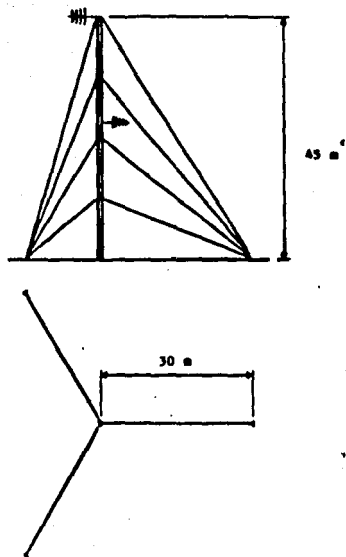


Fig. 3.5.2.b Mástil ligero típico consolidado con rióstras

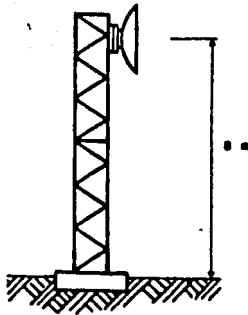


Fig. 3.5.2.c Mástil en celosía para soportar una antena parabólica a poca altura

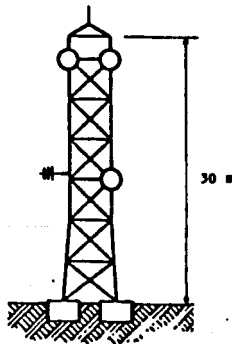


Fig. 3.5.2.d Torre en celosía capaz de soportar varias antenas parabólicas a una altura media

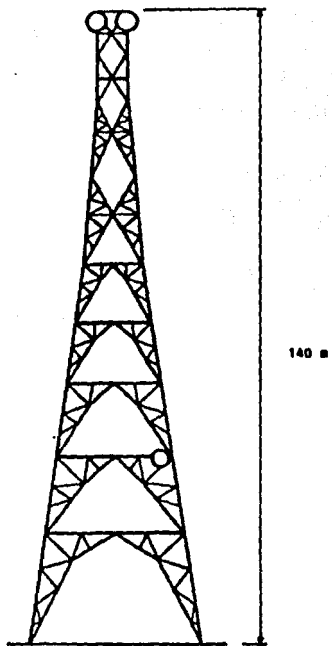


Fig. 3.5.2.e Torre pesada capaz de soportar antenas parabólicas a la altura máxima de manera económicamente rentable

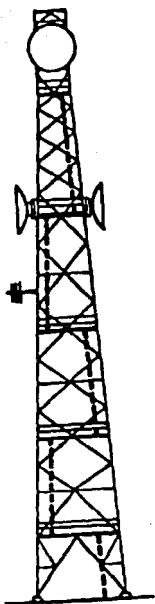


Fig. 3.3.2.f Torre pesada clásica para estación de telecomunicaciones

3.6 FUENTES DE ENERGIA

El coste global de la creación y mantenimiento de fuentes de energía constituye una proporción importante de los gastos de primera instalación y de los de explotación de un sistema de telecomunicaciones rurales, sobre todo en las zonas aisladas donde es preciso importar toda la energía. En consecuencia la estructura económica de la demanda y del consumo de energía debe desempeñar una función importante en la elección final del equipo que se utilice. En las primeras fases de planificación de todo sistema de telecomunicaciones rurales resulta esencial conocer los detalles peculiares de la potencia necesaria y del consumo de energía de todo equipo que se vaya a proponer, incluidas las características de la energía necesaria, es decir, si se trata de corriente alterna o continua, cuál es la tensión y la tolerancia admitida, cuál es la estructura general del consumo diario de corriente, todo ello en las condiciones en que se utilizará en la estación en cuestión.

Siempre que sea posible se preferirá la conexión a la red pública de distribución de energía y se pedirá presupuesto a la Comisión Federal de Electricidad para la construcción de una línea de transporte de energía a partir de la sección idónea más cercana de la red pública.

Sin embargo, las telecomunicaciones rurales se instalan en zonas de población dispersa, ya sea por la naturaleza de las actividades locales (por ejemplo, la agricultura) o porque las características topográficas o climáticas dificulta e incluso hacen peligroso el acceso. Es preciso, también buscar desde las primeras fases de todo proyecto el asesoramiento de especialistas en la fuente de energía que se piensa instalar. Las fuentes primarias de energía más comunes son:

- Pilas
- Grupo electrógeno de motor diesel
- Acumuladores

Cabe mencionar que también se pueden emplear: pilas fotovoltaicas (solares), los turbogeneradores de vapor en circuito cerrado, fuentes de energía eólicas, etc. pero estos son menos utilizables.

3.6.1 BATERIAS

Las baterías son fuentes de energía eléctrica obtenida por transformación directa de la energía química. Se utilizan tres tipos de baterías:

- Baterías leclanché
- Baterías de despolarización por aire con electrolito salino
- Baterías de despolarización por aire con electrolito alcalino

Estos tres tipos de baterías constituyen unas fuentes de alimentación estáticas, fiables y potentes y apenas necesitan operaciones de mantenimiento, distintas de su sustitución al término de su vida útil.

3.6.2. GRUPO ELECTROGENO DE MOTOR DIESEL

Para todas las cargas salvo las muy pequeñas, el grupo electrógeno de motor Diesel constituye la fuente de alimentación más satisfactoria en los lugares a donde no llega la red de distribución de energía. Como la fiabilidad tiene una importancia esencial, sobre todo en instalaciones no atendidas, la seguridad de arranque y de funcionamiento del motor Diesel, junto con su rendimiento (consumo reducido de carburante) y su regulación de velocidad, justifican su elección

3.6.3 ACUMULADORES

Constituyen una reserva de energía, se pueden recargar y aseguran la continuidad de la alimentación cuando la producción de la fuente primaria normal:

- a) Es intermitente
- b) No puede ajustarse por limitaciones de diseño, a las variaciones de la carga o las crestas de consumo.
- c) Se interrumpe, por avería u operaciones de mantenimiento en la fuente.

Los acumuladores pueden utilizarse también como componentes de redes de filtrado. La tensión de trabajo se obtiene conectando en serie varios elementos para formar una batería, y llegado el caso la capacidad necesaria durante el mantenimiento puede conseguirse conectando en paralelo baterías de igual capacidad.

3.6.4 SISTEMAS DE ALIMENTACION DE ENERGIA

Si se dispone de una red de alimentación en corriente alterna de fiabilidad razonable se pueden utilizar sistemas convencionales de alimentación en las centrales telefónicas, en los radioenlaces o en las estaciones terrenas para sistemas de telecomunicaciones por satélite. En los sistemas modernos se utiliza una batería conectada en paralelo con la salida de uno o varios rectificadores, ajustando la tensión por elemento, el valor más satisfactorio para mantener a plena carga el elemento en cuestión; por ejemplo, la tensión de una placa positiva Plante de un acumulador de plomo-ácido debe ser de 2.25 o 2.3V por elemento.

Para mantener continuamente la batería a plena carga, la corriente nominal total del rectificador (o rectificadores) incorporado (s) debe ser por lo menos igual y de ser posible superior a la corriente de cresta (en amperios) absorbida por la central.

En caso de avería de la red pública, la batería suministrará la carga necesaria a través de un regulador de tensión e insertando baterías de regulación para mantener la tensión dentro de límites aceptables hasta que se ponga en funcionamiento y se pueda utilizar el generador de reserva, que suele ser un alternador accionado por un motor Diesel. Si las interrupciones del suministro de corriente alterna son inaceptables, habrá que incorporar dos rectificadores a una batería de acumuladores, y la corriente continua producida se utilizará para accionar uno o varios inversores que alimentan la carga. La batería continuará excitando los inversores durante un período determinado en caso de avería del generador. Se establece de este modo un dispositivo de alimentación en corriente alterna sin interrupciones que debe estar dotada de un dispositivo de transfe

rencia automática de la carga al generador en servicio en caso de avería total de los inversores.

Al diseñar un sistema de alimentación a base de inversores se deben considerar otros factores, como la gama de tensiones continuas de entrada, la forma de onda de salida, la impedancia, las condiciones de sobrecarga, la avería de los inversores, los dispositivos de protección por medio de fusibles y los efectos de la fusión de éstos. Si el equipo es alimentado en alterna y en continua y la corriente continua excita al inversor, se debe tratar de asegurar un buen filtrado de la tensión que alimenta al equipo que trabaja en continua.

Los abonados de regiones aisladas disponen probablemente de energía local para otras finalidades. Si el equipo de telecomunicaciones se alimenta de energía local, es preferible que esta energía sea independiente. Las pilas constituyen la fuente de energía local más idónea y la capacidad escogida debe adaptarse a la tasa prevista de llamadas y a la carga presentada por el equipo. Conviene que la sustitución periódica de las pilas coincida con las revisiones de mantenimiento. Las pilas alcalinas funcionan satisfactoriamente entre -20°C y $+40^{\circ}\text{C}$ y no se ven afectadas por las condiciones climáticas, salvo la sequedad de la atmósfera que, tratándose de pilas húmedas, exige su rellenado a intervalos determinados por la experiencia.

3.6.5 SISTEMAS DE TIERRA PARA PROTECCION ELECTRICA

Debido a la importancia de una buena instalación de tierra, para el funcionamiento correcto del equipo de comunicaciones y su protección eléctrica es necesario que esta cumpla con las condiciones requeridas.

En general, todas las instalaciones requieren de una instalación de tierra para funcionar correctamente, ya que los problemas de puesta a tierra de los equipos de comunicaciones son muy variados, pues dependen de gran número de factores como son: resistividad del suelo, inducciones en el equipo y líneas número de descargas atmosféricas, corrientes vagabundas en el suelo, etc.

Como una característica básica de las instalaciones de tierra es obte

ner una trayectoria de baja resistencia a tierra, ya que las sobretensiones y corrientes tienden a seguir las trayectorias de más baja resistencia, por lo cual, se debe conocer en primer término la resistividad del suelo en el punto en donde de una toma de tierra sea requerida.

3.6.5.1 RESISTIVIDAD DEL SUELO

La resistividad del suelo, su resistencia al flujo de corriente, es de gran importancia para una toma de tierra. Su unidad de medida es el ohm/metro, definida como la resistencia en ohms entre dos caras opuestas de un cubo de suelo con un metro cúbico de volumen.

La resistividad se debe en parte a un proceso electrofítico, y en parte a la resistencia de contacto entre un gran número de finas partículas. Si el contenido de agua o de sales es elevado, el fenómeno predominante será el proceso electrofítico; en cambio si el suelo es seco, las factores esenciales serán el tamaño de las partículas y el volumen de aire contenido por ellas.

En el apéndice I se describen los factores que afectan la resistividad del suelo - así como también los métodos de medición de ésta.

3.6.5.2 TOMAS DE TIERRA (ELECTRODOS)

Existen tres tipos de electrodos de tierra como son:

— Electrodos de tierra en zanjas (tierra de equilibrio)

Estos electrodos consisten de conductores enterrados horizontalmente a una profundidad que varía desde 0.3 m hasta 4m o más. Estos electrodos hacen intervenir un gran volumen de terreno y por consiguiente, la resistencia de la instalación de tierra es generalmente baja, aún con poca humedad en el suelo.

— Electrodos de barfa (Varilla de tierra).

Estos electrodos, son varillas cortas o largas que, se entierran verticalmente Comparados con otros tipos de electrodos, las barras ofrecen las siguientes ventajas:

- Exigen pequeñas excavaciones, mano de obra barata
- Pueden introducirse lo suficiente para reducir la resistencia de tierra.
- No le afectan los cambios de temperatura si se encuentran a suficiente profundidad.
- Pueden conectarse en paralelo sin conductores ni zanjas, en un suelo poco profundo con una resistividad baja.
- Se puede evitar romper banquetas colocando este tipo de electrodos en una pequeña horadación.

— Electrodos en forma de placa.

Este tipo de electrodos fué el primero que se empleó, y porque en un principio se pensó que al aumentar la superficie de la placa se obtenían resistencias de tierra bajas. La resistencia de tierra de este tipo de electrodo varía en razón inversa de la raíz cuadrada de la superficie. Son más costosos que los electrodos de barra, no son más eficaces que éstos, y su instalación debe hacerse necesariamente al mismo tiempo que los trabajos de cimentación, por lo anterior su uso no es recomendable.

3.6.5.3 MATERIALES PARA TOMAS DE TIERRA

Dada la rigidez mecánica necesaria y la capacidad de descarga de corriente, se recomienda por lo general los siguientes valores para la sección mínima de los electrodos de tierra.

3.6.5.3.1 ELECTRODOS EN ZANJAS

- Electrodos de acero galvanizado
Hilos de 95 mm^2 como mínimo
Estos electrodos deberán tener un recubrimiento de zinc de $70 \mu\text{m}$ mínimo; en terrenos corrosivos el recubrimiento deberá ser de $100 \mu\text{m}$ mínimo.

- Electrodo de cobre
Hilos de 13.3 mm^2 como mínimo.

3.6.5.3.2 ELECTRODOS DE BARRA

- Electrodo de acero galvanizado
Varillas de 10 mm de diámetro mínimo; espesor del recubrimiento de zinc $100 \mu\text{m}$
- Electrodo de acero chapados en cobre
Varillas de 10 mm de diámetro como mínimo con una capa de cobre de por lo menos 0.35 mm.

Algunas técnicas para mejorar las tomas de tierra son:

- Conexión a tierras de la compañía de suministro de energía (CFE)
- Conexión a tuberías públicas de suministro de agua.

Antes de hacer una conexión a una tubería de agua, debe medirse la resistencia de tierra que presenta ésta, para asegurar que proporciona un valor adecuado de resistencia para el uso que se requiere.

Para la construcción de los sistemas de tierra se emplea la siguiente simbología (Ver figura 3.6.5.3.).

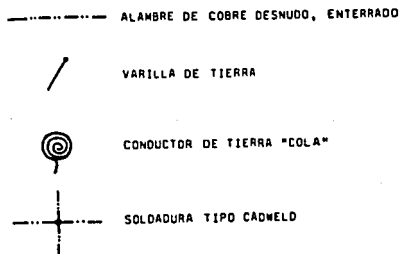


Fig. 3.6.5.3 Simbología para sistemas de tierras

3.6.5.4 INSTALACIONES DE RADIO Y MICROONDAS

Torres de equipo de radio y repetidores de microondas están generalmente expuestos a daños severos por descargas atmosféricas, por lo que requieren de protección especial. Debido a que se encuentran situadas en zonas suburbanas y rurales, no cuentan con la protección de edificios o construcciones cercanas.

El límite superior de la instalación de tierra en las estaciones repetidoras y de radio estará comprendido entre 0.5 y 10 ohms para estaciones terminales; entre 0.5 y 25 ohms para estaciones intermedias.

La toma de tierra de las torres para equipo de radio y repetidoras de microondas se hará como se muestra en la figura 3.6.5.4.a.

- a) Haga un zurco separado 0.6 m mínimo de la estructura de la torre y 0.3 m de profundidad.
- b) Coloque una varilla en cada vértice (esquina) y proceda a enterrarla, hasta una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo.
- c) Interconecte entre sí las varillas de tierra con un alambre de cobre desnudo de 6.5 mm (No. 2 AWG) y deje tres extremos de alambre para conectarlos a la base de la torre.
La interconexión de las varillas y alambres se hará con soldadura tipo CAD-WELD.
- d) Estañe uniformemente los conductores de cobre, en toda la longitud (punta) que intervenga en la conexión, antes de conectarlos a la estructura metálica de la torre.
- e) Conecte con un cable de cobre de 6.5 mm (No. 2 AWG) el apartarrayos de la torre a esta toma de tierra.

La figura 3.6.5.4.b. muestra una alternativa para la toma de tierra en torres, en aquellos casos en los que las condiciones del terreno no permitan la colocación de varillas de tierra.

Si la torre se encuentra soportada en la azotea del cuarto de equipo (radio), la toma de tierra para la tierra se hará colocando tres varillas de tierra (159200 -7) en línea recta, ya sea en forma perpendicular o paralela al cuarto.

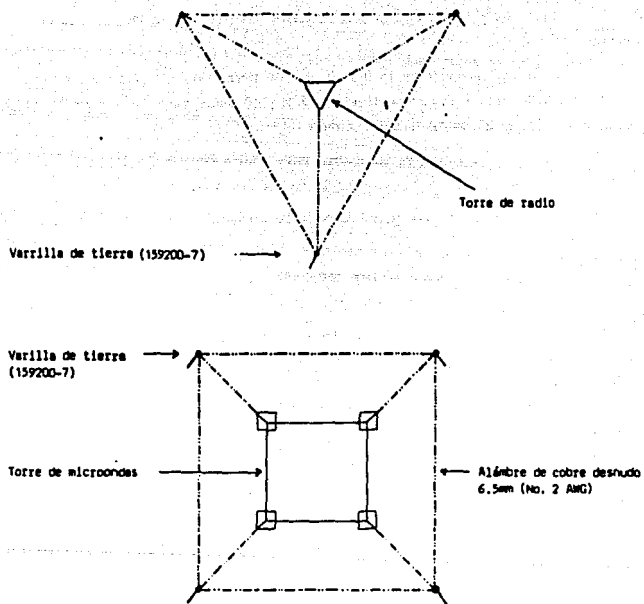


Fig. 3.6.5.4.a Toma de tierra para torres de radio y microondas

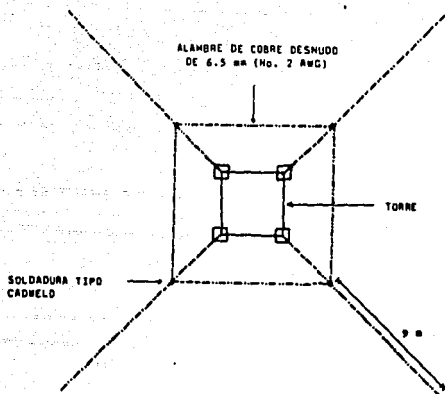


Fig. 3.6.5.4.b Alternativa para toma de tierra en torres

de equipo y a 1.5 m de la pared (lado exterior) de éste. De esta toma de tierra se llevará un conductor de cobre 6.5 mm (No. 2 AWG) engrapado sobre la pared hasta un vértice de la torre donde se conectará a la torre y la instalación del pararrayo de ésta.

3.6.5.5. INSTALACIONES DEL CUARTO DE EQUIPO

La toma de tierra se realizará colocando 3 varillas de tierra (159200-7), situadas en un extremo del estante de baterías, el bastidor del rectificador y el bastidor del equipo de radio como se muestra en la fig. 3.6.5.5.a.

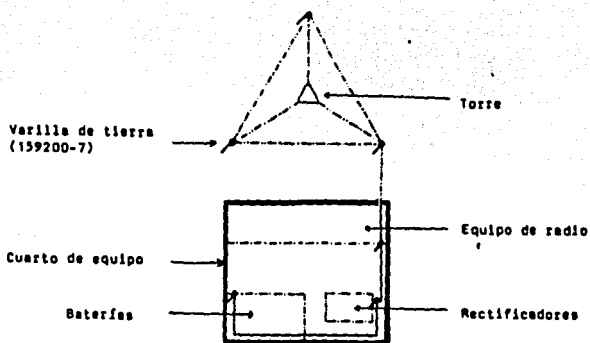


Fig. 3.6.5.5. Instalaciones de tierra para equipo de radio y torre

- a) La separación entre varillas será preferentemente de 2 m ó en todo caso su separación no será menor a la longitud de éstas.
- b) La interconexión de las varillas se realizará con cable de cobre, con forro de PVC gris, de 6.5 mm. (No. 2 AWG).
- c) Las varillas se enterrarán hasta una altura de 5 cm. sobre el nivel del piso - para no causar daños a éste, en lugares no expuestos a daños mecánicos.
- d) De la varilla del bastidor del equipo de radio (o la más cercana a la toma de tierra de la torre) se llevará un conductor de cobre desnudo de 6.5 mm.- (No. 2 AWG) dentro de un tubo conduit de 12 mm. hasta el lado exterior de la pared. La parte restante del conductor desnudo se colocará en un zurco de 30 cm. de profundidad hasta el punto de conexión a la toma de tierra de la torre.

3.6.5.6 SISTEMAS DE DISTRIBUCION

Las dimensiones de los conductores del sistema de distribución de tierra estarán de acuerdo a las especificaciones dadas por el fabricante del equipo. Si estas no se encuentran especificadas, se determinarán de acuerdo a las intensidades de disparo del dispositivo de protección, según se muestra en la tabla - 14.

| CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION (Fusibles u otros) | DIMENSIONES DEL CONDUCTOR DE TIERRA | |
|--|-------------------------------------|---------|
| | CABLES O ALAMBRES DE COBRE | |
| | Ø mm | No. AVG |
| 15 | 1.6 | 14 |
| 20 | 2.05 | 12 |
| 30 | 2.5 | 10 |
| 40 | 2.5 | 10 |
| 60 | 2.5 | 10 |
| 100 | 3.26 | 8 |
| 200 | 4.12 | 6 |
| 400 | 5.19 | 4 |
| 600 | 6.34 | 2 |
| 800 | 8.25 | 1/0 |

Tabla 14. Dimensiones de los conductores del sistema de distribución de tierra

3.7 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE GABINETE PARA UN SISTEMA DE ACCESO MULTIPLE

3.7.1 DETERMINACION DE LAS COORDENADAS GEOGRAFICAS EN ZONAS RURALES.

Una vez determinadas las poblaciones de interés, es necesario su loca

lización geográfica, para ello se adquieren mapas de la región deseada con un estudio completo de topografía, en las cuales se puede encontrar un punto determinado, viendo la intersección entre la latitud y la longitud del mapa (coordenadas geográficas).

Ya que se localizaron los puntos de interés geográficamente se puede obtener la distancia entre dos puntos usando un escalímetro, con la escala adecuada directamente sobre el mapa, siendo la manera más fácil. También se puede obtener la distancia entre dos puntos mediante la siguiente expresión:

$$AB = \frac{2\pi \text{Rap}}{360} \cos \angle (\text{AOB})$$

donde:

$$\cos \angle (\text{AOB}) = \cos \left(\frac{\pi}{2} - Y_1 \right) \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} - Y_2 \right) + \sin \left(\frac{\pi}{2} - Y_1 \right)$$

Rap = radio de la tierra

a_1 = longitud del punto A

a_2 = longitud del punto B

Y_1 = latitud del punto A

Y_2 = latitud del punto B

A = punto A

B = punto B

O = centro de la tierra

3.7.2 REALIZACION DE LOS PERFILES RADIOELECTRICOS

Para predecir, en cierta forma, el comportamiento de la propagación de las ondas electromagnéticas en presencia de diversos obstáculos, dispuestos a lo largo de la trayectoria de propagación, es necesario el estudio empírico de las mismas por medio de gráficas, tablas y ecuaciones.

Como herramienta necesaria, para poder construir una gráfica, que dé una idea, de los obstáculos que se encuentran en la trayectoria, se requiere la utilización de cartas o mapas topográficos, así como instrumentos de medición tales como escalímetro y transportador de 360° .

El procedimiento a seguir determina las pérdidas por obstáculos al revelar la topografía del terreno donde se encuentra el radioenlace, siendo ésta una de varias pérdidas a considerar para el estudio completo de radiopropagación. El procedimiento es el siguiente:

a) Trazo de radiales.

Se denomina con el nombre de radial, a la línea recta producto de la unión entre dos puntos geográficos localizados en el mapa, dichos puntos representan los poblados a comunicar.

Para el caso del enlace entre la estación base y las estaciones suscriptoras de un sistema de telefonía rural, se trazan tantos radiales como número de poblados o suscriptores existan.

b) Obtención de azimut.

Trazados los radiales, se procede a tomar las lecturas en grados de los azimut.

Las lecturas de azimut, se realizan por medio del transportador de 360° , colocándolo de manera que coincidan la línea norte sur, con la marca de 0° del transportador. Se toman las lecturas correspondientes para cada radial trazado, iniciando con 0° al norte.

c) Obtención de los datos del perfil radioeléctrico.

Los datos del perfil, se toman directamente del mapa en el lugar donde se trazaron los radiales. En donde un radial y una curva de nivel o cota se intersectan, se obtiene el dato relativo a distancia y altura de ese punto en la trayectoria del perfil. La forma de obtener los datos es la siguiente:

- 1.- Distancia en km. Se marcan las distancias partiendo del punto transmisor al punto receptor. De preferencia se marcan los lugares que pudieron representar problemas de obstáculos en la trayectoria marcada en el perfil radioeléctrico.
- 2.- Altura en m. Se toma de las correspondientes curvas de nivel intersectadas por el radial trazado. Estos datos se acomodan de manera que se pueda relacionar una distancia con una altura, cubriendo la distancia total desde el punto transmisor al receptor.

d) Realización del perfil radioeléctrico.

De los datos de perfil obtenidos y tabulados, se traza en la hoja de perfil - con curvas correspondientes a un valor de $k = \frac{4}{3}$. Esto constituye la forma gráfica. que representa los diversos obstáculos que se encuentran en la trayectoria del radial trazado.

Es importante establecer la diferencia de altura máxima que existe en el punto transmisor y el punto receptor, esto con el fin de utilizar la escala adecuada y evitar una mala interpretación del perfil obtenido.

e) Interpretación del perfil radioeléctrico.

El perfil obtenido, dará como ya se ha establecido, una predicción del comportamiento de la onda electromagnética en presencia de los obstáculos. Para esto se establecen tres criterios en la obtención del libramiento del obstáculo (al cual se le denomina hc , ver sección 2.8.2.5.6). Estos criterios se aplican en el cálculo del factor de pérdidas por obstáculos.

$$\text{Factor de pérdidas por obstáculos} = \frac{hc}{ho}$$

Una vez obtenido este factor, se consulta la gráfica de atenuación por obstáculo contra factor de pérdidas.

Esta gráfica se muestra en la figura 2.8.2.6.b.

3.8 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LOS CALCULOS DE LAS PERDIDAS DE LOS RADIOENLACES.

Este procedimiento se hace con el fin de conocer la pérdida existente en la señal entre el punto transmisor y el punto receptor, y de acuerdo al resultado seleccionar los materiales adecuados.

Los datos necesarios para los cálculos son:

- Frecuencia
- Distancia entre transmisor y receptor
- Distancia del transmisor al obstáculo
- Distancia del receptor al obstáculo
- Altura sobre el nivel del mar del transmisor
- Altura sobre el nivel del mar del receptor.

a) Pérdidas en el espacio libre (P_{EL})

Se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$P_{EL} = 20\log(f) + 20\log(d) + 32.4$$

donde: f = frecuencia en MHz

d = distancia entre transmisor y receptor en km

b) Pérdidas suplementarias (P_s)

Se calcula el radio de la primera zona de Fresnel usando la expresión:

$$h_o = \sqrt{\frac{d_1 d_2 \lambda}{d}}$$

donde: λ = longitud de onda = $\frac{c}{f}$

c = velocidad de la luz

f = frecuencia en MHz

d_1 = distancia del transmisor al obstáculo en el punto

d_2 = distancia del receptor al obstáculo

d = distancia entre el transmisor y receptor

Se calcula el libramiento:

$$hc = h_1 - \frac{d_1}{d_2} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2 R_{ap}} - h_s$$

donde: hc = libramiento en el punto del obstáculo

h_s = altitud del obstáculo

h_1 = altitud de la antena más alta

h_2 = altitud de la antena más baja

Se calcula el factor de pérdida por obstáculo

$$FP_{OBS} = \frac{hc}{h_o}$$

Con este factor se calculan las pérdidas por difracción

$$P_{DIF} = X \text{ dB} \quad \text{para} \quad \frac{hc}{h_o} = X$$

además, se deben considerar las pérdidas debidas a desvanecimientos P_{DESV}

entonces:

$$P_s = P_{DIF} + P_{DESV}$$

c) Pérdidas debido a conectores y líneas de transmisión.

Estos datos los proporciona el fabricante dependiendo de que tipo sea utilizado, se emplean cuatro conectores, dos en el lado de transmisión y dos en el lado de recepción. La pérdidas de las líneas de transmisión son aquellas debidas a la longitud de los alimentadores (cable que conecta al equipo de radio a la antena) de la estación base y suscriptora.

La pérdida total de la línea será:

$$P_L = P_{LTx} + P_{LRx} + P_{CTx} + P_{CRx}$$

donde: P_{LTx} = pérdida de la línea en el lado transmisor

P_{LRx} = pérdida de la línea en el lado receptor

P_{CTx} = pérdida de los conectores en el lado transmisor

P_{CRx} = pérdida de los conectores en el lado receptor.

d) Cálculo de la potencia de Tx en dBm

Se calcula mediante la expresión:

$$W_{Tx} = 10 \log\left(\frac{xW}{1mW}\right)$$

e) Cálculo del nivel de potencia del receptor

Es el umbral de recepción, el cual lo da el fabricante en volts, éste se puede obtener mediante:

$$W_{Rx} = \frac{V^2}{R}$$

donde: W_{Rx} = Potencia del umbral del receptor en Watts

V = Voltaje de recepción

R = Impedancia del equipo

f) Cálculo de la ganancia de la antena receptora utilizando la expresión:

$$W_{Rx} = \text{Ganancias} - \text{Pérdidas}$$

$$W_{Rx} = W_{Tx} + G_{ATx} + G_{ARx} - P_{EL} - P_s - P_c - P_{AL}$$

$$G_{ARx} = W_{Rx} - W_{Tx} - G_{ATx} + P_{EL} + P_s + P_c + P_{AL}$$

g) Cálculo del margen de desvanecimiento

Este cálculo nos dará la confiabilidad del sistema, mediante la expresión:

$$MD = \text{Pot. Umbral} - W_{Rx}$$

Donde MD = margen de desvanecimiento

Pot. Umbral = potencia de umbral del receptor (especificación del fabricante)

W_{Rx} = potencia de umbral calculada

3.9 PROCEDIMIENTO PARA LOS ESTUDIOS DE CAMPO

3.9.1 PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR LA RECOPIACION Y COMPROBACION DE LOS DATOS TECNICOS Y GEOGRAFICOS.

Para los estudios geográficos se realiza una forma de datos como se-

| SISTEMA: | | | | ESTADO DE: | | | |
|----------|-----------|-----------|---------|------------|-----------|------------|----------------|
| No | LOCALIDAD | MUNICIPIO | ALTITUD | AZINUTH | LATITUD N | LONGITUD W | LÍNEA DE VISTA |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | |

Fig. 3.10.1 - Forma para datos geográficos

muestra en la figura 3.10.1. Mediante estos datos es posible determinar los factores técnicos que pueden afectar la transmisión de ondas de radio o la implantación de postería para el sistema telefónico.

Los pasos a seguir para la recopilación de datos geográficos son:

- Adquisición de mapas de curvas de nivel de la región
- Adquisición de reportes que den una idea de las condiciones meteorológicas de la región.
- Visita al campo para constatar los datos obtenidos en el gabinete, para ello es necesario llevar equipo auxiliar, como es: Brújula, altímetro, binoculares y cinta métrica.

El uso de equipo auxiliar es muy importante para el estudio de campo, ya que en ocasiones, los mapas tienen ciertos errores que serán corregidos con tal equipo.

El equipo usado es principalmente el altímetro, que proporciona con exactitud la altura de un punto determinado, y la brújula que sirve para encontrar el azimut deseado.

Existen otros instrumentos más complejos que sirven para la localización de puntos en el campo, estos instrumentos: Teodolito, tránsito, y sextante.

Si se utiliza una brújula, la aguja de ésta, debido a las condiciones magnéticas de la tierra, señala el norte magnético de la misma. La diferencia entre el norte geográfico con respecto al norte magnético es de 7.28° que es la declinación magnética con respecto a la terrestre.

Se usará el altímetro después de haber obtenido las alturas en mapas topográficos, para chequear cuidadosamente en los puntos deseados en el campo.

La presión atmosférica es una indicación para el altímetro. El menor nivel de aire es comprimido por el peso de nivel de aire superior y así cada nivel mayor tendrá menos cantidad de aire encima y será menos comprimido. Entonces a una disminución de densidad de aire habrá mayor altitud.

El método para saber la altura de un punto mediante el uso de altímetro es el siguiente:

- Colocar el altímetro en el punto en el cual se va a determinar la altitud
- Ajustar el instrumento (según las características del mismo)
- Leer la altitud del punto.

- Grabar la lectura del altímetro, tiempo y temperatura.
- Hacer la lectura varias veces, en condiciones diferentes de tiempo y temperatura

Para la determinación del sitio donde está ubicada la estación radio-base, se debe tener en cuenta:

- Debe ser un lugar con una altura considerable para evitar al máximo las pérdidas por obstáculos.
- Debe tener una ubicación estratégica desde la cual pueda cubrirse con relativa facilidad toda la región a comunicar.
- Debe ser un lugar provisto con vías de acceso aceptables y de preferencia con servicio de energía eléctrica.

En la selección de la ubicación del centro nodal para un sistema de sistema de telefonía rural, solamente es necesario establecer dicho centro en una ciudad cercana a la estación base y que además cuente con una central telefónica.

Para la realización de los estudios de campo, es conveniente tomar en cuenta ciertas recomendaciones, tales como:

- Llevar un botiquín de primeros auxilios
- Hacer planos para la localización de cada poblado.
- Tomar nota del tipo de suelo de cada lugar.
- Por medio del velocímetro del automóvil, determinar y tomar nota de las distancias que existen a cada poblado.

3.9.2 PRUEBAS DE RADIO PROPAGACION

Las pruebas de radio propagación son indispensables, ya que tienen como objetivo encontrar las máximas condiciones de funcionamiento.

Dentro de los estudios de campo, se deben realizar las pruebas con ayuda de un medidor de intensidad de campo.

De las muchas razones por las cuales son deseables las mediciones de campo, las siguientes deberán considerarse como las más usuales:

- Localización de contornos de intensidad específica o la determinación de la calidad del servicio.
- Rango de interferencia del transmisor
- Probar el funcionamiento de la antena direccional.
- Probar la eficiencia de la antena no-direccional.
- Determinación del sitio adecuado para la instalación de una estación base o una estación suscriptor.
- Determinación de la amplitud de las armónicas de radiofrecuencia radiada por el transmisor.
- Evaluación de la intensidad de la onda de cielo de una estación distante
- Determinación, de las conductividades del terreno
- Medir el fenómeno de propagación, ya sea proyectos de comunicación, o para obtener información sobre valores necesarios en otros estudios físicos.

Las anteriores cuestiones dan una idea de la importancia que tienen las mediciones de campo.

El método a seguir para realizar mediciones de intensidad de campo son las siguientes:

- a) Conocer el tipo de medidor a utilizar
- b) Conocer las características técnicas de la estación a medir (potencia, ganancia de antena).
- c) Trazar el perfil desde la estación transmisora hasta el lugar propuesto para hacer pruebas y realizar cálculos.
- d) Conocer las características técnicas del equipo de recepción como:
 - Altura sobre el nivel del mar
 - Horas en que se realizan las pruebas
 - Temperatura
 - Condiciones atmosféricas
 - Condiciones del terreno
 - Condiciones del acceso

Las mediciones de intensidad de campo para la realización de las pruebas de radio propagación se anotan en una hoja de datos la cual se muestra a continuación.

3.10 EJEMPLOS DE APLICACION

SISTEMA: _____
 ESTACION BASE: _____
 ESTACION SUSCRIPTORA: _____

Frecuencia de operación (f) _____ MHz
 Potencia de salida del transmisor (W_{Tx}) _____ Watts _____ dBm
 Sensibilidad del receptor (S_{Rx}) _____ dBm _____ μV
 Nivel de recepción en RF para 2000 pWOp (RF) _____ dBm
 Distancia (d) _____ km
 Pérdidas por conectores (P_c) _____ dBm
 Pérdidas por alimentadores (P_{AL}) _____ dBm
 Obstaculo (d_{OBS}) _____ km
 Pérdidas en el espacio libre (P_{EL}) _____ dBm
 Pérdidas suplementarias (P_s) _____ dBm
 Impedancia _____ Ω

ESTACION BASE

Altura de la antena (h_1) _____ m
 Tipo de alimentador _____
 Longitud del alimentador _____ m
 Pérdida del alimentador (P_{ALTx}) _____ dBm
 Pérdidas por conectores (P_{CTx}) _____ dBm
 Tipo de antena _____
 Ganancia de la antena (G_{ATx}) _____ dBm
 Atenuador (A) _____ dBm

ESTACION SUSCRIPTORA

Altura de la antena (h_2) _____ m
 Tipo de alimentador _____
 Longitud del alimentador _____ m
 Pérdida del alimentador (P_{ALRx}) _____ dBm
 Pérdida por conectores (P_{CRx}) _____ dBm
 Tipo de antena _____
 Ganancia de la antena (G_{ARx}) _____ dBm
 Atenuador (A) _____ dBm

3.10.1 ENLACE RURAL MONOCANAL

Se desea enlazar una pequeña comunidad rural con la central telefónica instalada en una ciudad a 60 km de distancia, el terreno de la trayectoria es bastante plano y se utiliza el mismo tipo de equipo en ambos extremos (desde luego, con el interfaz telefónico adecuado).

SOLUCION: Por tratarse de un enlace punto a punto, enlazado directamente a la central telefónica, se acepta una distribución de ruido de 10,000 pWop (-50dBmOp).

Se requiere que la calidad se mantenga durante el 99% del tiempo

Características del equipo:

- Frecuencias: 146 MHz, 151 MHz
- Ciclo de operación: continuo
- Modo de operación: duplex completo
- Desviación de frecuencia + 5 KHz máximo
- Potencia del transmisor: 1 Watt (30 dBm)
- Sensibilidad del receptor: 1 V para 20 dB SINAD *
- Nivel de audio de entrada: - 5 dBm (2 hilos)
- Nivel de audio de salida : + 5 dBm (2 hilos)
- Impedancia en RF = 50

Características de la trayectoria:

- Distancia entre estaciones: 60 km
- Tipo de terreno: plano (ver perfil, figura 3.10.1.)
- Altura de antena en la ciudad: todavía no se tiene
- Longitud del alimentador: depende del punto anterior.

* La sensibilidad SINAD, utilizada en las normas para sistemas móviles significa: El nivel de RF necesario para producir una potencia de salida de audio de cuando menos 50% de la especificada, con una relación (señal + ruido + distorsión)/(ruido + distorsión) de Xdb (medidas con un medidor de respuesta plana).

1) Se calcula el nivel de señal de entrada que debe tener el receptor para entregar un nivel de ruido de - 50 dbmp (-47.5dBm, - 17,800 pW planos).

Si la sensibilidad del receptor es de 1 μ V para 20 dB SINAD con una impedancia de 50 nos dá:

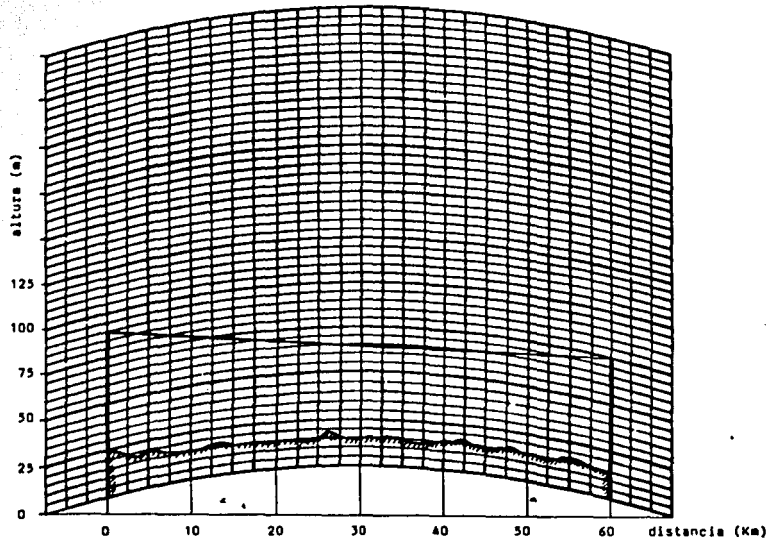


Fig. 3.10.1 PERFIL RADIOELECTRICO ENTRE LAS ESTACIONES A Y B CON $K=4/3$

| | ESTACION A | ESTACION B |
|---------------|------------|------------|
| ALTURA SMM | 25 m | 15 m |
| ALTURA ANTENA | 65 m | 60 m |
| DISTANCIA | 60 Km | |

$$1 \mu V = 10^{-6} V$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{1 \times 10^{-12}}{50} = 2 \times 10^{-14} W$$

$$P (dB) = 10 \log \left(\frac{2 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-3}} \right) = -107 \text{ dB}$$

a partir del umbral de sensibilidad, la región señal a ruido - S/R a la salida del receptor mejora, db con db, en función - directa de la señal de entrada, así que, con -107 dBm se - tiene:

$$\frac{S}{R} = 20 \text{ db} \quad (23 \text{ db para } 100\% \text{ de audio})$$

$$\text{Para } \frac{S}{R} = 47.5 \text{ dB,}$$

se debe tener una señal de entrada de RF de:

$$RF = -107 + (47.5 - 23) = -82.5 \text{ dBm}$$

- 2) Se calcula la atenuación del espacio libre (P_{EL}) para $f = 151$ MHz.

$$P_{EL} = 32.44 + 20 \log(d) - 20 \log(f)$$

$$P_{EL} = 32.44 + 20 \log(60) + 20 \log(151)$$

$$P_{EL} = 32.44 + 35.56 + 43.57$$

$$P_{EL} = 111.57 \text{ dB}$$

- 3) Se calcula la atenuación suplementaria A_s , puesto que, evidentemente, la 1ª zona de Fresnel no está completamente despejada.

- En el centro de la trayectoria, la 1ª zona de Fresnel tiene un radio de:

$$h_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda d}$$

$$h_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{300}{151} \right) (60,000)}$$

$$h_0 = 172.63 \text{ m} \quad 173$$

- La atenuación suplementaria depende del libramiento, pero el libramiento depende de la altura de las torres de soporte.

Evidentemente, no será posible despejar completamente la 1ª zona de Fresnel (173 m) pues se necesitaría una estructura -

de aproximadamente 200 m de altura, así que, utilizando el método de tanteos, iniciaremos con una torre ligeramente mayor que la altura del horizonte.

$$h = \frac{\lambda^2}{2 R_{ap}} \quad x = \frac{d}{2}$$

$$h = \frac{(30000 \text{ m}^2)}{2 (8500 \times 10^3 \text{ m})}$$

$$h = 53 \text{ m}$$

Con una torre de $h = 60 \text{ m}$ tendremos, utilizando la fórmula y los árboles con una altura de 10 m ,

$$hc = h_T - \frac{d_1}{d} (h_T - h_R) - \frac{d_1 d_2}{2 R_{ap}} - h_s$$

$$h_s = \text{altura de los árboles} = 10 \text{ m}$$

$$hc = 90 - \frac{1}{2} (90 - 75) - 53 - 10 = 19.5 \text{ m}$$

$$\frac{hc}{h_o} = \frac{19.5}{17.3} = 0.1069$$

el grado de rugosidad es

$$M = 2.98 \times 10^{-3} (f^{2/3}) (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$$

$$M = 2.98 \times 10^{-2} (151^{2/3}) (\sqrt{90} + \sqrt{75})^2$$

$$M = 27.82$$

Con este libramiento, la atenuación por difracción en un obstáculo esférico casi-liso es de 18 dB (Ver figura 2.8.2.6.a.)

Para el 99% del tiempo deben considerarse desvanecimiento - de 6 dB , así:

$$A_s = 18 + 6 = 24 \text{ dB}$$

- 4) Se calcula ahora la atenuación debida a los alimentadores utilizando en ambos extremos cable Heliac F4-50, considerando que en el extremo ciudad el alimentador es de unos 80 m y - en el extremo suscriptor de 70 m . Empleando el nomograma - de la figura 2.10.3.

$$A_{ALT} = 2.6 \text{ dB}$$

$$A_{ALR} = 2.3 \text{ dB}$$

5) La atenuación total admisible será:

$$A_T = - (W_{Tx} - RF)$$

$$A_T = - (30 - (-82.5)) = - 112.5 \text{ dB}$$

o sea:

$$A_T = G_T + G_R - P_{EL} - A_{ALT} - A_{ALR} - A_s - A_c$$

donde:

A_T = Atenuación total admisible

G_T = Ganancia de la antena de transmisión

G_R = Ganancia de la antena de recepción

P_{EL} = Atenuación en el espacio libre

A_{ALT} = Atenuación del cable de alimentación en transmisión

A_{ALR} = Atenuación del cable de alimentación en recepción

A_s = Atenuación suplementaria

A_c = Atenuación de los conectores 0.5 dB por conectar

por lo tanto:

$$G_T + G_R = A_T - (-P_{EL} - A_{ALT} - A_{ALR} - A_s - A_c)$$

$$G_T + G_R = - 112.5 - (-111.57 - 2.6 - 2.3 - 24 - 2)$$

$$G_T + G_R = 29.97 \text{ dB}$$

En la tabla 16 se muestran las características de varios tipos de antenas.

Para obtener las condiciones preescritas de calidad en el enlace, las antenas de ambos lados deben tener una ganancia combinada de 29.97 dB o aproximadamente 15 dB cada una.

En la banda de 150 MHz no es posible obtener tales ganancias (la ganancia máxima obtenible de manera práctica es de 13.5 con un arreglo de 4 Yagis de 5 elementos cada una)

Para mejorar las condiciones de propagación, la primera solución será aumentar la altura de las antenas. Sí:

$$h_T = 75 \text{ m}$$

| TIPO DE ANTENA | C _o (dB) | LODRLO 300 PLANO E | LODRLO 300 PLANO W | R. O. F. (VSWR) | RELACION F/A (dB) | POTENCIA W | IMPEDANCIA Ω | USO |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|---------------|-----------------|--------|
| Dipolo simple | 7.5 | ± 45° | ± 30° | 1:1.5 | 4 | 4G | 50 | Ahorro |
| Yagi 3 elementos | 7.0 | ± 30° | ± 45° | 1:1.5 | 10 | 4G | 50 | Ahorro |
| Yagi 4 elementos | 8.0 | ± 30° | ± 35° | 1:1.5 | 10 | 4G | 50 | Ahorro |
| Yagi 5 elementos | 8.5 | ± 20° | ± 30° | 1:1.5 | 10 | 4G | 50 | Ahorro |
| Yagi 6 elementos | 8.5 | ± 20° | ± 25° | 1:1.5 | 15 | 4G | 50 | Ahorro |
| Yagi 2+3 elementos | 10.0 | ± 20° | ± 25° | 1:1.5 | 12 | 4G | 50 | Ahorro |
| Yagi 2+5 elementos | 11.1 | ± 20° | ± 25° | 1:1.5 | 12 | 4G | 50 | Ahorro |
| Arreglo colineal (unidireccional) | 6.0 | ± 6° | circular | 1:1.5 | -- | 500 | 50 | Bate |
| Arreglo colineal (bifurcado) | 6.5 | ± 6° | -- | 1:1.5 | -- | 500 | 50 | Bate |
| Arreglo colineal (omnidireccional) | 8.5 | ± 6° | ± 35° | 1:1.5 | -- | 400 | 50 | Bate |
| Panel de dipolos | 7.0 | ± 35° | ± 30° | 1:1.5 | 15 | 200 | 50 | Bate |

* Conexión con respecto a un dipolo de 1/2 longitud de onda

Tabla 16. Características de varios tipos de antenas en las bandas de 146,174 MHz y 220,250 MHz

$$h_R = 70 \text{ m}$$

$$hc = -hr - \frac{d_1}{d} (h_T - h_R) - \frac{d_1 d_2}{2Rap} - hs$$

$$hc = 100 - \frac{1}{2} (100 - 85) - 53 - 10$$

$$hc = 29.5$$

$$\frac{hc}{ho} = \frac{29.5}{17.3} = 0.17$$

con este libramiento, la atenuación por difracción se reduce a 13 dB. por lo tanto:

$$As = 13 + 6 = 19 \text{ dB}$$

utilizando cable F5-50

$$A_{ALT} = 1.6 \text{ dB} \quad (\text{para } 85 \text{ m})$$

$$A_{ALR} = 1.4 \text{ dB} \quad (\text{para } 75 \text{ m})$$

entonces:

$$G_T + G_R = A_T - (P_{EL} - A_{ALT} - A_{ALR} - A_s - A_c)$$

$$G_T + G_R = -112.5 - (-111.5 - 1.6 - 1.4 - 2 - 19)$$

$$G_T + G_R = 23 \text{ dB}$$

Por lo tanto, ahora la ganancia necesaria en cada antena es de 11.5 dB, lo que se puede obtener con un arreglo de Yagis de 2 x 5 elementos, como se muestra en la tabla anterior.

3.10.2 ENLACE DE MULTIACCESO

Se desea enlazar pequeñas comunidades rurales a una central telefónica a través de una estación radio-base. Uno de los suscriptores se localiza a 60 km de esta estación. En este caso, el terreno es bastante montañoso y la trayectoria se encuentra ligeramente obstruida por un obstáculo tipo filo de navaja; la estación base agrupa 4 transmisores en una sola antena del tipo omnidireccional.

SOLUCION: Por tratarse de un sistema de multiacceso, la contribución de ruido aceptable es de sólo 3000 pWOp (-53 dBOp), ya que éste cuenta con otras fuentes de ruido. Se requiere que la calidad se mantenga durante el 99% del tiempo.

Características del equipo

. Igual al ejemplo anterior

Características de la trayectoria

- Distancia entre estación base y suscriptor: 60 km
- Tipo de terreno: montañoso con obstáculo filo de navaja.
- Altura de la antena de la estación base: 65 m
- Longitud del alimentador: 80 m

El cálculo, se realiza en forma idéntica al de un sistema monocanal. Ver el ejemplo 3.10.1. Como la antena de la estación base está montada sobre una torre de microondas ya existentes tal vez

no sea posible ampliar su altura, así que, otra alternativa será:

- 1) Aumentar la altura de la estructura del lado suscriptor a 70 m
- 2) Utilizar del lado suscriptor un arreglo Yagi de 4 x 5 elementos (lo cual reduce la altura efectiva a 65 m)
- 3) Emplear en ambos extremos cable F5-50

Por lo tanto:

$$hc = 90 - \frac{1}{2} (90 - 85) - 53 - 10$$

$$hc = 24.5$$

$$\frac{hc}{hm} = \frac{24.5}{173} = 0.14$$

por lo que se tiene una atenuación por difracción de + 15 dB

$$A_s = 15 + 6 = 21 \text{ dB}$$

$$A_{ALT} = 1.45 \text{ dB (para 80 m)}$$

$$A_{ALT} = 1.4 \text{ dB (para 75 m)}$$

$$G_T + G_R = -112.5 - (-111.5 - 1.45 - 1.4 - 2 - 21)$$

$$G_T + G_R = 24.85 \text{ dB}$$

- 4) Una alternativa más, si se tiene el equipo disponible, es aumentar la potencia de los transmisores, de esta manera, podremos ya sea, reducir la altura de la antena de suscriptor, reducir el diámetro de los alimentadores o utilizar antenas de 2 x 5 elementos en ambos extremos. En cualquier caso, es necesario hacer una cuidadosa evaluación de los pros y contras de las soluciones disponibles.

Capítulo IV

TIPOS DE SISTEMAS Y SELECCION DE EQUIPOS

4 TIPOS DE SISTEMAS Y SELECCION DE EQUIPO

4.1 TIPOS DE EQUIPOS (PROVEEDORES).

Aún cuando el fundamento de la tecnología de multiacceso es conocida por la gran mayoría de las personas involucradas en telecomunicaciones, cabe mencionar que los recientes avances tecnológicos incluyen el desarrollo de microprocesadores y equipos digitales que han permitido dar mayor versatilidad y flexibilidad a estos equipos, además de lograr con ellos una significativa reducción tanto en costos, como en tiempo de instalación y optimización del uso de frecuencias, con lo cual se puede incrementar el número de abonados fácilmente.

El proyecto integral de telefonía rural mediante éste tipo de sistemas consiste en dotar de servicios telefónicos a la 7,814 poblaciones del PNTR que aún no cuentan con este servicio de comunicación. Para ello, y dado una cobertura promedio de 50 km² de radio, se necesitan aproximadamente 300 sistemas de acceso múltiple para cubrir en forma mayoritaria los dos millones de km² del territorio nacional.

En la actualidad existen diversos fabricantes de que han desarrollado la tecnología requerida para estos sistemas. Entre ellos se puede mencionar: NEC, TELETTRA, THOMPSON, INDETEL, ERICSSON, GENERAL ELECTRIC, HARRIS, RTF, etc.

4.2 EVALUACION TECNICA

La evaluación técnica de los sistemas se realiza mediante la comparación de los equipos que se disponen en el mercado para solucionar el problema de llevar servicio telefónico a las poblaciones rurales.

Durante la evaluación de los equipos de radiotelefonía de multiacceso se analizan diversos parámetros que nos ayudan a determinar la mejor elección

de acuerdo a nuestras necesidades y requerimientos, entre estos podemos con-
templar: El número de canales disponibles basándose en un tráfico esperado, ca-
pacidad del número de radio abonados, potencia de transmisión, sensibilidad del-
receptor, banda de frecuencia de operación opciones de operación confiabilidad,
calidad y otras características que hacen elegible una marca o modelo de un e-
quipo sobre otros.

Todo esto, más la evaluación de especificaciones de equipo con carac-
terísticas propias, nacionales, bandas de frecuencia disponibles, y la homologa-
ción oficial darán como resultado la elección del equipo que mejor se adapte al-
fin que se le destina sin pasar por alto la economía y la tecnología. Es muy -
importante, no olvidar la normalización de organismos internacionales, ya que la
mayoría de las veces se trabaja con equipos importados.

Los requerimientos de energía comercial, grupo electrógeno, rectificac-
res, reguladores y equipos de emergencia (banco de baterías etc) deben ser eva-
luados y elegidos de acuerdo a las circunstancias.

Hay que tener presente que no siempre el equipo más caro es el me-
jor ni el más barato el peor, la misma consideración debe tenerse para calificar
el avance tecnológico del equipo o equipos a elegir. Existe un balance que debe
encontrarse en cuanto a precio, ventajas o desventajas técnicas que implica: El
tiempo de entrega, soporte técnico, facilidad de mantenimiento, modularidad y
facilidad de reparación de tarjetas de campo o laboratorio evitando el empleo de
módulos que se convierten en desechables, equipo de medición y supervisión, ade-
más de la facilidad de capacitación del personal técnico que se encargará del -
mantenimiento preventivo y correctivo.

A continuación se muestran las tablas 17 y 18 en las cuales se realiza
un cuadro comparativo de características técnicas de algunos proveedores, ya que
no fué posible conseguir la información de todos ellos.

Haciendo un análisis de estas tablas, se puede observar que:

- Todos los proveedores a excepción de NEC ofrecen equipos analógicos.
- Todos tienen conexión a nivel de abonado, y tienen la facilidad de aceptar el
uso de aparato telefónico convencional o de teclado.
- Todos tienen la facilidad de tasación.

| PARAMETROS | TELETRA | NEC | THOMPSON | MOTOROLA | ERICSSON | INDETEL |
|---|---------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|--------------------|----------------------------|
| SISTEMA ANALOGICO O DIGITAL | ANALOGICO | DIGITAL | ANALOGICO | ANALOGICO | ANALOGICO | ANALOGICO |
| NUMERO MAXIMO DE ABONADOS | 96 | 128 | 36 | 25 | * | Función de NEC. Trafico |
| NUMERO MAXIMO DE CANALES | 8/16 | 15 Ts+1 Cont. | 8 | 8 | * | 16 |
| CONEXION A NIVEL DE ABONADO | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| CAPACIDAD DE TRAFICO A MANEJAR (Erlangs) | 4.54/11.5 | * | 3.13 | 4.54 | ..* | 11.5 |
| SERIALIZACION | Dentro de banda de servicio FSK | Dentro banda | Identifica cod. decimal | cod. decimal | Dentro banda | Dentro banda servicio FSK |
| USO DE APARATO TELEFONICO CONV/TECLADO | Ambos | Ambos | Ambos | Ambos | Ambos | Ambos |
| FACILIDAD DE TASACION | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| REC. Y ENVIO DE SERALES ACUSTICAS | SI | SI | NO | NO | SI | SI |
| MEDIO DE TRANSMISION ENTRE EL SIST. Y RED | Varios | * | Varios | Varios | NO | Varios |
| SIST. TRANSPARENTE A LA RED PUBLICA | SI | SI | NO | SI | SI | SI |
| RELACION DE CONEXION 1:1 | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| INV. DE POLARIDAD EN LA LINEA DE ABONADO | Posible | SI | * | * | Eq. especial | NO |
| SERIALIZACION DEL SIST POR CANAL DEDICADO | NO | 1 Ts Control | 2000 Hz FSK | NO | SI | NO |
| FACILIDAD DE MANTENIMIENTO | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| FACILIDAD DE CONTROL | SI | SI | * | SI | SI | SI |
| MODULARIDAD | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| BANDA DE FRECUENCIA | 166-174 MHz 200-212 MHz | 800 MHz | 400-470 MHz | 166-174 MHz | 825-890 MHz | 166-174 MHz 220-212 MHz |
| ESPACIAMIENTO ENTRE CANALES | 25 KHz | 25 KHz | 25 KHz | 25 KHz | 25 KHz | 25 KHz |
| TIPO DE OPERACION | Duplex | Duplex | Duplex | Duplex | Duplex | Duplex |
| TIPO DE MODULACION | En fase | En fase | En fase | En frec. | En fase | En frec. |
| DESVIACION EN FRECUENCIA | 5 KHz máx. | 5 KHz máx. | 5 KHz máx | 5 KHz máx. | 5 KHz máx | 5 KHz máx |
| RESPUESTA DE AUDIO | 300 - 3400 Hz | 300 - 3400 Hz | 300 - 3400Hz | 300 - 3400Hz | 300 - 3400Hz | 300 - 3400Hz |
| DISTORSION EN AUDIO | 4.5% | 4.3% | 10% máx 3% nom | ≤ 5% | ≤ 5% | 4.5% |
| RANGO DE TEMPERATURA | -10 a +55°C | 0 a 50 °C | -10 a +50°C | -20 a +55°C | -20 a +60°C | -30 a +60°C |
| RELACION SEÑAL A RUIDO | > 55 dB | > 55 dB | > 55 dB | > 55 dB | > 55 dB | ≥ 40 dBmop |
| IMPEDANCIA DE RF | 50.Ω | 50.Ω | 50.Ω | 50.Ω | 50.Ω | 50.Ω |
| IMPEDANCIA DE BF | 600.Ω | 600.Ω | 600.Ω | 600.Ω | 600.Ω | 600.Ω |
| TIEMPO QUE DURA LA SERIALIZACION COM. | 1 seg máx | 2 seg | 1.7 seg | 1 seg | * | * |
| POTENCIA DE SALIDA EN RF | 2 Watts | 10 Watts | 10 Watts | 1.5 Watts | 10 Watts | 1.5/10 Watts |
| ESTABILIDAD EN FRECUENCIA | ±10 ppm | ± 5x10 ⁻⁶ | ± 5x10 ⁻⁶ | ± 0.001% | ± 10 ppm | 0.001% |
| SELECTIVIDAD | ≥ 70 dB | ≥ 70 dB | ≥ 70 dB | 85 dB | ≥ 70 dB | ≥ 70 dB |
| SENSIBILIDAD | 0.5µV /20 dB SIN. | 3 dBµV | 1µV/20 dB SIN. | 12µV/50 dB SIN | 1µV/20 dB SIN | 1µV/20 dB SIN |
| CONSUMO DE CORRIENTE | Espera 350 mA 2.5 A | 1mA 4.5 A | 800 mA 5 A | 175 mA 4.5 A | 350 mA 4.5 A | 250 mA 3.1 A |
| RESISTENCIA DE BUCLE | 300.Ω | 300.Ω | 300.Ω | 300.Ω | 300.Ω | 300.Ω |
| VOLTAGE DE ALIMENTACION | -24/-48/-60 Vcd | -24/-32/-48Vcc | 13.2 Vcd | 13.6 Vcd | -24/-48/-60Vcd | 13.6 Vcd |
| POTENCIA DE SALIDA EN RF | 2 Watts | 10 Watts | 10 Watts | 1.5 Watts | 10 Watts | 1.5/10 Watts |
| ESTABILIDAD EN FRECUENCIA | ±10 ppm | ± 5x10 ⁻⁵ | ± 5x10 ⁻⁶ | ± 0.001% | ± 10 ppm | 0.001% |
| NIVELES | Entrada Salida | -14.5 dBm + 4.5 dBm | -20 dBm 0 dBm | -13 dBm 0 dBm | -16 dBm +13 dBm | -16 dBm + 8 dBm |
| INTERFAZ HACIA EL RADIO ABONADO | 4 H 600.Ω | 4 H 600.Ω | 4 H 600.Ω | 4 H 600.Ω | 4 H 600.Ω | 4 H 600.Ω |
| INTERFAZ HACIA LA CENTRAL | 2 H 600.Ω | 2 H 600.Ω | * | 2 H 600.Ω | 2 H 600.Ω | 2 H 600.Ω |
| INTERFAZ HACIA EL CONCENTRADOR | 4 H 600.Ω | 4 H 600.Ω | 4 H 600.Ω | 4 H 600.Ω | 4 H 600.Ω | 4 H 600.Ω |
| INTERMODULACION | ≥ 75 dB | * | * | ≥ 75 dB | ≥ 75 dB | * |
| VOLTAGE DE ALIMENTACION | -48 Vcd | -24/-32/-48Vcc | -24/-48/-60Vcc | -24/-60 Vcd | -24/-48/-60Vcd | -24/-48/-60Vcd |
| CONSUMO DE POTENCIA | ≈ 290 Watts | * | * | ≈ 350 Watts | * | * |

* no se conoce el dato

Tabla 17. Cuadro comparativo de especificaciones técnicas de diferentes sistemas de radio telefonía rural

| | PARAMETRO | TELETTRA | NEC | THOMPSON | MOTOROLA | ERICSSON | INDELTEL |
|-----------|--------------------------------------|----------|------|----------|----------|----------|----------|
| OFERTA | DISPONIBILIDAD PARA PRUEBAS DE CAMPO | SI | SI | * | SI | SI | SI |
| | COSTO (dólares/abonado) | 3500 | 4100 | 3970 | 3500 | 4500 | 3860 |
| | SOPORTE TECNICO | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| | CAPACITACION TECNICA | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| PROVEEDOR | EXPERIENCIA EN CAMPO | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| | SITUACION FINANCIERA | SI | SI | SI | SI | SI | ITT |
| | INVESTIGACION | SI | SI | SI | SI | SI | SI |

Tabla 18. Características de la oferta y proveedor

- Pueden emplear diferentes medios de transmisión entre el sistema y la red a excepción de ERICSSON que únicamente emplea el radio análogo como medio de transmisión.
- A excepción de THOMPSON los demás sistemas son transparentes a la red pública.
- Los diseños de estos equipos tienen la flexibilidad de ser modulares, además de proporcionar facilidad en el mantenimiento y control.
- Las bandas de frecuencia de operación entre ellos son: 146-174MHz, 400-512 MHz, es decir pueden emplearse diferentes bandas de frecuencias, dependiendo de las bandas disponibles en el área a enlazar.
- El modo de operación es duplex y tienen un espaciamiento en frecuencia de 5 KHz máximo.
- Las potencias de transmisión pueden ser de 1.5, 2 y 10 Watts dependiendo del tipo de equipo. Este parámetro nos va a permitir tener un mayor o menor alcance de la estación radio base a las estaciones de los radioabonados.
- Un aspecto de suma importancia, es que los fabricantes dan la facilidad de evaluar su equipo en el campo, lo cual es un complemento que nos permite reafirmar la evaluación técnica realizada mediante el uso de un cuadro comparativo como se ha hecho hasta éste momento.
- Los costos oscilan entre 3500 y 8500 dólares por abonado rural
- Además de lo anterior, todos los proveedores dan la facilidad de dar capacitación técnica y soporte técnico en accesorios y refacciones de las unidades que constituyen su sistema.

Para el proyecto desarrollado en este trabajo de Tesis, capítulo VI "Sistema Atlacomulco", el Departamento de Asignación de Frecuencias de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes determinó la banda de frecuencias de 400 MHz. Estas frecuencias pueden consultarse en éste capítulo.

Como se observó en el análisis de los cuadros comparativos, se tiene que los equipos operan en las bandas de frecuencias de:

146 - 174 MHz TELETRRA, MOTOROLA.

400 - 512 MHz TELETRA, THOMPSON, INDETEL.
800 MHz NEC, ERICSSON.

Si analizamos más detenidamente los parámetros de los equipos que operan en la banda de frecuencia establecida por la SCT, notamos que los tres equipos (TELETRA, THOMPSON E INDETEL) tienen casi las mismas características con diferencias muy pequeñas, entre las cuales podemos mencionar.

La diferencia más grande entre ellos es el nivel de potencia a la salida de la antena en este caso, el equipo THOMPSON transmite a una potencia de 10 Watts. INDETEL tiene la modalidad de transmitir a un nivel de 1 ó 10 Watts (de acuerdo a las necesidades) y TELETRA a 2 Watts. La variación de los diferentes niveles de potencia nos va a determinar la distancia máxima de alcance de la estación radio base a la estación radio suscriptor. Para el caso del sistema Atlacomulco, como las poblaciones a comunicar se encuentran a una distancia comprendida entre 7.5 y 23.5 km de línea de vista, es suficiente una potencia de 1 Watt. El espaciamiento entre canales para estos equipos es de 25 KHz

TELETRA y THOMPSON tiene una relación señal a ruido mayor que 55 dB mientras INDETEL tiene un valor mayor o igual a -40 dBmOp (50 dB).

El receptor TELETRA es más sensible que los otros equipos, el primero nos da un valor de 0.5 V a 20 dB SINAD, mientras que los otros nos da un valor de 1 V para los mismos 20 dB SINAD.

La distorsión de audio del equipo INDETEL y TELETRA es menor o igual a 5% mientras que en el THOMPSON éste parámetro varía de 3 a 10%.

El equipo THOMPSON no es transparente a la red pública y no tiene reconocimiento y envía de señales acústicas.

En el aspecto económico, el costo de los equipos son:

| | | |
|----------|-------------|------------------------|
| TELETRA | \$ 3,500.00 | dólares/abonado rural. |
| THOMPSON | \$ 5,970.00 | dólares/abonado rural. |
| INDETEL | \$ 3,860.00 | dólares/abonado rural. |

Por las características mencionadas anteriormente, se puede concluir que el equipo TELETRA es el que tiene más ventajas técnicas y económicas so

bre los equipos THOMPSON e INDETEL. motivo por el cual para el cálculo de los radioenlaces del "Sistema Atlacomulco" (capítulo VI) se aplican los parámetros de este equipo. En el capítulo siguiente se describe la operación de este equipo.

Capitulo V

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RADIO DE ACCESO MULTIPLE, TELETTRA

5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RADIO DE ACCESO MULTIPLE, TELETTRA.

5.1 GENERALIDADES

El sistema MAR 801 (1604) de Telettra, ha sido concebido y desarrollado como resultado de una importante experiencia en la explotación de redes telefónicas rurales, obteniéndose flexibilidad y modularidad y grandes ventajas económicas en éstas áreas rurales con distribución de abonados dispersos. Por otro lado, la adopción de nuevas técnicas y de la tecnología más actual ha conducido a la realización de equipos altamente fiables y de bajo consumo, habiéndose dotado también al sistema de grandes facilidades de operación supervisión y mantenimiento.

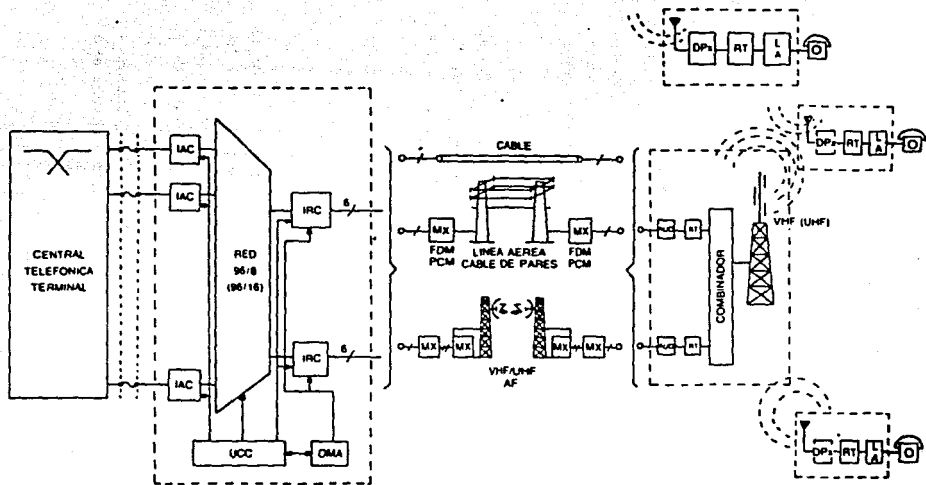
El sistema desarrollado para una capacidad máxima de 96 abonados y 8 canales de radio en la banda VHF (MAR-801) ó 16 canales radio en la banda UHF (MAR-1604) puede ser subequipado dada la configuración modular, siendo conveniente desde configuraciones muchas más reducidas. Permite una sencilla conexión a los más diversos sistemas de conmutación telefónica.

Este sistema, está constituido por tres unidades básicas. (Ver figura 5.1.a).

- Equipo concentrador
- Estación radio base
- Equipo radio abonado

En una configuración típica (figura 5.1.b.1) el equipo concentrador se sitúa en la central de conmutación, la estación radio base en un punto de óptima cobertura radioeléctrica, frecuentemente en estaciones repetidoras de sistemas microondas y los equipos radio de abonado están dispersos a distancias entre 10 y 60 km de la estación radio base.

Son posibles otras configuraciones (figura 5.1.b.2 y 5.1.b.3) dependiendo de la orografía del área de situación de los abonados, disponibilidad de edificios, medios de transmisión, etc.



IAC INTERFAZ ABONADO CENTRAL
 IRC INTERFAZ RADIO CANAL
 UCC UNIDAD DE CONTROL CENTRAL
 OMA UNIDAD DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
 MX EQUIPO MULTIPLEX
 FDM MULTIPLEX POR DIVISION DE FRECUENCIA
 PCM MODULACION DE PULSOS CODIFICADOS

SISTEMA DE TRANSMISION
 EQUIPO RADIO BASE
 EQUIPOS RADIO ABONADO

AUD AUDIOFRECUENCIA
 RT RECEPTOR-TRANSMISOR
 DPx DUPLÉXOR
 LA ALIMENTACION
 VHF MUY ALTA FRECUENCIA
 UHF ULTRA ALTA FRECUENCIA
 AF ALTA FRECUENCIA

Fig. 5.1. - Estructura general del sistema de multiacceso radiotelefónico MAR, Telettra

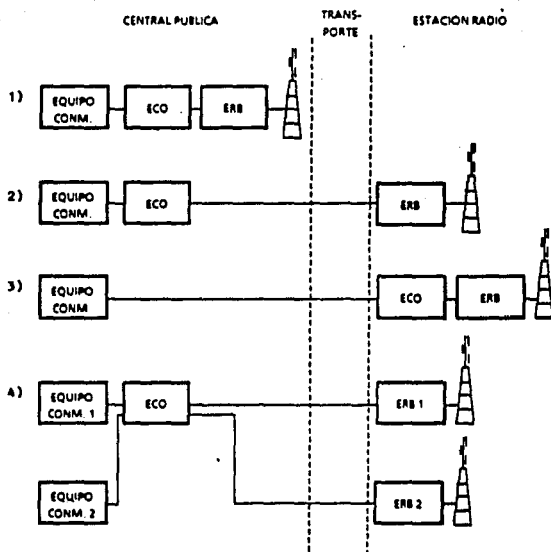


Fig. 5.1.b Opciones de conexión Central - ECO - ERB

También se puede estructurar el sistema MAR desdoblado en 2 sub - sistemas de 48 abonados y 4 canales VHF ó de 48 abonados y 8 canales UHF co nectados a una o dos centrales terminales y cuyas respectivas radio bases se si tuan en puntos diferentes (figura 5.1.b.4).

El medio de transmisión entre el concentrador y la radio base es ajeno al sistema, pudiendo utilizarse cualquier equipamiento AF a 6 hilos con señalización E/M (radioenfase, coaxial, MIC, etc.) o conexión directa por cable.

Otras unidades que complementan al sistema para simplificar las tareas de instalación, operación y mantenimiento son:

- Unidad de control RB
- Unidad portátil de mantenimiento

El sistema MAR se caracteriza por un elevado nivel de facilidades de servicio, entre las cuales se pueden destacar:

- Bucle de 1200 Ω desde el equipo radio de abonado hasta el aparato de abonado.
- Transmisión de señales de cómputo, que permite la instalación de teléfonos-monederos, indicadores de tasa o contadores de domicilio de abonado como equipos terminales. No se libera el canal radio hasta finalizar la transmisión del cómputo.
- Secrafonía por inversión de banda, para evitar escuchas de la conversación en el trayecto radio.
- Envío de tono de congestión hacia ambos lados cuando no existen radiocanales disponibles. Este tono se puede enviar sin producir tasación al abonado-llamante (ring-tripping).
- Liberación del radiocanal por cuelgue, tanto del abonado rural como del conectado a través de la central.
- Grandes facilidades de operación y mantenimiento incorporando métodos de autodiagnóstico y posibilidad de mantenimiento local y remoto.
- Reducción de repuestos radio, por uso de sintetizador en los módulos RT.
- Consumo de energía reducido en equipos de abonado con incorporación de economizador, siendo posible su alimentación por paneles solares.
- Abonado preferente con canal dedicado (máximo 2 abonados)
- Limitación de máxima duración de llamada (opcional).
- Transparencia de los servicios de abonado, limitada por la banda del canal telefónico.
- Posibilidad de desdoblamiento del sistema en dos multiaccesos 48/4 ó 48/8 - con zona de cobertura de radio distinto (Ver figura 5.1.b.4).
- Reducida ocupación en planta de los equipos.

5.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

El sistema MAR basa su funcionamiento en el uso de una unidad de control centralizada situada en el equipo concentrador. Cada uno de los equipos de abonado dispone también de su propia unidad de control, que no obstante, actúa subordinada a la del concentrador.

La coordinación entre las unidades de control de los equipos de abonado y la unidad central de control del concentrador se establece por medio de un diálogo a través de los canales de radio, utilizando el sistema de señalización entre unidades que más adelante se explica.

5.2.1 SISTEMA DE ASIGNACION DE CANAL

Cada uno de los transeceptores de la estación Radio Base transmite y recibe en un par de frecuencias fijas, es decir, corresponde a un radiocanal. El equipo de abonado, por el contrario, es capaz de sintonizar cualquiera de los radiocanales equipados con un máximo de 3(16).

Existe en el sistema MAR un mecanismo para asegurar que cuando se produce una llamada por un canal, el abonado correspondiente está sintonizado al radiocanal adecuado, pudiendo por tanto completar la llamada.

Del mismo modo debe poder garantizarse que las solicitudes de llamada generadas por los abonados distantes se realicen por canal adecuado para que sean detectadas y no pertuben el resto de las llamadas en curso.

En el sistema MAR, uno de los canales libres este marcado permanentemente como canal disponible. Para ello se emite desde la Radio Base por este canal un tono de frecuencia determinada. Los equipos de abonados no ocupados exploran continuamente todos los canales hasta encontrar el marcado con este tono de disponibilidad, permaneciendo sintonizados a dicho canal hasta que el tono desaparece.

Cualquier llamada originada desde uno u otro extremo, se efectúa a través del canal disponible que quedará ocupado hasta el final de la conversación. El control central designa un nuevo canal como disponible cuando se ocupa

el anterior; cada vez que se produce un cambio en la disponibilidad, los equipos de abonado libres inician un nuevo ciclo de búsqueda hasta quedar sintonizados - en el nuevo canal disponible.

5.2.2. SISTEMA DE SEÑALIZACION INTERNA

El diálogo de información entre el equipo concentrador y los equipos de abonado es realizado mediante dos sistemas de señalización:

- señalización de servicio. Con un canal FSK dentro de una banda a 200 - bauds por el que se envía de forma asíncrona palabras con 1 bit de arran_ que, 8 bits de datos, 1 bit de paridad par y 2 bits de parada. Este ca_ - nal se utiliza para el intercambio de información previo al establecimiento de una llamada, de señales de supervisión y mantenimiento (batería baja, - corriente de llamada) y para la secuencia de pruebas. Uno de los tonos - se utiliza también como tono de disponibilidad.

Las señales corresponden al canal 2 de la norma V21 del CCITT: f_1 (estado "1")=1650Hz; f_2 (estado "0")=1850Hz. Los mensajes enviados en una dirección implica la respuesta de otro en dirección contraria. El formato de - las palabras se representa en la figura 5.2.2. la segunda de este diálogo - evita las falsas formas. La utilización de un número de identificación del sistema evita que un sobre alcance eventual pueda producir una toma en - otro sistema que reutilice los sistemas de las mismas frecuencias.

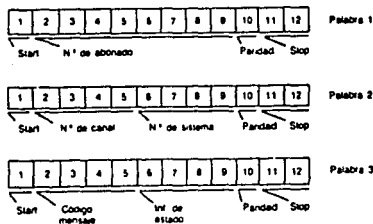


Fig. 5.2.2 Señalización FSK. Formato de mensaje

- **señalización telefónica.** Con una señal fuera de banda (3825 Hz) en el trayecto radio entre la radio base y el equipo de abonado, que se corresponde con la señalización E/M en el trayecto concentrador/radio base. Esta vía de señalizaciones utilizada para la supervisión de la comunicación y también para transmitir los impulsos de selección del disco de abonado en un sentido y los impulsos de tarificación hacia el contador de abonado en un sentido contrario.

5.2.3 SECUENCIA DE LLAMADA

En las figuras 5.2.3.a y 5.2.3.b se representa en forma simplificada el intercambio de información entre los distintos elementos del sistema para una llamada originada y una llamada terminada en el mismo respectivamente.

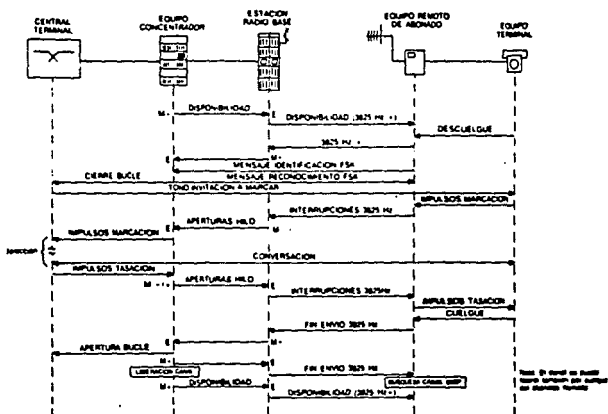


Fig. 5.2.3.a Sistema MAR. Secuencia de llamada originada

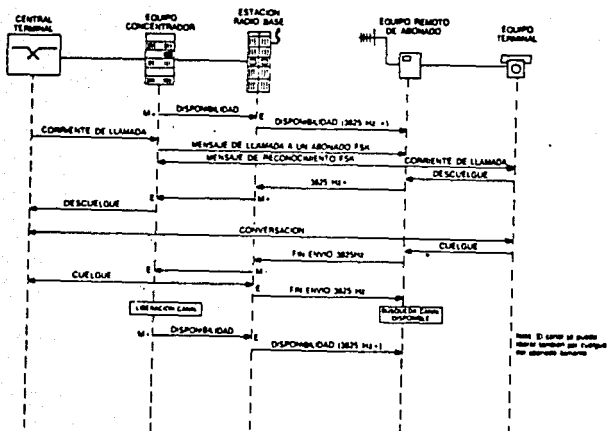


Fig. 5.2.3.b Sistema MAR. Secuencia de llamada terminada

Estos esquemas corresponden a una secuencia normal de operación, sin considerar posibles intentos simultáneos de llamadas desde ambos extremos o por varios abonados, o terminaciones prematuras en el proceso de conexión. No obstante, si durante dicho proceso el control detecta una anomalía funcional en cualquiera de los órganos involucrados, marca el órgano como defectuoso, pero intenta proseguir la llamada, evitando así un bloqueo de los elementos del sistema.

En un proceso normal de llamada originada por el abonado remoto, se parte de una situación de reposo en la que el receptor está sintonizado al canal con tono de disponibilidad. Cuando el abonado descuelga, esta señal se transmite a la radio base mediante el tono de 3825 Hz y al concentrador activando su hilo E; a continuación se establece un diálogo en FSK entre las unidades de control del equipo de abonado y el concentrador, hasta que se establece conexión. La central envía entonces tono de invitación a marcar al abonado -

esté marca las cifras, que en caso de ser en forma decádica se prolongan hacia la central mediante el tono de 3825 Hz y el hilo E, y comienza la fase de conversación durante al cual, eventualmente, el concentrador envía hacia el equipo de abonado mediante el hilo M y la señal de 3825 Hz Los impulsos de tasación que recibe de la central. La fase de conversación finaliza por cuelgue de uno de los abonados, situación que se transmite mediante la señal fuera de banda. Se libera el canal ocupado y el equipo de abonado inicia la búsqueda de un nuevo canal con tono de disponibilidad. Ante la ausencia de canal disponibles se genera localmente el tono de congestión.

En la llamada terminada la secuencia es muy similar, con la única diferencia de que ahora el proceso es iniciado desde el concentrador, enviando una señal de identificación a través del canal de disponibilidad, que es detectada por todos los RA libres. Solo uno de ellos, el llamado, contestará con un mensaje de reconocimiento. El resto de los equipos de abonado abandonará este canal e iniciará la búsqueda de un nuevo canal disponible. Como en la llamada originada, si no existe canal disponible o el abonado remoto está fuera de servicio, se envía tono de congestión al abonado llamante sin desencadenar tarificación.

5.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA MAR

Como ya se ha indicado, el sistema MAR está compuesto por tres subsistemas:

- Equipo concentrador
- Estación radio base
- Equipo radio de abonado

5.3.1 EQUIPO CONCENTRADOR

El equipo concentrador permite la conexión de 96 líneas de abonado a 8 radiocanales en el sistema MAR 801 y 96 líneas de abonado a 16 radiocanales en el sistema MAR 1604 como máximo.

El sistema es modular y puede ser ampliado en grupos de 8 líneas de abonado y canal por canal (MAR 801) o en grupos de dos canales (MAR 1604).

Básicamente, el equipo reproduce hacia la central telefónica pública a la que está conectado, las mismas condiciones que una línea de abonado convencional, siendo compatible con cualquier sistema de conmutación.

Hacia la estación radio-base, realiza la conversión de 2H a 4H, genera la señalización telefónica (E,M) asociada a cada canal y genera así mismo la señalización de servicio (FSK). Las funciones básicas del equipo concentrador son las siguientes:

- Adaptación a las líneas de la central de conmutación
- Concentración/Expansión entre abonados y canales
- Adaptación al medio de transporte hacia la estación radio base (RB)
- Control central (Señalización, control, supervisión de llamada)
- Gestión de la operación, mantenimiento y diálogo hombre-máquina del sistema.

Para realizar estas funciones se ha dividido al ECO en las siguientes unidades funcionales.

- Interfaz Abonado-Central (IAC)
- Interfaz Radio-Canal (IRC)
- Unidad de Control Central (UCC) con:
 - . Unidad Central de Proceso (UCPR)
 - . Unidad de Memoria de Programa (MEPRO)
- Unidad de Operación de Mantenimiento
- Alimentación.

La figura 5.3.1 muestra el diagrama a bloques correspondientes al ECO 96/16. El del ECO 96/8 sólo difiere en que cada unidad IRC incluye la interfaz de un canal en vez de dos y en que sólo equipa dos unidades de transporte (cada una atiende a cuatro canales)

La unidad de Control Central (UCC) gobierna al equipo concentrador y realiza todas las funciones lógicas y de control del sistema. Se interconecta con los otros grupos que son considerados como periféricos mediante repetidores potenciados de bus (RBUS IAC, RBUS IRC).

Las unidades funcionales IAC e IRC se interconectan con la central a nivel línea de abonado y con el medio de transporte a nivel canal, respectivamente.

La interfaz hombre-máquina y las funciones de operación y mantenimiento del sistema se sitúan en la unidad OMA.

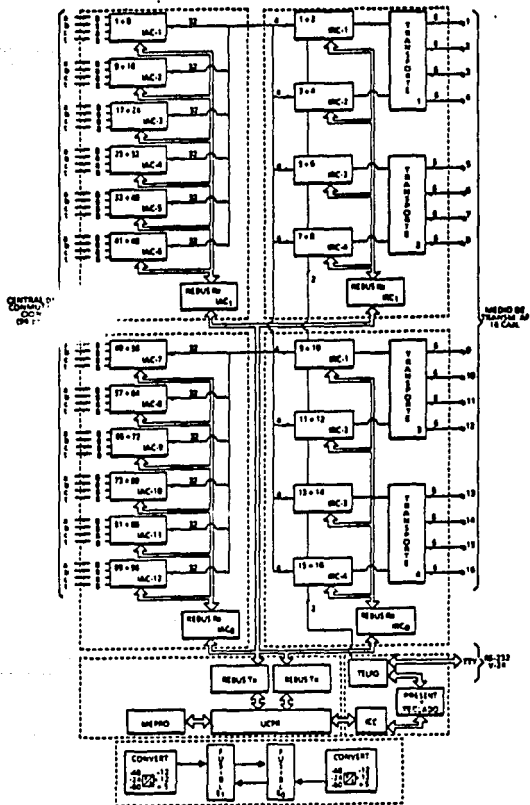


Fig. 5.3.1 Diagrama a bloques del equipo concentrador (ECO 96/16)

5.3.1.1 UNIDAD DE CONTROL CENTRAL

El control del equipo concentrador está basado en un microprocesador y en la circuitería asociada requerida para su utilización más efectiva en el equipo.

Las funciones de control más importantes son las siguientes:

- Exploración de eventos de entrada (telefónicos y de servicio)
- Actuación de periféricos de salida (repetición de impulsos de marcación, inyección de tonos, marcación de la red de conmutación)
- Generación de tonos y temporizaciones
- Diálogo a través de UART y modem con el Equipo Radio Abonado (RA)
- Establecimiento y supervisión de llamada
- Control de la operación, mantenimiento e interfaz hombre-máquina del sistema (situado en el módulo OMA).

Se pueden distinguir los siguientes bloques funcionales:

- Procesamiento Central
- Memorias
- Tratamiento de buses

El Procesamiento Central incluye el microprocesador, las circuitería de interrupciones, la retención de bus, el reset, el watch dog timer y las temporizaciones generales.

El bloque de memorias incluye la memoria de datos, la memoria de programa y la memoria de periféricos, puesto que estos han sido considerados como memory mapped.

5.3.1.2 INTERFACES ABONADOS-CENTRAL Y RADIOCANAL

En esta sección se contempla el tratamiento de la señal fónica (interface con la central de conmutación, matriz de conexión, canal 4H lado radiocanal y su interface al medio de transporte) y la señalización tanto telefónica (hilos E y M, corriente de llamada, cómputo, marcación...) como de servicio del sistema (señalización FSK).

Se distinguen dos grandes bloques con el objeto de facilitar el análisis:

- Proceso del canal vocal
- Interfaces de señalización

Dentro del proceso del canal vocal está comprendido todo el camino fónico desde el par de fonía de la central de conmutación, hasta la interface a cuatro hilos con el medio de transporte, pasando por la interface de línea a 2H matriz de conexión, paso de 2 a 4H, tratamiento 4H y adaptación de niveles - lado central y lado medio de transporte.

Las interfaces de señalización tratan las señales de captura y cómputo de la central de conmutación, corriente de llamada, marcación y cierre de bucle, y de otra parte, la señalización E y M y la señalización FSK.

Este procesamiento es realizado por las siguientes unidades funcionales:

- Seccionador 2H lado línea
- Interface de línea y aislamiento galvánico
- Matriz de conexión y circuitos de marcaje
- Punto de medida desacoplado y relé de inserción OMA
- Paso de 2H a 4H
- Atenuadores programables y seccionadores 4H
- Amplificador limitador
- Secráfono (inversión de banda)
- Circuitos de tratamiento 4H y aislamiento galvánico
- Seccionadores 4H y atenuadores programables.

El establecimiento de diálogo con la central de conmutación, y por otra parte, con el resto del sistema, lo efectúa el equipo concentrador a través de los siguientes órganos de señalización:

- Detector de corriente de llamada
- Detector de captura (hilo t, inversión de polaridad)
- Detector de cómputo (hilo c, detector de 12/16KHz/50Hz)
- Cierre de bucle y marcación decádica
- Descuelgue sin cómputo y envío de tono de congestión
- Circuito de señalización E y M
- Modem para señalización FSK de servicio

El sistema es transparente a señalizaciones en banda fónica una vez establecida la conexión.

- Invitación a marcar

- Tono de llamada
- Tonos de ocupado y congestión
- Marcación multifrecuencia.

por lo cual no es necesaria su detención o tratamiento.

5.3.2 ESTACION RADIO BASE

La estación radio base del sistema MAR permite enlazar vía radio los diferentes abonados al equipo concentrador. Incluye tranceptores, combinados de transmisores y multiacoplador de receptores, alimentación, antenas, etc.

Para obtener las máximas flexibilidad y modularidad y las mínimas unidades de repuesto, se dispone una unidad básica, con una capacidad máxima de 4 radiocanales, completamente autónoma. Esta es la unidad RB-41 en VHF, RB-44 en UHF cuyo diagrama de bloques se muestra en la figura 5.3.2.

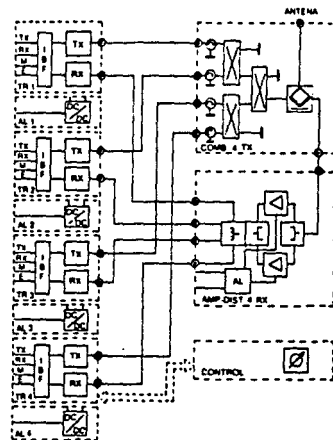


Fig. 5.3.2 Diagrama de bloques de la unidad radio base (RB 41/44)

En la máxima configuración está constituido por:

- 4 trancceptores idénticos de 15 W
- 1 combinador híbrido para 4 Tx
- 1 amplificador-distribuidor para 4 Rx
- 4 alimentadores
- 1 unidad de control y mantenimiento

Una estación radio base completa para 8 canales VHF max. (MAR-801) está constituida por dos bastidores "slim" RB-41 y para 16 canales UHF (MAR-1604) por cuatro bastidores RB-44.

En esta versión básica, cada grupo de 4 radiocanales se conecta a una antena para Tx - Rx. Es importante mencionar que con objeto de reducir la cantidad y el coste de los repuestos en la normalmente desatendida estación-radio base los trancceptores (8 en VHF o 16 en UHF) son idénticos entre sí e intercambiables; se fija programando el sintetizador (Tx - Rx) mediante el cableado del bastidor.

5.3.2.1 MODULO TRANCEPTOR

El diagrama a bloques se muestra en la figura 5.3.2.1. El transmisor es del tipo de modulación directa, en el que un oscilador controlado por tensión (VCO), está sincronizado en fase a un sintetizador controlado por un oscilador de cuarzo de alta estabilidad.

Las frecuencias programadas para su operación se seleccionan por medio de una matriz de diodos (VHF) o por memoria EPROM (UHF). La frecuencia de operación exacta se fija estando posicionado en el bastidor.

La cadena de amplificación que sigue al modulador VCO está compuesta por 2 unidades de 1 y 20 W en clase C, con filtros paso banda entre etapas. Todos los circuitos son del tipo banda ancha y están realizados con tecnología microstrip con componentes concentrados y distribuidos.

EL receptor es un superheterodino de doble conversión con las FI de 21.4 y 0.455 MHz.

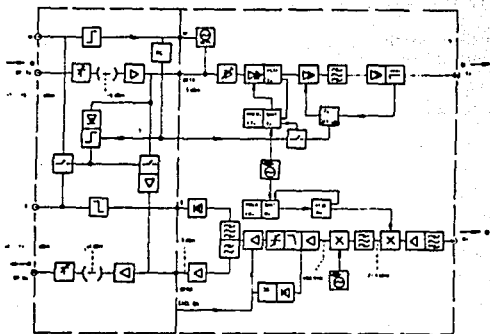


Fig. 5.3.2.1 Diagrama a bloques del transceptor 15W (RB)

El oscilador local en Rx es del tipo sintetizador e independiente del transmisor.

El preamplificador de bajo ruido y el mezclador se han realizado mediante un circuito MOS-FET de doble puerta para garantizar unas buenas características de intermodulación y bloqueo.

El filtro F1 es un cuarzo de 8 polos, garantizando la selectividad necesaria para una canalización a 25 KHz.

La elaboración de la señal de F1 (amplificación, limitación y demodulación) se realiza por medio de un circuito integrado.

El ancho de banda de los circuitos RF garantiza la operación de hasta 32 canales en VHF (0.8 MHz) y 64 en UHF (1.6 MHz) sin reajustes, excepto la eventual programación a nivel digital, tanto en recepción como en transmisión, siendo posible elegir a voluntad la distancia Tx - Rx, gracias al uso de sintetizadores independientes. Que son una gran ayuda para la planificación de frecuencias, con espectros habitualmente saturados.

La unidad de interfaz de baja frecuencia, conectada directamente al módulo radio adopta la señal vocal a 4H (Tx y Rx) y elabora la señalización fuera de banda (3825 Hz E/M) para la conexión con el equipo concentrador.

Esta unidad también proporciona algunas señales correspondientes a la operación normal (potencia Tx, campo Rx, etc.) y condiciones de alarma que se muestran por medio de LED's y a través del conector de pruebas situado en el frontal.

5.3.2.2. COMBINADOR HIBRIDO PARA 4 Tx

Esta unidad, permite el acoplamiento de 4 transmisores a una antena y proporciona una salida para la conexión, a través del Amplificador-Distribuidor o los cuatro receptores. Este módulo está equipado con un aislador por entrada seguida por un grupo de tres híbridas fabricado en tecnología microstrip en teflón/línea de vidrio y un duplexor realizado con dos filtros paso banda acoplados por cable coaxial fácilmente sintonizable para 32 y 64 canales (0.8 y 16 MHz) - en VHF-UHF.

5.3.2.3 DISTRIBUIDOR-AMPLIFICADOR PARA 4 Rx

Permite el acoplamiento de la señal en recepción proveniente de la antena hacia el duplexor situado en el combinador para los cuatro receptores.

Utiliza divisores de potencia pasivos en las entradas y salidas y dos amplificadores de bajo ruido conectados en paralelo para aumentar la disponibilidad del sistema (de 4 radiocanales) sin comprometer la figura de ruido. En caso de avería de uno de ellos, el módulo tiene un indicador luminoso LED en el frontal, operando el sistema aún con una pérdida de sensibilidad y siendo posible sustituir fácilmente (con el sistema en servicio) el amplificador dañado. Este sistema de combinación en Tx y amplificación-distribución en Rx permite obtener la misma calidad en ambas direcciones (estación radio base-abonado y vice

versa.)

5.3.2.4 ALIMENTACION CA/CC Y CC/CC

Esta unidad, diseñada para CA y batería (-48v) permite que cada trancceptor sea alimentado autónomamente.

Suministra los + 12.5 V requeridos por el trancceptor estabilizados frente a variaciones de línea y carga. En la unidad CC/CC se emplea conmutación de alta frecuencia para obtener un buen rendimiento en un pequeño volumen.

Las entradas y salidas están protegidas contra corto circuitos y sobretensiones. La protección de sobrecarga retorna a la operación normal cuando la condición de cortocircuito desaparece.

La unidad proporciona información visual y señales de telealarma para indicar el funcionamiento correcto o el de fallo.

5.3.3. EQUIPO RADIO DE ABONADO

El equipo radio abonado se sitúa normalmente cerca del teléfono del abonado rural y permite, conectado a una simple antena Yagi, establecer el enlace radio con la estación radio base y por tanto con el equipo concentrador y la central de conmutación telefónica.

El equipo radio de abonado (RA - 21 en VHF, RA - 24 en UHF), está constituido por los siguientes módulos:

- Módulo trancceptor de 2W
- Módulo de control/BF (μ P)
- Unidad de alimentación
- Contenedor de interior o exterior
- Batería

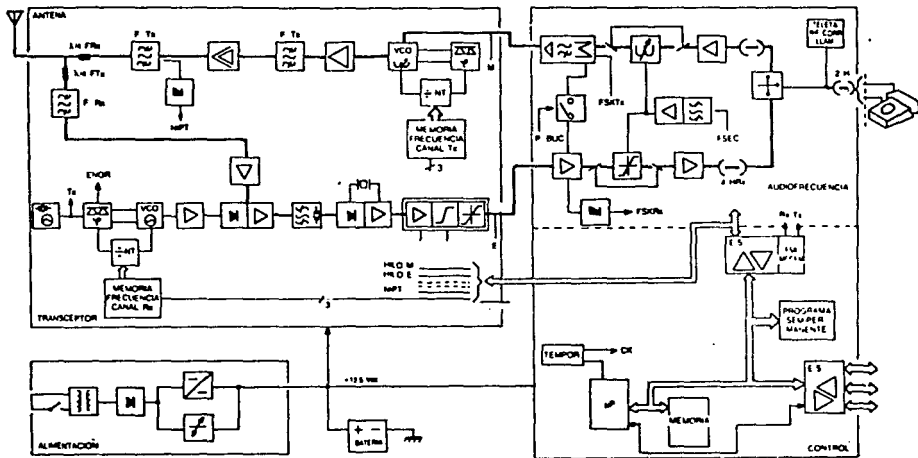


Fig. 5.3.3 Diagrama a bloques del equipo radio abonado (RA)

Para completar la instalación se debe incluir el montaje de la antena e infraestructura (mástil, cables, tierra, etc) y el panel solar. En la figura 5.3.3. se representa el diagrama de bloques del equipo radio de abonado.

5.3.3.1 MODULO TRANCEPTOR

Incluye todos los elementos de un transmisor/receptor para operaciones duplex en VHF y UHF con la posibilidad de funcionar en cualquiera de los 8 (ó 16) canales controlado por la unidad microprocesada situada en el módulo de control BF.

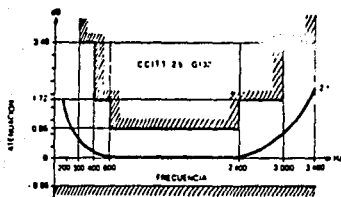
Es idéntico al descrito en la estación radio base excepto en su inferior potencia de salida y en la inclusión en este caso de un filtro duplexor Tx - Rx.

Es del tipo de modulación directa en Tx. Tiene un sintetizador controlado por un oscilador local independiente en Rx y Tx.

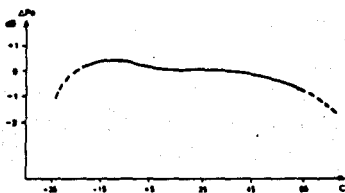
Los circuitos RF son de banda ancha e incluye un filtro duplexor que cubre los 32 o 64 canales necesarios (8 ó 16 MHz).

La filosofía adoptada en el diseño permite una importante reducción en el número de repuestos por no existir cristales de cuarzo y por utilizar la propagación digital aplicada a los números de abonado y sistema (hasta un máximo de 1336 códigos de abonado diferentes), el filtro duplexor de banda ancha y la posibilidad de canalización consecutiva. Todo ello, junto con la no necesidad de reajustar ningún circuito RF reduce drásticamente el coste global del proyecto y de su mantenimiento, principalmente en zonas rurales de alta densidad.

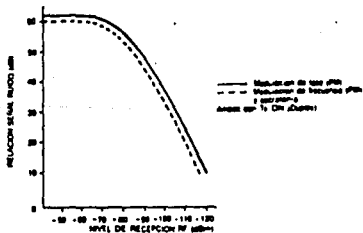
Las elevadas prestaciones eléctricas (Ver figura 5.3.3.1) obtenidas en el Tx y en el Rx posibilitan la elección de una versión básica con una potencia de salida de 2W, que se considera suficiente con la mayor parte de las situaciones, incluido su uso con la modulación de frecuencia requerida cuando se utiliza con inversión de banda. Esto permite reducir el consumo de potencia, incluso más considerándolo el uso del economizador o muy pocos vatios.



a) Respuesta audio (Bucle RF)



b) Variaciones de la potencia de salida del transmisor con la temperatura



c) Relacion Señal/Ruido

Fig. 5.3.3.1 Características eléctricas del transceptor del radio abonado.

5.3.3.2 MODULO DE CONTROL BF

Realiza todas las funciones relacionadas con el interfaz de líneas de abonado a 2 hilos, el interfaz con el módulo radio a 4 hilos y controla todas las funciones del proceso telefónico junto con los trabajos de diagnóstico.

Está constituido por dos unidades bien diferenciadas por su función, - su tipo y su diferente tecnología:

- Unidad interfaz de abonado
- Unidad de control RA

Las principales funciones realizadas por la unidad de abonado son:

- Generación y detección de corriente de llamada
- Puente de alimentación del bucle de abonado
- Generación de señales de teletarifación (12/16 KHz)
- Conversión 2H-4H por circuito híbrido
- Proceso de señal vocal (amplificación, limitación, filtraje, etc)
- Inversión de banda
- Intercambio de señalización FSK
- Bucle cerrado Tx - Rx para diagnóstico remota
- Inserción de tono de congestión

La unidad de control RA utilizando tecnología altamente integrada, e incluyendo un μ P de bajo consumo, efectúa las siguientes funciones principales:

- Memorias RAM y EPROM
- Circuitería de temporizaciones
- Interfaces de entrada/salida para diálogo con el μ P y con los siguientes periféricos:
 - . Módulo radio
 - . Unidad BF
 - . Unidad portátil de mantenimiento UPM/R con conector especial de pruebas
 - . Microinterruptores para la programación de números de abonado y sistema.

Ambas unidades se interconectan mecánica y eléctricamente para formar una unidad compacta de fácil accesibilidad y mantenimiento.

5.3.3.3. ALIMENTACION

Permite adoptar la fuente de energía primaria CA o CC a los requere-

rimientos de los equipos.

Las entradas y salidas de la alimentación están protegidas frente a cortocircuitos y sobretensiones. Se envía automáticamente una teleseñal de batería baja para mantenimiento preventivo. Otros circuitos especiales previenen las descargas a fondo de la batería desconectándola de los circuitos.

5.3.4 ESTRUCTURA DE PROGRAMACION:

En el sistema MAR, se ha dado un énfasis especial al diseño de programación, tanto en su capacidad funcional actual, como en la posibilidad de incorporar nuevas facilidades durante su ciclo de vida.

Las líneas maestras en el diseño han sido:

- Uso generalizado, a cualquier nivel, de técnicas de programación estructuradas
- Creación de un lenguaje tipo macroensamblador para simplificar la codificación lógica y la estructura de datos entre ellos son asíncronos.
- La captura de alarmas, introducidas desde el teletipo o desde la consola de operador, se realiza por medio de interrupciones. Un reloj de 2ms interrumpe para explorar las variables de entrada.

Las operaciones efectuadas por el software del MAR se pueden clasificar como:

a) Procesamiento de llamada, afectando:
en el ECO.

- Señalización ECO-RA y ECO-Central Pública
- Activación-desactivación de los puntos de cruce de la red de conmutación
- Búsqueda y asignación de un canal de acceso para una llamada entrante
- Supervisión continua de toda la actividad de conmutación.

En el RA;

- Señalización RA-ECO y búsqueda de un canal de acceso, con posibilidad de reintento
- Detección de impulsos de marcación
- Generación de la señalización de línea de abonado
- Operación en modo económico para ahorrar batería

— Generación de teletarifación.

- b) La operación del sistema, que se realiza mediante un lenguaje hombre-máquina específico.

Con él, un operador puede probar todos los equipos y unidades del sistema, estableciendo bucles en ECO, ECO-RB y ECO-RA para medidas y pruebas en bucle cerrado, conocer datos de tráfico y recibir informes diagnósticos, siendo una potente ayuda en las fases de instalación y explotación.

- c) Mantenimiento preventivo y correctivo:

En el primer caso, los sistemas ECO, RB y RA son probados automáticamente para detectar fallos latentes. Una vez detectados, el sistema informa en la consola local o envía mensajes a un teletipo remoto para que el operador realice las acciones adecuadas.

5.4. SISTEMA RADIANTE

Las antenas a utilizar responden a distintos requerimientos en cada caso particular.

Para el equipo de abonado se utilizan normalmente antenas direccionales apuntando a la ubicación de la estación radio base, mientras que en esta última será preciso un diagrama de radiación capaz de cubrir toda la distribución geográfica de los abonados; normalmente se utilizarán antenas omnidireccionales.

5.4.1 ANTENAS PARA EQUIPO DE ABONADO

Para el equipo de abonado se requieren antenas robustas de fácil instalación y con unas dimensiones moderadas. En las bandas de funcionamiento del sistema se utilizan normalmente antenas Yagi, con ganancias entre los 6 y 16 dB, aunque, especialmente en la banda de UHF, es posible emplear configuraciones más complejas.

5.4.2 ANTENAS PARA LA ESTACION RADIO BASE

Salvo en algunos casos en que la estación radio base se encuentra lateralmente con respecto al área a servir, se requiere un diagrama de radiación omnidireccional. Las antenas más utilizadas son de tipo dipolo, transcoaxial o colineales con ganancia entre 2 y 6 dB. La directividad puede ser mejorada mediante alineamientos de varios elementos en un eje vertical, consiguiéndose valores del orden de hasta unos 10 dB.

En casos en los que no es posible colocar las antenas en la parte superior de la torre, se pueden combinar varios elementos, normalmente dos o tres, de tipo omnidireccional o direccional, dispuestos en un mismo plano horizontal en torno a la estructura de la torre para conseguir un diagrama adecuadamente omnidireccional. En estos casos, la propia estructura de la torre puede tener una influencia importante en el diagrama, requiriendo cada caso un estudio particular.

5.4.3 CABLE DE ANTENA

El cable de antena, tanto en la radio base como en el equipo de abonado, se procurará que sea lo más corto posible.

Se utilizará cable coaxial de 50Ω de impedancia características. Los conectores de antena tanto en la radio base como en el equipo de abonado, son tipo N.

5.5. CARACTERISTICAS TECNICAS

En la figura 5.5.a, 5.5.b y 5.5.c, se muestra en un diagrama a bloques los niveles de operación de cada uno de los equipos que constituyen el sistema de radio de acceso múltiple, así como también en la tabla 19 se muestra un resumen de las características técnicas del mismo.

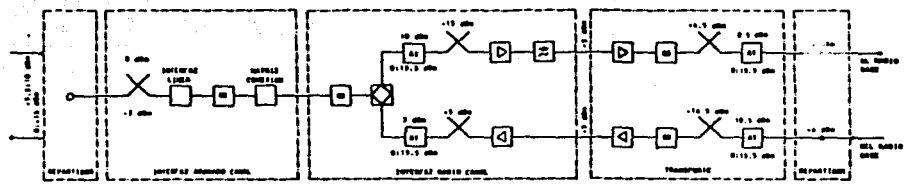


Fig. 3.5.a Diagrama a bloques y niveles de operación del equipo concentrador

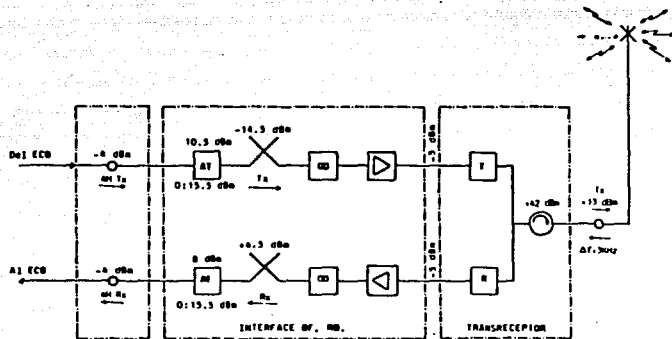


Fig. 5.5.b Diagrama a bloques y niveles de operación del equipo radio base

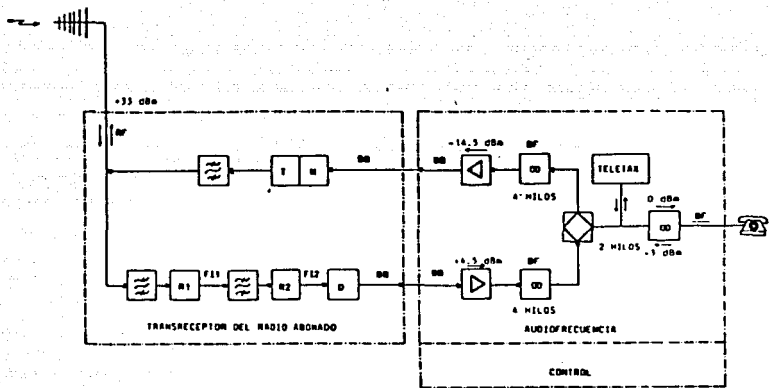


Fig. 5.5.c Diagrama a bloques y niveles de operación del equipo radio abonado

Capítulo VI

PROYECTO PROPUESTO Y DIMENSIONA- MIENTO DEL SISTEMA.

6 PROYECTO PROPUESTO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Pocos países del mundo presentan un relieve del suelo tan accidentado como lo es el de México, ya que la mayoría del territorio nacional presenta grandes cordilleras, montañas elevadas, cerros aislados y colinas.

Debido a esto, la transmisión de las ondas de radio en las bandas de VHF y UHF en muchas partes de la República Mexicana es muy difícil. Pero por otra, es una ventaja debido a que hay un gran número de probables lugares para situar la estación radio base que es parte fundamental en los sistemas de radiotelefonía rural, que requieran de un lugar elevado para su colocación.

Para determinar la ubicación del centro nodal se deben tomar en cuenta dos aspectos importantes, que son características geográficas y socioeconómicas.

Geográficamente se deben cumplir dos condiciones:

- 1) El lugar seleccionado debe estar cercano a la estación radiobase
- 2) El lugar debe cumplir con la condición de línea de vista, desde la estación radiobase al centro nodal.

Socioeconómicamente se puede establecer que el centro nodal:

- 1) Debe estar ubicado en un población con todas las obras de urbanización
- 2) En el sitio seleccionado debe existir una central telefónica automática.

Recordar que, el objetivo de esta tesis es: Establecer servicio telefónico en poblaciones rurales utilizando para ello la técnica de multiacceso radiotelefónico.

Para mostrar de una forma práctica esta técnica se ha escogido la célula comprendida por las poblaciones: Atlacomulco, San Gregorio Mecapexco-San Bartolo del Llano, San Lorenzo Toxico, San Miguel Enyegue, San Francisco Chalchihuapan, San Pedro de los Metates y San Lucas Pathe pertenecientes al Estado de México.

Esta pequeña célula ha sido seleccionada, debido a la importancia que

tiene Atlacomulco, dado que es una zona industrial por lo cual requiere estar co municado a las otras poblaciones cercanas. En esta célula, se mostrará una apli cación directa del Radio de Acceso Múltiple. En el presente proyecto "Sistema- Atlacomulco" se empleará el equipo MAR (Telettra) seleccionado y estudiado en- los capítulos 4 y 5 respectivamente.

Atlacomulco es una pequeña ciudad que cuenta con todos los servicios públicos (energía eléctrica, carreteras, alumbrado público, agua, etc.) Esta po- blación tiene una central telefónica conectada a la red telefónica nacional.

Tomando en cuenta lo anterior, la ciudad de Atlacomulco reúne las ca racterísticas mencionadas anteriormente, por lo que resulta el lugar indicado pa- ra instalar el centro nodal. Además:

- Se encuentra a 13.7 km de la estación radiobase situada en Jocotitlán.
- Cumple plenamente con la condición de línea de vista desde Atlacomulco has- ta el lugar de la estación radiobase en Jocotitlán. Esta se encontrará en el repetidor del mismo nombre que forma parte de la red telefónica de microon- das nacional, por lo cual cuenta con:
 - . red de energía eléctrica comercial
 - . banco de baterías
 - . grupo electrógeno de motor diesel
 - . convertidores
 - . rectificadores
 - . inversores

además, cuenta con una torre pesada clásica para estaciones de telecomunicacio- nes (fig. 3.5.2.f), de 40 m la cual podrá ser utilizada para el montaje de ante- nas de la central telefónica a la estación base y de ésta a las estaciones de abo- nado.

- Los datos geográficos de Atlacomulco son:

| | |
|-----------|-------------|
| Latitud: | 19°47'47" |
| Longitud: | 99°52'30.8" |
| Altura: | 2566 m |

- Los datos geográficos de la estación radio base (Jocotitlán) son:

| | |
|-----------|-----------|
| Latitud: | 19°44'19" |
| Longitud: | 99°45'39" |
| Altura: | 3960 m |

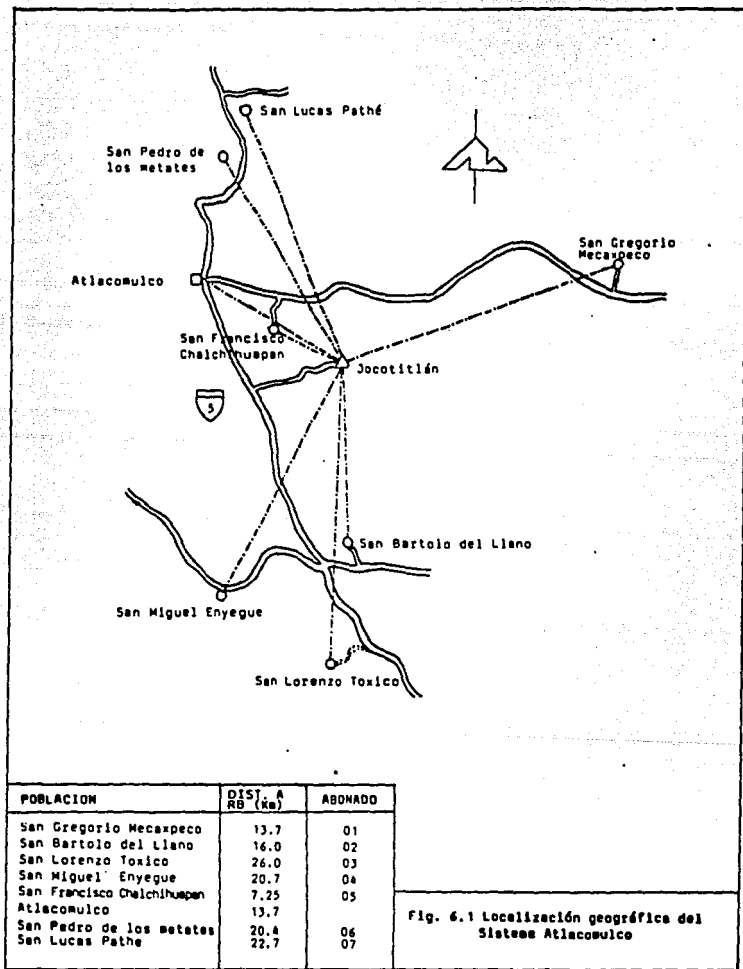
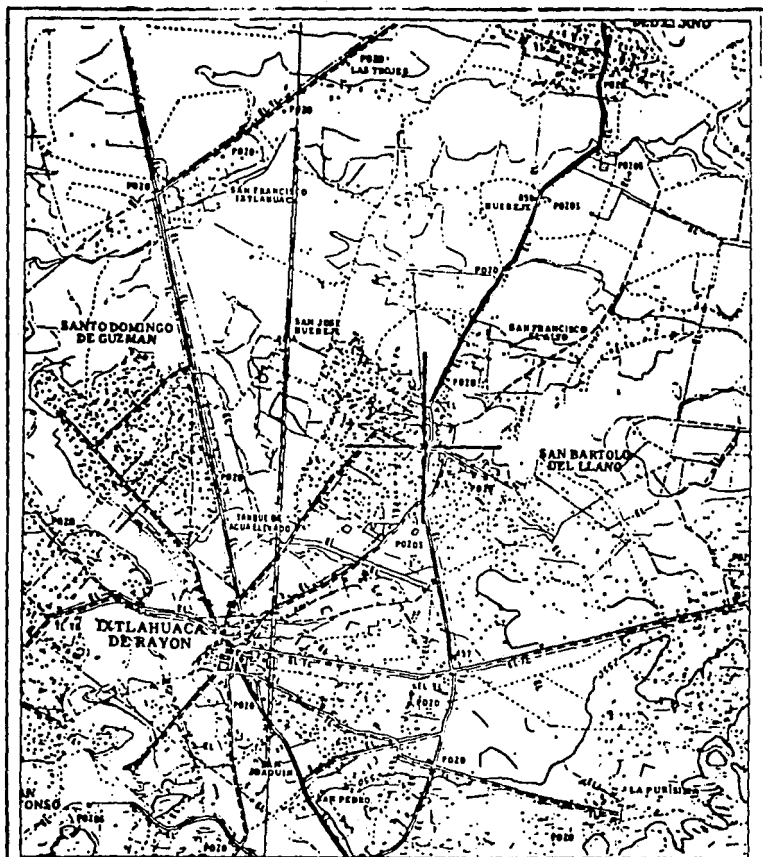


Fig. 6.1 Localización geográfica del Sistema Atzacmulco



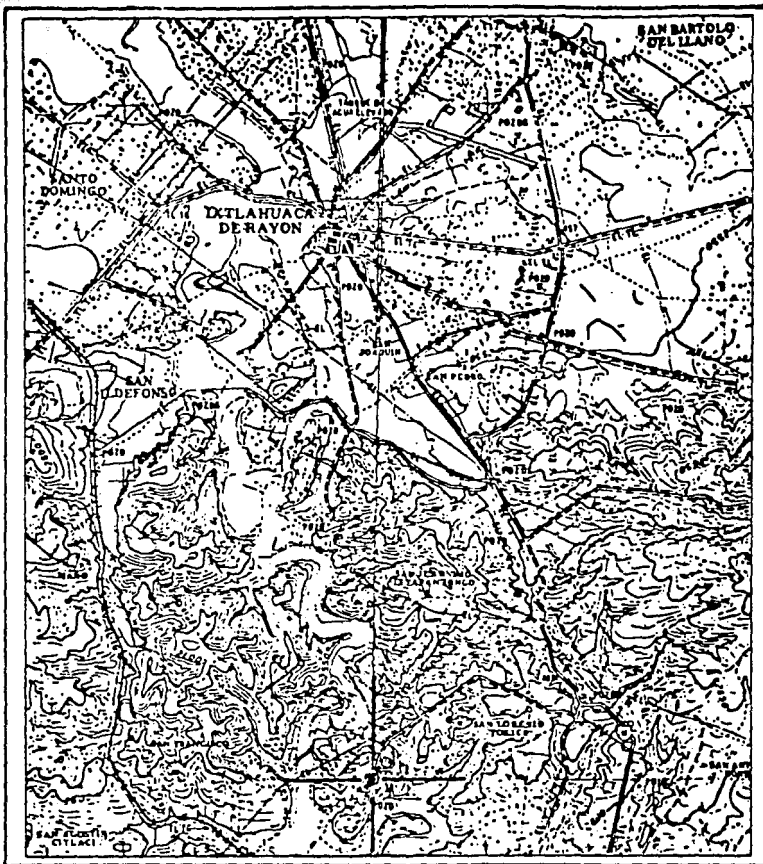
LOCALIZACION GEOGRAFICA

| POBLACION | LATITUD | LONGITUD | ALTURA | AZIMUTH |
|------------------------|-------------|-------------|-----------|----------|
| SAN GREGORIO MECAPEXCO | 19° 47' 02" | 99° 38' 28" | 2780 mts. | 247° 15' |



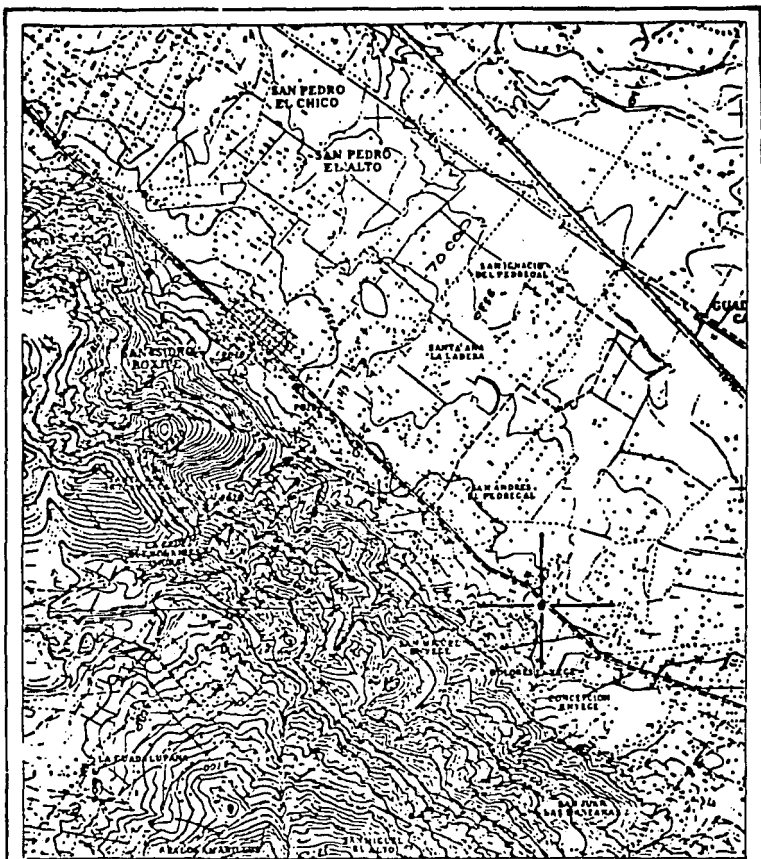
LOCALIZACION GEOGRAFICA

| POBLACION | LATITUD | LONGITUD | ALTURA | ASIMUTH |
|-----------------------|-------------|-------------|-----------|----------|
| SAN BARTOLO DEL LLANO | 19° 36' 31" | 99° 44' 46" | 2541 MTS. | 354° 15' |



LOCALIZACION GEOGRAFICA

| POBLACION | LATITUD | LONGITUD | ALTURA | ASIMUTH |
|--------------------|-------------|-------------|----------|---------|
| SAN LORENZO TOXICO | 19° 30' 29" | 99° 45' 47" | 2600 MTS | 0° 15' |



LOCALIZACION GEOGRAFICA

| POBLACION | LATITUD | LONGITUD | ALTURA | ARIBUTE |
|-------------------|-------------|-------------|----------|---------|
| SAN MIGUEL ENYESE | 19° 34' 14" | 99° 51' 22" | 2547 MTS | 28° 30' |



LOCALIZACION GEOGRAFICA

| POBLACION | LATITUD | LONGITUD | ALTURA | ASPECTO |
|-----------|---------------|---------------|-----------|---------|
| PATHE | 19° 26' 35.5" | 99° 50' 20.5" | 2540 MTR. | 100° |

La célula correspondiente al "Sistema Atacomulco" ha sido dimensionada con fundamento a la información obtenida a la visita de prospección a los emplazamientos de la ruta y conforme un alto grado de confiabilidad y calidad de transmisión. A continuación se muestran los planos que ubican geográficamente esta célula indicando los azimuths entre las estaciones, latitud, longitud y altura de cada una de las estaciones.

Como se mencionó en el capítulo 2 el estudio del tráfico telefónico es muy complejo, sin embargo, se puede hacer uso de algunos indicativos que sirvan para establecer un sistema de radiotelefonía rural. Ello permite hacer un análisis aproximado de la carga de tráfico y de la dimensión de las redes necesarias, así como de los canales de radio para establecer un servicio telefónico de buena calidad.

Para determinar el número de canales o troncales necesarios en un sistema multicanal de telefonía rural, se tiene que tomar en cuenta el grado de servicio (porcentaje de llamadas bloqueadas del total de llamadas intentadas en la hora pico). La calidad de servicio telefónico en áreas rurales tiene un grado de servicio del 5% (ver sección 3.2.)

Para el dimensionamiento de los radio canales necesarios, que interconectarán el ECO a la estación radio base se debe considerar que en una población rural se generan por día, alrededor de 9 llamadas salientes y se reciben 5 llamadas entrantes. Para propósitos de cálculo la intensidad de tráfico se puede considerar 8 horas de servicio por agencia. Considerando un tiempo promedio de conversación igual a 6 minutos, de la ecuación.

$$A = \tau C (FC) \quad (\text{Erlangs})$$

donde: τ es el tiempo medio de duración de una llamada.

C = Número de llamadas producidas por unidad de tiempo.

FC = Factor de concentración diario para centrales públicas = $\frac{1}{8}$

A = Intensidad de tráfico.

se tiene:

$$A \text{ originado} = \left(\frac{9}{60} \right) (6) \left(\frac{1}{8} \right) = 0.1125 \text{ Erlangs}$$

$$A \text{ Terminado} = \left(\frac{5}{60} \right) (6) \left(\frac{1}{8} \right) = 0.0625 \text{ Erlangs}$$

Para el cálculo de un sistema con suscriptores, en donde se considera un grado de servicio del 5% y un tráfico por suscriptor de 0.1125 Erlangs, se tiene:

$$E = (S) (T)$$

donde: E = Tráfico del sistema en Erlangs

S = Número de suscriptores

T = Tráfico de un sólo suscriptor en Erlangs

$$E = (7) (0.1125) = 0.7875 \text{ Erlangs}$$

La tabla y la figura 6.2 nos permite determinar el número de canales necesarios en función del número de abonados equipados, y de la probabilidad de pérdidas (distribución de Erlangs-B)

| PROBABILIDAD DE PERDIDAS 1% | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|--|
| Nº DE CANALES | TRAFICO TOTAL (Erlangs) | TRAFICO ABONADO (Erlangs) | | | | | | |
| | | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | |
| 2 | 0.15 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | |
| 3 | 0.46 | 3 | 4 | 5 | 9 | 15 | 23 | |
| 4 | 0.87 | 7 | 8 | 10 | 17 | 29 | 43 | |
| 5 | 1.36 | 11 | 13 | 17 | 27 | 45 | 68 | |
| 6 | 1.91 | 16 | 19 | 23 | 38 | 63 | 96 | |
| 7 | 2.50 | 20 | 25 | 31 | 50 | 83 | - | |
| 8 | 3.13 | 26 | 31 | 39 | 62 | 96 | - | |
| 9 | 3.78 | 31 | 37 | 47 | 75 | - | - | |
| 10 | 4.45 | 37 | 44 | 55 | 89 | - | - | |
| 11 | 5.16 | 43 | 51 | 64 | 96 | - | - | |
| 12 | 5.88 | 49 | 58 | 73 | - | - | - | |
| 13 | 6.61 | 55 | 66 | 82 | - | - | - | |
| 14 | 7.35 | 61 | 73 | 91 | - | - | - | |
| 15 | 8.11 | 67 | 81 | 96 | - | - | - | |
| 16 | 8.88 | 74 | 88 | - | - | - | - | |

| PROBABILIDAD DE PERDIDAS 5% | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|--|
| Nº DE CANALES | TRAFICO TOTAL (Erlangs) | TRAFICO ABONADO (Erlangs) | | | | | | |
| | | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | |
| 2 | 0.36 | 3 | 3 | 4 | 7 | 12 | 19 | |
| 3 | 0.90 | 7 | 9 | 11 | 18 | 30 | 45 | |
| 4 | 1.52 | 12 | 15 | 19 | 30 | 50 | 76 | |
| 5 | 2.22 | 18 | 22 | 27 | 44 | 74 | 96 | |
| 6 | 2.96 | 24 | 29 | 37 | 59 | 96 | - | |
| 7 | 3.74 | 31 | 37 | 46 | 74 | - | - | |
| 8 | 4.54 | 37 | 45 | 56 | 80 | - | - | |
| 9 | 5.37 | 44 | 53 | 67 | 96 | - | - | |
| 10 | 6.22 | 51 | 62 | 77 | - | - | - | |
| 11 | 7.08 | 59 | 70 | 88 | - | - | - | |
| 12 | 7.95 | 66 | 79 | 96 | - | - | - | |
| 13 | 8.83 | 73 | 88 | - | - | - | - | |
| 14 | 9.73 | 81 | 96 | - | - | - | - | |
| 15 | 10.6 | 88 | - | - | - | - | - | |
| 16 | 11.5 | 96 | - | - | - | - | - | |

Tabla 20. Número máximo de abonados para un número de canales (Distribución de Erlang-B)

de la tabla anterior, se puede observar que: para 7 suscriptores, un grado de servicio de 5% y con un tráfico del sistema de 0.7875 Erlangs son necesarios 3 canales para conectar el equipo concentrador a la central telefónica.

En este sistema, para facilidad de operación y mantenimiento, el equipo concentrador se sitúa en la central telefónica de Atlacomulco y el equipo radio base en el repetidor de microondas Jocotitlán es decir, el sistema estará configurado como se muestra en la figura 5.1.b.4

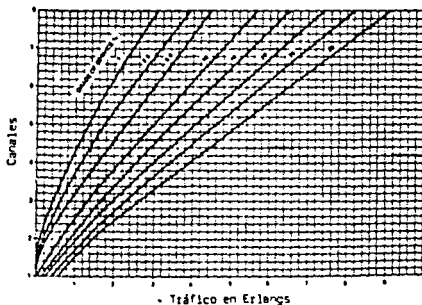
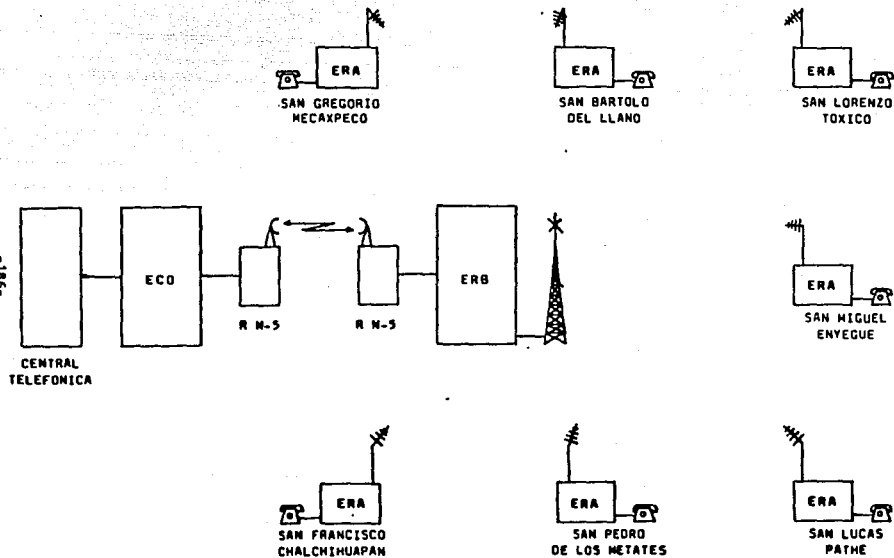


Fig. 6.2 Gráfica para determinar el número de canales para un sistema de acceso múltiple

El medio de transmisión entre el ECO y la estación radio base electromagnética, para ello se empleará un equipo de radio NEC de 5 canales, los cuales estarán distribuidos de la siguiente forma: tres canales transportarán la información de los suscriptores a la central telefónica, un canal será empleado como canal de servicio de la estación radio base a la central telefónica y el otro quedará como canal de reserva y para futuras ampliaciones. En la figura 6.4 se muestra un diagrama del sistema.



ECO EQUIPO CONCENTRADOR
ERB ESTACION RADIO BASE
ERA EQUIPO RADIO ABONADO
R N-5 RADIO MEC DE 5 CANALES

Fig. 6.4 Diagrama a bloques de la configuración total del sistema Atzacualco

Las frecuencias de trabajo de los radiocanales de la estación de abonado y viceversa son asignadas por el Departamento de Asignación de Frecuencias de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el cual determinó la banda de 400 MHz para su operación. A continuación se muestran las frecuencias de operación del sistema.

| CANAL | FRECUENCIA | RADIO BASE | RADIO ABONADO |
|-------|-------------|------------|---------------|
| 1 | 406.125 MHz | | |
| 2 | 406.175 MHz | | |
| 3 | 406.225 MHz | | |
| 4 | 406.325 MHz | | |
| 5 | 406.375 MHz | | |
| 6 | 406.425 MHz | | |
| 7 | 406.475 MHz | | |
| . | | | |
| 1' | 416.125 MHz | | |
| 2' | 416.175 MHz | | |
| 3' | 416.225 MHz | | |
| 4' | 416.325 MHz | | |
| 5' | 416.375 MHz | | |
| 6' | 416.425 MHz | | |
| 7' | 416.475 MHz | | |

FRECUENCIAS DE LOS RADIOCANALES DE LA ESTACION BASE A LAS ESTACIONES DE RADIO ABONADO

Las alturas de montaje de antenas se calculan en base a un criterio -

de libramiento que permite grandes excursiones de R (factor de radio de curvatura equivalente de la tierra) sin que la confiabilidad del sistema se vea afectada bajo condiciones severas de propagación.

Con la determinación del umbral de recepción, se fija el parámetro - de requisito mínimo de potencia de entrada al receptor, lo que significa la calidad del enlace, y está basado en las contribuciones máximas de ruido al enlace y - las características del receptor.

La contribución de ruido es:

- Para el 80% de los radiosuscriptores de una célula: 2000 pWop

- Para el 20% de los radiosuscriptores de una célula: 5000 pWop

para 2000 pWop

$$\text{dBmp} = 10 \log \left(\frac{\text{Valor en pW} (10^{12})}{1 \text{ mW}} \right) = 10 \log \left(\frac{\text{pWp} (10^{12})}{1 \times 10^3 \text{ W}} \right)$$

$$\text{dBmp} = 10 \log \left(\frac{2000 \times 10^{12}}{1 \times 10^3} \right) = -56.9897 \text{ dBmp}$$

como la potencia de ruido en dBmp corresponde a 2.5 dB menor de ruido que - existe en el canal debido a que pWp corresponde a un ruido uniformemente dis_ tribuido en la banda telefónica de 3.1 KHz, entonces:

$$\begin{aligned} -56.9897 \text{ dBmp} + 2.5 \text{ dB} &= -54.4897 \text{ dBm (planos)} \\ &= 3556.55 \text{ pW (planos)} \end{aligned}$$

para 5000 pWop

$$\text{dBmp} = 10 \log \left(\frac{5000 \times 10^{12}}{1 \times 10^3} \right)$$

$$\text{dBmp} = -53.01 \text{ dBmp}$$

$$\begin{aligned} -53.01 \text{ dBmp} + 2.5 \text{ dB} &= -50.5 \text{ dBm (planos)} \\ &= 8912.5 \text{ pW (planos)} \\ &\approx 9000 \text{ pW} \end{aligned}$$

DETERMINACION DE LA POTENCIA DE ENTRADA AL RECEPTOR.

Para una sensibilidad típica de $1 \mu\text{V}$, sobre una impedancia típica de antena de 50Ω .

$$P_e = \frac{V^2}{R} = \frac{(1 \times 10^{-6} \text{ V})^2}{50} = 2 \times 10^{-14} \text{ W}$$

$$P_e \text{ (dBm)} = 10 \log \left(\frac{2 \times 10^{-14} \text{ W}}{1 \times 10^{-13} \text{ W}} \right) = 106.98 \text{ dBm}$$

$$P_e \text{ (dBm)} \approx -107 \text{ dBm}$$

para una relación S/N de 20 dB al 50% de salida de audio (23 dB para un 100%) contra una S/N de 54.5 dB (contribución de ruido de 2000 pW0p) se debe entonces tener una entrada de RF (campo de RF alrededor de la antena) de:

$$RF = -107 - (23-54.5) = -82.51 \text{ dBm}$$

que es el umbral de recepción encontrado.

Para una contribución de ruido de 5000 pW0p y $1 \mu\text{V}$ a 20 SINAD.

$$RF = -107 - (23-50.5) = -79.5 \text{ dBm}$$

por lo anterior, para el caso Telettra, donde se especifica.

$$\text{Sensibilidad de } -114 \text{ dBm a } 20 \text{ dB de } S/N \text{ y } 50 \Omega$$

se asume que para una contribución de ruido de 2000 pW0p

$$RF = -114 - (23-54.5) = -82.5 \text{ dBm}$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{PR}$$

$$= \sqrt{(3.98 \cdot 107 \times 10^{-15}) (50)} = 0.4461 \mu\text{V}$$

$$\approx 0.4 \mu\text{V}$$

y para 5000 pW0p

$$RF = -114 - (23-50.5) = -86.5 \text{ dBm}$$

que deben ser los campos esperados para esas contribuciones de ruido.

En base a los mapas topográficos, condiciones atmosféricas y a las características del equipo, se procederá a hacer el cálculo de cada uno de los diferentes radioenlaces de la estación base a la estación radio de abonado. Aplicando la metodología expuesta en las secciones 3.7, 3.8 y 3.9 se procederá a hacer el cálculo de cada radio enlace.

A continuación se muestra la tabla 21 en la cual se resumen todas las características de cada radioenlace (estación radio base-estación radio suscriptor), y posteriormente se muestran los cálculos, los respectivos perfiles radicelectrónicos de cada uno de estos.

En el próximo capítulo se describe la instalación de cada una de las estaciones.

| UNIDADES | S. GREGORIO MECAPECO | SAN BARTOLO DEL LLANO | SAN LORENZO TOXICO | SAN MIGUEL ENYEGUE | S. FRANCISCO CHALCHIHUAPAN | SAN PEDRO-DE LOS METATES | SAN LUCAS PATHE |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| CARACTERISTICAS DEL ENLACE | | | | | | | |
| FRECUENCIA DE OPERACION | MHz | 411 | 411 | 411 | 411 | 411 | 411 |
| POTENCIA DE SALIDA DEL TRANSMISOR | dBm | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR | dBm | -114 | -114 | -114 | -114 | -114 | -114 |
| NIVEL DE RECEPCION EN RADIOFRECUENCIA | dBm | -82.5 | -82.5 | -82.5 | -82.5 | -82.5 | -82.5 |
| DISTANCIA | Km | 13.7 | 16 | 26 | 21 | 7.25 | 22.7 |
| PERDIDAS POR CONECTORES | dBm | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| PERDIDAS POR ALIMENTADORES | dBm | 2.8 | 3.91 | 4.28 | 3.35 | 3.35 | 3.35 |
| PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE | dBm | 107.45 | 108.8 | 113.01 | 111.16 | 101.92 | 110.91 |
| PERDIDAS SUPLEMENTARIAS | dBm | 21 | 0 | 0 | 0 | 1 | 18 |
| PERDIDAS POR DESVANECIMIENTOS | dBm | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| IMPEDANCIA | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |

| | | | | | | | |
|--------------------------|--------|------------|----------|----------|----------|----------|------------|
| ESTACION RADIO BASE | | | | | | | |
| ALTURA DE LA ANTENA | m | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| TIPO DE ALIMENTADOR | HELTAX | LDF-550 | LDF 5-50 | LDF 5-50 | LDF 5-50 | LDF 5-50 | LDF 5-50 |
| LONGITUD DEL ALIMENTADOR | m | 50 | 50 | 70 | 50 | 50 | 50 |
| PERDIDAS DEL ALIMENTADOR | dBm | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| PERDIDAS POR CONECTORES | dBm | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TIPO DE ANTENA | --- | HELICOIDAL | COLINEAL | COLINEAL | COLINEAL | COLINEAL | HELICOIDAL |
| GANANCIA DE LA ANTENA | dBm | 13 | 8 | 8 | 8 | 8 | 13 |
| ATENUADOR | dBm | 2.53 | 11.35 | 7.14 | 8.99 | 18.25 | 8.24 |

| | | | | | | | |
|--------------------------|--------|------------|----------|----------|----------|----------|------------|
| ESTACION SUSCRIPTORA | | | | | | | |
| ALTURA DE LA ANTENA | m | 30 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| TIPO DE ALIMENTADOR | HELTAX | LDF 5-50 | RG 17U | RG 17U | RG 17U | RG 17U | RG 17U |
| LONGITUD DEL ALIMENTADOR | m | 40 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| PERDIDAS DEL ALIMENTADOR | dBm | 1.12 | 1.95 | 1.95 | 1.95 | 1.95 | 1.95 |
| PERDIDAS POR CONECTORES | dBm | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TIPO DE ANTENA | --- | HELICOIDAL | COLINEAL | COLINEAL | COLINEAL | COLINEAL | HELICOIDAL |
| GANANCIA DE LA ANTENA | dBm | 13 | 8 | 8 | 8 | 8 | 13 |
| ATENUADOR | dBm | 2.53 | 11.35 | 7.14 | 8.99 | 18.25 | 8.24 |

Tabla 21. Tabla que muestra las características técnicas de cada uno de los radioenlaces de la célula correspondiente al sistema Atlascomulco

SISTEMA: ATLACOMULCO
 ESTACION BASE: JOCOTITLAN
 ESTACION SUSCRIPTORA: SAN GREGORIO MECAXPECO .

| | |
|--|-------------------------------------|
| Frecuencia de operación (f) | <u>411</u> MHz |
| Potencia de salida del transmisor (W_{Tx}) | <u>2</u> Watts <u>33</u> dBm |
| Sensibilidad del receptor (S_{Rx}) | <u>- 114</u> dBm <u>0.4</u> μ V |
| Nivel de recepción en RF para 2000 pW0p (RF) | <u>- 82.5</u> dBm |
| Distancia (d) | <u>13.7</u> km |
| Pérdidas por conectores (P_c) | <u>2</u> dBm |
| Pérdidas por alimentadores (P_{AL}) | <u>2.8</u> dBm |
| Obstaculo (d_{OBS}) | <u>0.5</u> km |
| Pérdidas en el espacio libre (P_{EL}) | <u>107.45</u> dBm |
| Pérdidas suplementarias (P_s) | <u>27</u> dBm |
| Impedancia | <u>50</u> Ω |

ESTACION BASE

| | |
|--|------------------------|
| Altura de la antena (h_1) | <u>40</u> m |
| Tipo de alimentador | <u>HELIAX LDF 5-50</u> |
| Longitud del alimentador | <u>50</u> m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALTx}) | <u>1.4</u> dBm |
| Pérdidas por conectores (P_{CTx}) | <u>1</u> dBm |
| Tipo de antena | <u>HELICOIDAL</u> |
| Ganancia de la antena (G_{ATx}) | <u>13</u> dBm |
| Atenuador (A) | <u>2.53</u> dBm |

ESTACION SUSCRIPTORA

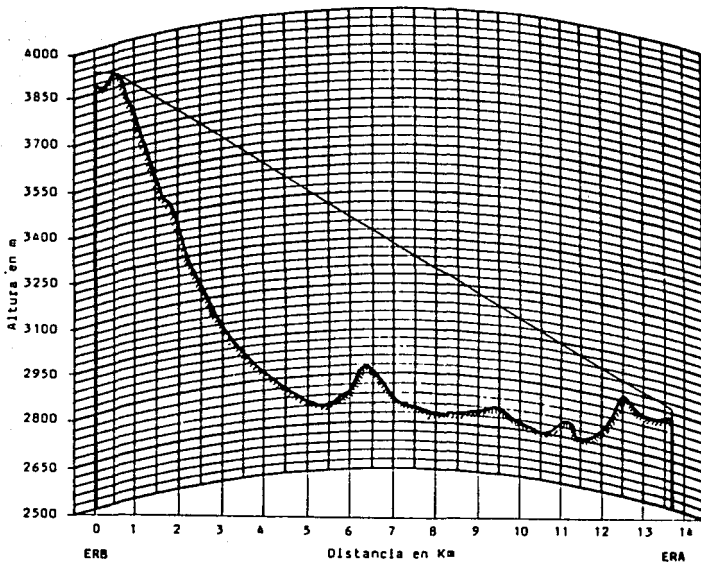
| | |
|--|------------------------|
| Altura de la antena (h_2) | <u>30</u> m |
| Tipo de alimentador | <u>HELIAX LDF 5-50</u> |
| Longitud del alimentador | <u>40</u> m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALRx}) | <u>1.12</u> dBm |
| Pérdida por conectores (P_{CRx}) | <u>1</u> dBm |
| Tipo de antena | <u>HELICOIDAL</u> |
| Ganancia de la antena (G_{ARx}) | <u>13</u> dBm |
| Atenuador (A) | <u>2.53</u> dBm |

| | JOCOTITLAN | SAN GREGORIO MECAXPECO |
|---------------|------------|---------------------------|
| LATITUD N | 19°44'19" | 19°47'02" |
| LONGITUD W | 99°45'39" | 99°38'28" |
| ALTURA SNM | 3890 m | 2780 m |
| ALTURA ANTENA | 40 m | 30 m |
| AZIMUTH | 174°15' | 247°15' |
| DISTANCIA | 13.7 Km | |
| FRECUENCIA | 411 MHz | |

| DISTANCIA (Km) | ALTURA (m) |
|-------------------|---------------|
| 0 | 3890 |
| 0.2 | 3860 |
| 0.5 | 3900 |
| 1 | 3760 |
| 2 | 3380 |
| 3 | 3020 |
| 4 | 2840 |
| 5 | 2740 |
| 5.3 | 2710 |
| 6 | 2760 |
| 6.3 | 2820 |
| 7 | 2720 |
| 8 | 2680 |
| 9 | 2700 |
| 9.5 | 2710 |
| 10.0 | 2670 |
| 10.8 | 2660 |
| 11 | 2690 |
| 11.2 | 2690 |
| 11.3 | 2660 |

| DISTANCIA (Km) | ALTURA (m) |
|-------------------|---------------|
| 12 | 2740 |
| 12.5 | 2820 |
| 13 | 2770 |
| 13.7 | 2780 |

-195-



PERFIL RADIO ELECTRIC ENTRE LAS ESTACIONES RADIO BASE (ERB) Y RADIO ABONADO (ERA) DEL SISTEMA ATLACOMULCO - CON $K=4/3$.

LATITUD N
LONGITUD W
ALTURA SMM
ALTURA ANTENA
DISTANCIA

JOCOTITLAN

$19^{\circ}44'19''$
 $99^{\circ}45'30''$
3890 m
40 m

S. G. MECATEPECO

$19^{\circ}47'02''$
 $99^{\circ}38'28''$
2780 m
30 m

13.7 Km

Pérdidas en el espacio libre

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(411) + 20\log(13.7)$$

$$P_{EL} = 107.45 \text{ dBm}$$

Pérdidas por atenuación suplementaria:

$$h_o = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/seg}}{411 \times 10^6 \text{ 1/seg}} = 0.73 \text{ m}$$

$$d_1 = 500 \text{ m}$$

$$d_2 = 13200 \text{ m}$$

$$d = 13700 \text{ m}$$

$$h_o = \sqrt{\frac{(0.73)(500)(13200)}{13700}} = 18.75 \text{ m}$$

$$h_c = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2 \text{ Rap}} - h_s$$

$$h_c = 3930 - \frac{500}{13700} (3950 - 2810) - \frac{(500)(13200)}{2 (8500000)} - 3920$$

$$h_c = 3930 - 41.60 - 0.38 - 3920$$

$$h_c = -31.98$$

$$\frac{h_c}{h_o} = \frac{-31.98}{18.75} = -1.70$$

de la figura 2.8.2.6.b. se obtiene

$$P_{DIF} = 21 \text{ dB}$$

$$\left(\text{para } \frac{h_c}{h_o} = -0.63 \right)$$

$$P_{DESV} = 6 \text{ dB}$$

$$\left(\text{para el 99\% del tiempo} \right)$$

$$P_s = P_{DIF} + P_{DESV}$$

$$P_s = 21 + 6 = 27 \text{ dB}$$

Grado de rugosidad

$$M = 2.98 \times 10^3 (1)^{2/3} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$$

$$M = 2.98 \times 10^3 (411)^{2/3} (\sqrt{3930} + \sqrt{2810})^2$$

$$M = 2205.1482$$

∴ se considera difracción
sobre filo de navaja

Pérdidas en los alimentadores

De la gráfica 2.10.3 se obtiene:

Atenuación del cable LDF 5-50 = 2.8 dB/100m

$$2.8 \text{ dB} \quad \text{---} \quad 100 \text{ m}$$

$$P_{ALTx} \text{ dB} \quad \text{---} \quad 50 \text{ m}$$

$$P_{ALTx} = 1.4 \text{ dB}$$

$$2.8 \text{ dB} \quad \text{---} \quad 100 \text{ m}$$

$$P_{ALRx} \text{ dB} \quad \text{---} \quad 40 \text{ m}$$

$$P_{ALRx} = 1.12 \text{ dB}$$

$$P_{AL} = 1.4 + 1.12 = 2.52 \text{ dB}$$

Pérdidas por conectores

$$P_{CTx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_{CRx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_c = P_{CTx} + P_{CRx}$$

$$P_c = 1 + 1 = 2 \text{ dB}$$

Atenuación total admisible

$$A_T = - [W_{Tx} - RF]$$

$$A_T = - [33 - (-82.5)]$$

$$A_T = -115.5 \text{ dB}$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - P_{EL} - P_{AL} - P_c - P_s$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 107.45 - 2.52 - 2 - 27$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 138.97$$

Si en la estación base se emplea una antena HELICOIDAL con 13 dB de ganancia, en la estación suscriptor se empleará una antena de (Ver tabla de la sección 3.5.1).

$$G_{ARx} = A_T - G_{ATx} + 140.53$$

$$G_{ARx} = -115.5 - 13 + 138.97$$

$$G_{ARx} = 10.47 \text{ dB}$$

Dado el resultado anterior, en la estación suscriptor se empleará una antena HELICOIDAL con 13 dB de ganancia, con lo cual se garantiza la confiabilidad del sistema, se deberá colocar un atenuador en la recepción de:

$$A = 13 - 10.47 = 2.53 \text{ dBm}$$

SISTEMA: ATLACOMULCO
 ESTACION BASE: JOCOTITLAN
 ESTACION SUSCRIPTORA: SAN BARTOLO DEL LLANO .

| | | | |
|--|--------------|------------|--------------------|
| Frecuencia de operación (f) | | <u>411</u> | MHz |
| Potencia de salida del transmisor (W_{Tx}) | <u>2</u> | Watts | <u>33</u> dBm |
| Sensibilidad del receptor (S_{Rx}) | <u>- 114</u> | dBm | <u>0.4</u> μ V |
| Nivel de recepción en RF para 2000 pW0p (RF) | | | <u>- 82.3</u> dBm |
| Distancia (d) | | | <u>16</u> km |
| Pérdidas por conectores (P_c) | | | <u>2</u> dbm |
| Pérdidas por alimentadores (P_{AL}) | | | <u>3.91</u> dbm |
| Obstáculo (d_{OBS}) | | | <u>0</u> km |
| Pérdidas en el espacio libre (P_{EL}) | | | <u>108.8</u> dbm |
| Pérdidas suplementarias (P_s) | | | <u>6</u> dbm |
| Impedancia | | | <u>50</u> Ω |

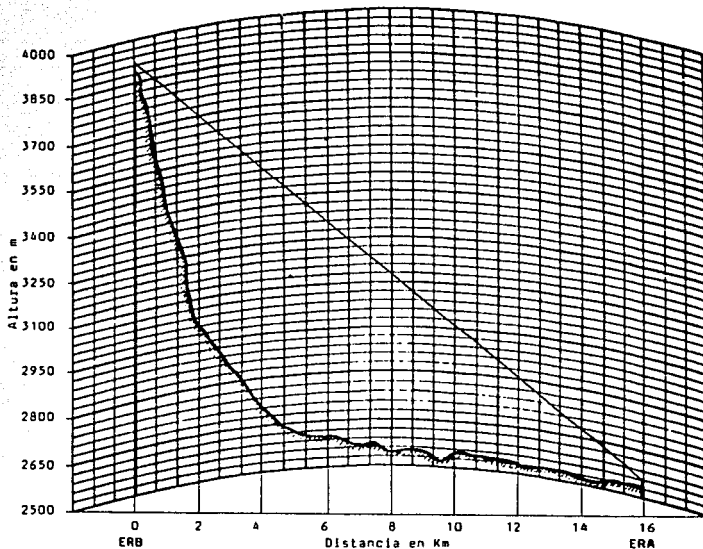
ESTACION BASE

| | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----|
| Altura de la antena (h_1) | | <u>40</u> | m |
| Tipo de alimentador | <u>HELIX</u> | <u>LDf 5-50</u> | |
| Longitud del alimentador | | <u>50</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALTx}) | | <u>1.4</u> | dbm |
| Pérdida por conectores (P_{CTx}) | | <u>1</u> | dbm |
| Tipo de antena | <u>COLINEAL</u> | | |
| Ganancia de la antena (G_{ATx}) | | <u>8</u> | dBm |
| Atenuador (A) | | <u>11.35</u> | dBm |

ESTACION SUSCRIPTORA

| | | | |
|--|-----------------|---------------|-----|
| Altura de la antena (h_2) | | <u>20</u> | m |
| Tipo de alimentador , | <u>HELIX</u> | <u>RG 17U</u> | |
| Longitud del alimentador | | <u>30</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALRx}) | | <u>1.95</u> | dbm |
| Pérdida por conectores (P_{CRx}) | | <u>1</u> | dbm |
| Tipo de antena | <u>COLINEAL</u> | | |
| Ganancia de la antena (G_{ARx}) | | <u>8</u> | dBm |
| Atenuador (A) | | <u>11.35</u> | dBm |

-201-



PERFIL RADIO ELECTRIC ENTRE LAS ESTACIONES RADIO BASE (ERB) Y RADIO ABONADO (ERA) DEL SISTEMA ATLACONULCO - CON K=4/3.

LATITUD N
 LONGITUD W
 ALTURA SNM
 ALTURA ANTENA
 DISTANCIA

| JOCOTITLAN | S. B. LLANO |
|-------------|-------------|
| 19° 44' 19" | 19° 30' 19" |
| 99° 45' 39" | 99° 47' 47" |
| 3890 m | 2541 m |
| 40 m | 20 m |
| 16 Km | |

Pérdidas en el espacio libre

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(411) + 20\log(16)$$

$$P_{EL} = 108.8 \text{ dB}$$

Pérdidas por atenuación suplementaria:

$$h_o = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/seg}}{411 \times 10^6 \text{ 1/seg}} = 0.73 \text{ m}$$

$$d_1 = 8000 \text{ m}$$

$$d_2 = 8000 \text{ m}$$

$$d = 16000 \text{ m}$$

$$h_o = \frac{(0.73)(8000)(8000)}{16000} = 54.03 \text{ m}$$

$$h_c = h_1 - \frac{d_1}{d}(h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2 \text{ Rap}} - h_s$$

$$h_c = 3930 - \frac{8000}{16000}(3930 - 2560) - \frac{(8000)(8000)}{2(8500000)} - 2560$$

$$h_c = 3930 - 685 - 0.38 - 2560$$

$$h_c = 684.62$$

$$\frac{h_c}{h_o} = \frac{684.62}{54} = 12.67$$

de la figura 2.8.2.6.b se obtiene:

$$P_{DIF} = 0 \text{ dB} \quad (\text{para } \frac{h_c}{h_o} = 12.67)$$

$$P_{DESV} = 6 \text{ dB} \quad (\text{para el 99\% del tiempo})$$

$$P_s = P_{DIF} + P_{DESV}$$

$$P_s = 0 + 6 = 6 \text{ dB}$$

Grado de rugosidad

$$M = 2.98 \times 10^3 (f^{2/3}) (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$$

$$M = 2.98 \times 10^{-3} (411)^{2/3} (\sqrt{3930} + \sqrt{2560})^2$$

$$M = 2114.1274$$

∴ se considera difracción sobre filo de navaja

Pérdidas en los alimentadores:

Atenuación del cable LDF 5-50 = 2.8 dB/100m

$$2.8 \text{ dB} \text{ — } 100 \text{ m}$$

$$P_{ALTx} \text{ dB} \text{ — } 50 \text{ m}$$

$$P_{ALTx} = 1.4 \text{ dB}$$

Atenuación del cable HELIAX RG 17U

$$6.5 \text{ dB} \text{ — } 100 \text{ m}$$

$$P_{ALRx} \text{ dB} \text{ — } 30 \text{ m}$$

$$P_{ALRx} = 1.95 \text{ dB}$$

$$P_{AL} = 1.4 + 1.95 = 3.35 \text{ dB}$$

Pérdidas por conectores:

$$P_{CTx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_{CRx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_c = P_{CTx} + P_{CRx}$$

$$P_c = 1 + 1 = 2 \text{ dB}$$

Atenuación total admisible

$$A_T = - [W_T - RF]$$

$$A_T = - [33 - (-82.5)]$$

$$A_T = - 115.5 \text{ dB}$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - P_{EL} - P_{AL} - P_c - P_s$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 108.8 - 3.35 - 2 - 6$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 120.15$$

Si la antena de transmisión es una antena COLINEAL con 8 dB de ganancia, entonces:

$$G_{ARx} = A_T - G_{ATx} + 131.71$$

$$G_{ARx} = -115.5 - 8 + 120.15$$

$$G_{ARx} = -3.35 \text{ dB}$$

Entonces, la antena de recepción será una antena colineal de 8 dB, con esto - queda garantizada la comunicación, además, se deberá colocar un atenuador en el lado recepción de obtener el nivel a la recepción de -114 dBm.

$$A = 8 - (-3.35) = 11.35 \text{ dB}$$

SISTEMA: ATLACOMULCO
 ESTACION BASE: JOCOTITLAN
 ESTACION SUSCRIPTORA: SAN LORENZO TOXICO

| | | | |
|--|--------------|------------|--------------------|
| Frecuencia de operación (f) | | <u>411</u> | MHz |
| Potencia de salida del transmisor (W_{Tx}) | <u>2</u> | Watts | <u>33</u> dBm |
| Sensibilidad del receptor (S_{Rx}) | <u>- 114</u> | dBm | <u>0.4</u> μ V |
| Nivel de recepción en RF para 2000 pW0p (RF) | | | <u>- 82.5</u> dBm |
| Distancia (d) | | | <u>26</u> km |
| Pérdidas por conectores (P_c) | | | <u>2</u> dBm |
| Pérdidas por alimentadores (P_{AL}) | | | <u>4.28</u> dBm |
| Obstaculo (d_{OBS}) | | | <u>24</u> km |
| Pérdidas en el espacio libre (P_{EL}) | | | <u>113.01</u> dBm |
| Pérdidas suplementarias (P_s) | | | <u>6</u> dBm |
| Impedancia | | | <u>50</u> Ω |

ESTACION BASE

| | | | |
|--|--|------------------------|-----|
| Altura de la antena (h_1) | | <u>60</u> | m |
| Tipo de alimentador | | <u>HELIAX LDF 5-50</u> | |
| Longitud del alimentador | | <u>70</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALTx}) | | <u>1.4</u> | dBm |
| Pérdida por conectores (P_{CTx}) | | <u>1</u> | dBm |
| Tipo de antena | | <u>COLINEAL</u> | |
| Ganancia de la antena (G_{ATx}) | | <u>8</u> | dBm |
| Atenuador (A) | | <u>7.14</u> | dBm |

ESTACION SUSCRIPTORA

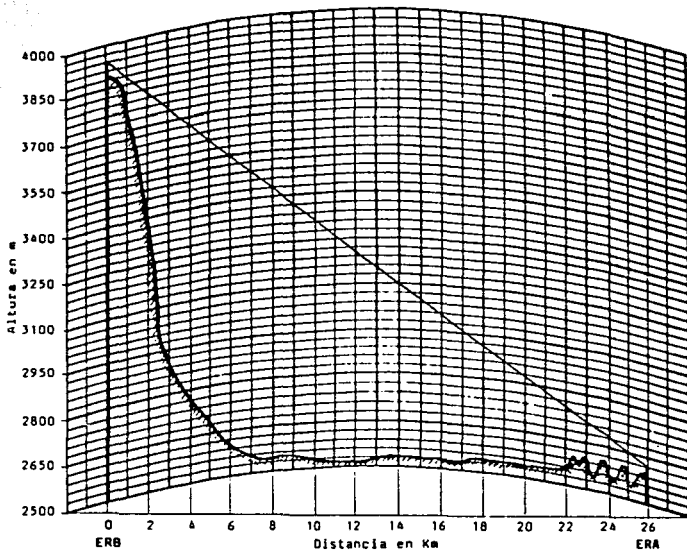
| | | | |
|--|--|----------------------|-----|
| Altura de la antena (h_2) | | <u>20</u> | m |
| Tipo de alimentador | | <u>HELIAX RG 17U</u> | |
| Longitud del alimentador | | <u>30</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALRx}) | | <u>1.95</u> | dBm |
| Pérdida por conectores (P_{CRx}) | | <u>1</u> | dBm |
| Tipo de antena | | <u>COLINEAL</u> | |
| Ganancia de la antena (G_{ARx}) | | <u>8</u> | dBm |
| Atenuador (A) | | <u>7.14</u> | dBm |

| | JORCOTIPLAN | SAN LORENZO KOTAKO |
|---------------|-------------|-----------------------|
| LATITUD N | 18° 44' 18" | 18° 30' 28" |
| LONGITUD W | 99° 45' 39" | 99° 45' 47" |
| ALTURA SWM | 3850 m | 2600 m |
| ALTURA ANTERA | 42 m | 20 m |
| ALZAMIENTO | 17° 45' | 0° 45' |
| DISTANCIA | 26 Km | |
| FRECUENCIA | 411 MHz | |

| DISTANCIA (Km) | ALTURA (m) |
|-------------------|---------------|
| 0 | 3090 |
| 0.8 | 3060 |
| 1 | 3060 |
| 2 | 3340 |
| 2.3 | 3000 |
| 3 | 2920 |
| 4 | 2800 |
| 5 | 2700 |
| 6 | 2630 |
| 7 | 2570 |
| 8 | 2550 |
| 9 | 2550 |
| 10 | 2530 |
| 11 | 2520 |
| 12 | 2520 |
| 13 | 2530 |
| 14 | 2530 |
| 15 | 2530 |
| 16 | 2530 |
| 17 | 2530 |

| DISTANCIA (Km) | ALTURA (m) |
|-------------------|---------------|
| 18 | 2540 |
| 19 | 2540 |
| 20 | 2540 |
| 21 | 2530 |
| 22 | 2560 |
| 22.3 | 2600 |
| 22.5 | 2580 |
| 22.8 | 2600 |
| 23.0 | 2580 |
| 23.4 | 2550 |
| 23.8 | 2600 |
| 24.0 | 2560 |
| 24.3 | 2580 |
| 24.8 | 2600 |
| 25 | 2580 |
| 25.3 | 2530 |
| 25.6 | 2600 |
| 26 | 2600 |

-207-



PERFIL RADIO ELECTRIC ENTRE LAS ESTACIONES RADIO BASE (ERB) Y RADIO ABONADO (ERA) DEL SISTEMA ATACOMULCO - CON K=4/3.

LATITUD N
LONGITUD W
ALTURA SHM
ALTURA ANTENA
DISTANCIA

JOCOTITLAN

19° 44' 19"
99° 45' 39"
3890 m
40 m

S. L. TOXICO

19° 30' 29"
99° 45' 47"
2600 m
20 m

26 Km

Pérdidas en el espacio libre:

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(411) + 20\log(26)$$

$$P_{EL} = 113.01 \text{ dBm}$$

Pérdidas por atenuación suplementaria:

$$h_0 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/seg}}{411 \times 10^6 \text{ 1/seg}} = 0.73 \text{ m}$$

$$d_1 = 24000 \text{ m}$$

$$d_2 = 2000 \text{ m}$$

$$d = 26000 \text{ m}$$

$$h_0 = \sqrt{\frac{(0.73)(24000)(2000)}{26000}} = 36.71$$

$$h_E = h_1 = \frac{d_1}{d} (h_1 + h_2) = \frac{d_1}{2} \frac{d_1}{d_2} = h_0$$

$$h_E = 3930 = \frac{24000}{26000} (3930 + 2620) = \frac{(24000)(2000)}{2(8500000)} = 2580$$

$$h_E = 3930 - 2580 = 1350$$

$$h_E = 138.18$$

$$\frac{h_E}{h_0} = \frac{138.18}{36.71} = 3.76$$

De la figura 2.8.6.b, se obtiene

$$P_{DIF} = 0 \text{ dB} \quad (\text{para } \frac{h_E}{h_0} = 0.29)$$

$$P_{DESV} = 6 \text{ dB} \quad (\text{para } 99\% \text{ del tiempo})$$

$$P_s = P_{DIF} + P_{DESV}$$

$$P_s = 0 + 6 = 6 \text{ dB}$$

Grado de rugosidad

$$M = 2.98 \times 10^3 (f^{2/3}) (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$$

$$M = 2.98 \times 10^{-3} (411)^{2/3} (\sqrt{3930} + \sqrt{2620})^2$$

$$M = 2133.1935$$

.. se considera difrac
ción sobre filo de -
navaja.

Pérdidas en los alimentadores

Atenuación cable LDF 5-50 = 2.8 dB/100 m

2.8 dB — 100 m

P_{ALTx} dB — 50 m

$$P_{ALTx} = 1.4 \text{ dB}$$

Atenuación cable HELIAX RG 17U = 6.5 dB/100 m

6.5 dB — 100 m

P_{ALRx} dB — 30 m

$$P_{ALRx} = 1.95 \text{ dB}$$

$$P_{AL} = 1.4 + 1.95 = 3.35 \text{ dB}$$

Pérdida por conectores

$$P_{CTx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_{CRx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_c = P_{CTx} + P_{CRx}$$

$$P_c = 1 + 1 = 2 \text{ dB}$$

Atenuación total admisible

$$A_T = - [W_{Tx} - RF]$$

$$A_T = - [33 - (-82.5)]$$

$$A_T = - 115.5 \text{ dB}$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - P_{EL} - P_{AL} - P_c - P_s$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 113.01 - 3.35 - 2 - 6$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 124.36$$

si en la estación base se emplea una antena COLINEAL, la cual tiene una ganancia de 8 dB, entonces la antena de recepción será:

$$G_{ARx} = A_T - G_{ATx} + 124.36$$

$$G_{ARx} = -115.5 - 8 + 124.36$$

$$G_{ARx} = 0.86 \text{ dB}$$

por lo anterior, la antena de la estación suscriptor será una antena COLINEAL con ganancia de 8 dB, el atenuador será de:

$$A = 8 - 0.86 = 7.14 \text{ dB}$$

SISTEMA: ATLACOMULCO
 ESTACION BASE: JOCOTITLAN
 ESTACION SUSCRIPTORA: SAN MIGUEL ENYEGUE .

| | | |
|--|------------------|--------------------|
| Frecuencia de operación (f) | <u>411</u> | MHz |
| Potencia de salida del transmisor (W_{Tx}) | <u>2</u> Watts | <u>33</u> dBm |
| Sensibilidad del receptor (S_{Rx}) | <u>- 114</u> dBm | <u>0.4</u> μ V |
| Nivel de recepción en RF para 2000 pW0p (RF) | | <u>- 82.5</u> dBm |
| Distancia (d) | | <u>21</u> km |
| Pérdidas por conectores (P_c) | | <u>2</u> dBm |
| Pérdidas por alimentadores (P_{AL}) | | <u>3.35</u> dBm |
| Obstaculo (d OBS) | | <u>0</u> km |
| Pérdidas en el espacio libre (P_{EL}) | | <u>111.16</u> dBm |
| Pérdidas suplementarias (P_s) | | <u>6</u> dBm |
| Impedancia | | <u>50</u> Ω |

ESTACION BASE

| | | |
|--|------------------------|-----|
| Altura de la antena (h_1) | <u>40</u> | m |
| Tipo de alimentador | <u>HELIAX LDF 5-50</u> | |
| Longitud del alimentador | <u>50</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALTx}) | <u>1.4</u> | dBm |
| Pérdida por conectores (P_{CTx}) | <u>1</u> | dBm |
| Tipo de antena | <u>COLINEAL</u> | |
| Ganancia de la antena (G_{ATx}) | <u>8</u> | dBm |
| Atenuador (A) | <u>8.99</u> | dBm |

ESTACION SUSCRIPTORA

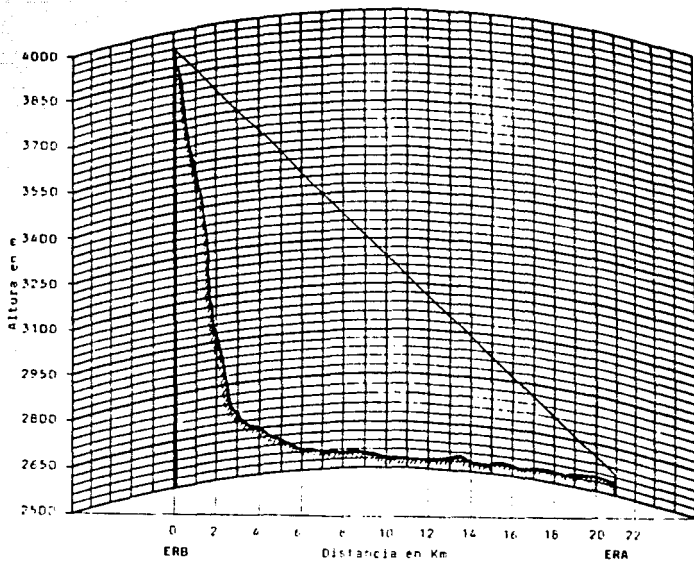
| | | |
|--|----------------------|-----|
| Altura de la antena (h_2) | <u>20</u> | m |
| Tipo de alimentador | <u>HELIAX RG 17U</u> | |
| Longitud del alimentador | <u>30</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALTx}) | <u>1.95</u> | dBm |
| Pérdida por conectores (P_{CRx}) | <u>1</u> | dBm |
| Tipo de antena | <u>COLINEAL</u> | |
| Ganancia de la antena (G_{ATx}) | <u>8</u> | dBm |
| Atenuador (A) | <u>8.99</u> | dBm |

| | JOCOTITLAN | SAN MIGUEL ENVEGUE |
|---------------|------------|-----------------------|
| LATITUD N | 19°44'19" | 19°30'29" |
| LONGITUD W | 99°45'39" | 99°51'22" |
| ALTURA SNM | 3890 m | 2547 m |
| ALTURA ANTENA | 40 m | 20 m |
| AZINUTH | 178°15' | 28°25' |
| DISTANCIA | 21 Km | |
| FRECUENCIA | 411 MHz | |

| DISTANCIA (Km) | ALTURA (m) |
|-------------------|---------------|
| 0 | 3890 |
| 1 | 2560 |
| 2 | 3000 |
| 3 | 2720 |
| 4 | 2650 |
| 5 | 2600 |
| 6 | 2580 |
| 7 | 2550 |
| 8 | 2550 |
| 9 | 2550 |
| 10 | 2540 |
| 11 | 2530 |
| 12 | 2530 |
| 13 | 2540 |
| 14 | 2530 |
| 15 | 2530 |
| 16 | 2530 |
| 17 | 2530 |
| 18 | 2530 |
| 19 | 2540 |

| DISTANCIA (Km) | ALTURA (m) |
|-------------------|---------------|
| 20 | 2540 |
| 21 | 2547 |

-213-



PERFIL RADIO ELECTICO ENTRE LAS ESTACIONES RADIO BASE (ERB) Y RADIO ABONADO (ERA) DEL SISTEMA ATLAOMULCO - CON $K=4/3$.

LATITUD N
LONGITUD W
ALTURA SNM
ALTURA ANTENA
DISTANCIA

JOCOTITLAN

$19^{\circ}44'19''$
 $99^{\circ}45'39''$
3890 m
40 m

S. M. ENVEGUE

$19^{\circ}30'29''$
 $99^{\circ}51'22''$
2547 m
20 m

21 Km

Pérdidas en el espacio libre

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(411) + 20\log(21)$$

$$P_{EL} = 111.16 \text{ dB}$$

Pérdidas por atenuación suplementaria

$$h_o = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/seg}}{411 \times 10^6 \text{ 1/seg}} = 0.73 \text{ m}$$

$$d_1 = 10500 \text{ m}$$

$$d_2 = 10500 \text{ m}$$

$$d = 21000 \text{ m}$$

$$h_o = \sqrt{\frac{(0.73)(10500)(10500)}{(21000)}} =$$

$$h_o = 61.90 \text{ m}$$

$$hc = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2 \text{ Rap}} - h_s$$

$$hc = 3930 - \frac{10500}{21000} (3930 - 2567) - \frac{(10500)(10500)}{2 (8500000)} - 2550$$

$$hc = 3930 - 681.5 - 6.48 - 2550$$

$$hc = 692.02$$

$$\frac{hc}{h_o} = \frac{692.02}{61.90} = 11.1796$$

De la figura 2.2.8.6.b. se obtienen:

$$P_{DIF} = 0 \text{ dB} \quad (\text{para } \frac{hc}{h_o} = 11.9716)$$

$$P_{DESV} = 6 \text{ dB} \quad (\text{para } 99\% \text{ del tiempo})$$

$$P_s = P_{DIF} + P_{DESV}$$

$$P_s = 0 + 6 = 6 \text{ dB}$$

Grado de rugosidad

$$M = 2.98 \times 10^3 (f^{2/3}) (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$$

$$M = 2.98 \times 10^3 (411^{2/3}) (\sqrt{3930} + \sqrt{2567})^2$$

$$M = 2116.7083$$

∴ se considera difracción
sobre filo de navaja.

Pérdidas en los alimentadores

Atenuación cable LDF 5-50 = 2.8 dB/100 m

$$2.8 \text{ dB} \text{ --- } 100 \text{ m}$$

$$P_{ALTx} \text{ dB} \text{ --- } 70 \text{ m}$$

$$P_{ALTx} = 1.4 \text{ dB}$$

Atenuación cable HELIAX RG 17U = 6.5 dB/100 m

$$6.5 \text{ dB} \text{ --- } 100 \text{ m}$$

$$P_{ALRx} \text{ dB} \text{ --- } 30 \text{ m}$$

$$P_{ALRx} = 1.95 \text{ dB}$$

$$P_{AL} = 1.4 + 1.95 = 3.35 \text{ dB}$$

Pérdidas por conectores:

$$P_{CTx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_{CRx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_c = P_{CTx} + P_{CRx}$$

$$P_c = 1 + 1 = 2 \text{ dB}$$

Atenuación total admisible

$$A_T = - [W_{Tx} - RF]$$

$$A_T = - [33 - (-82.5)]$$

$$A_T = - 115.5 \text{ dB}$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - P_{EL} - P_{AL} - P_c - P_s$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 111.16 - 3.35 - 2 - 6$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 122.51$$

si en la estación base se emplea una antena COLINEAL de 8 dB de ganancia, la antena de recepción será:

$$G_{ARx} = A_T - G_{ATx} + 122.51$$

$$G_{ARx} = -115.5 - 8 + 122.51$$

$$G_{ARx} = -0.99 \text{ dBm}$$

por lo anterior, la antena de la estación suscriptorá será: una antena colineal - con 8 dB de ganancia, se requerirá de un atenuador de

$$A = 8 - (-0.99) = 8.99 \text{ dB}$$

SISTEMA: ATLACOMULCO
 ESTACION BASE: JOCOTITLAN
 ESTACION SUSCRIPTORA: SAN FRANCISCO CHALCHIHUAPAN

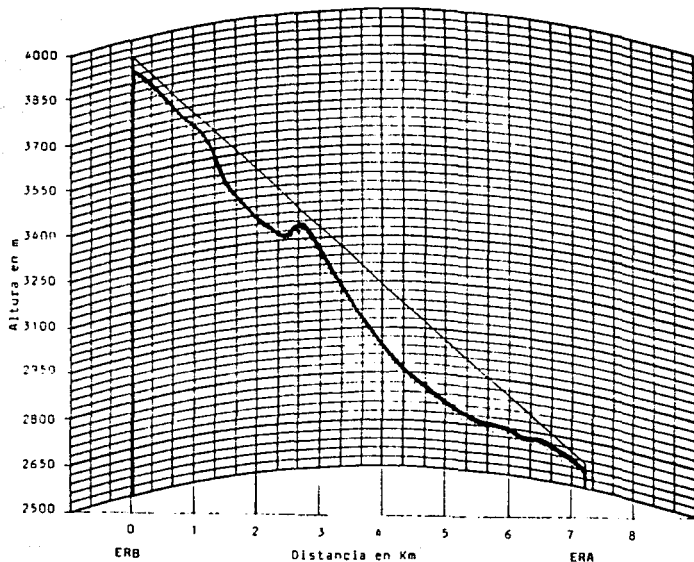
| | | | |
|--|--------------|------------|--------------------|
| Frecuencia de operación (f) | | <u>411</u> | MHz |
| Potencia de salida del transmisor (W_{Tx}) | <u>2</u> | Wa | <u>33</u> dBm |
| Sensibilidad del receptor (S_{Rx}) | <u>- 114</u> | dBm | <u>0.4</u> μ V |
| Nivel de recepción en RF para 2000 pW0p (RF) | | | <u>- 82.5</u> dBm |
| Distancia (d) | | | <u>7.25</u> km |
| Pérdidas por conectores (P_c) | | | <u>2</u> dBm |
| Pérdidas por alimentadores (P_{AL}) | | | <u>3.35</u> dBm |
| Obstaculo (d_{OBS}) | | | <u>2.7</u> km |
| Pérdidas en el espacio libre (P_{EL}) | | | <u>101.92</u> dBm |
| Pérdidas suplementarias (P_s) | | | <u>6</u> dBm |
| Impedancia | | | <u>50</u> Ω |

ESTACION BASE

| | | | |
|--|------------------------|--------------|-----|
| Altura de la antena (h_1) | | <u>40</u> | m |
| Tipo de alimentador | <u>HELIAX LDF 5-50</u> | | |
| Longitud del alimentador | | <u>50</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALTx}) | | <u>1.4</u> | dBm |
| Pérdida por conectores (P_{CTx}) | | <u>1</u> | dBm |
| Tipo de antena | <u>COLINEAL</u> | | |
| Ganancia de la antena (G_{ATx}) | | <u>8</u> | dBm |
| Atenuador (A) | | <u>18.25</u> | dBm |

ESTACION SUSCRIPTORA

| | | | |
|--|----------------------|--------------|-----|
| Altura de la antena (h_2) | | <u>20</u> | m |
| Tipo de alimentador | <u>HELIAX RG 17U</u> | | |
| Longitud del alimentador | | <u>30</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALRx}) | | <u>1.95</u> | dBm |
| Pérdida por conectores (P_{CRx}) | | <u>1</u> | dBm |
| Tipo de antena | <u>COLINEAL</u> | | |
| Ganancia de la antena (G_{ARx}) | | <u>8</u> | dBm |
| Atenuador (A) | | <u>18.25</u> | dBm |



PERFIL RADIO ELECTICO ENTRE LAS ESTACIONES RADIO BASE (ERB) Y RADIO ABONADO (ERA) DEL SISTEMA ATLAOMULCO - CON $K=4/3$.

LATITUD N
LONGITUD W
ALTURA SNM
ALTURA ANTENA
DISTANCIA

| JOCOTITLAN | S.F. CHALCHIHUAPAN |
|-------------|--------------------|
| 19° 44' 19" | 19° 46' 08" |
| 99° 45' 39" | 99° 49' 10" |
| 3890 m | 2554 m |
| 40 m | 20 m |
| 7.25 Km | |

Pérdidas en el espacio libre

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(411) + 20\log(7.25)$$

$$P_{EL} = 101.9236$$

Pérdidas por atenuación suplementaria

$$h_o = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/seg}}{411 \times 10^6 \text{ 1/seg}} = 0.73 \text{ m}$$

$$d_1 = 2700 \text{ m}$$

$$d_2 = 4550 \text{ m}$$

$$d = 7250 \text{ m}$$

$$h_o = \sqrt{\frac{(0.73)(2700)(4550)}{(7250)}} = 35.17 \text{ m}$$

$$h_c = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2 \text{ Rap}} - h_s$$

$$h_c = 3930 - \frac{2700}{7250} (3930 - 2574) - \frac{(2700)(4550)}{2 (8500000)} - 3320$$

$$h_c = 3930 - 504.99 - 0.72 - 3320 = 104.29$$

$$\frac{h_c}{h_o} = \frac{104.29}{35.17} = 2.9653$$

De la figura 2.2.8.6.b. se obtiene:

$$P_{DIF} = 0 \quad \left(\text{para } \frac{h_c}{h_o} = 2.9653 \right)$$

$$P_{DESV} = 6 \text{ dB} \quad \left(\text{para el 99\% del tiempo} \right)$$

$$P_s = P_{DIF} + P_{DESV}$$

$$P_s = 0 + 6 = 6 \text{ dB}$$

Grado de rugosidad

$$M = 2.98 \times 10^3 (f^{2/3}) (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$$

$$M = 2.98 \times 10^3 (411)^{2/3} (\sqrt{3930} + \sqrt{2574})^2$$

$$= 2119.28$$

∴ se considera difracción
sobre perfil de navaja.

Pérdidas en los alimentadores:

Atenuación del cable LDF 5-50 = 2.8 dB/100 m

2.8 dB — 100 m

P_{ALTx} dB — 50 m

$$P_{ALTx} = 1.4 \text{ dB}$$

Atenuación del cable HELIAX RG 17U

6.5 dB — 100 m

P_{ALRx} dB — 30 m

$$P_{ALRx} \text{ dB} = 1.95 \text{ dB}$$

$$P_{AL} = 1.4 - 1.95 = 3.35 \text{ dB}$$

Pérdidas por conectores

$$P_{CTx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_{CRx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_c = P_{CTx} + P_{CRx}$$

$$P_c = 1 + 1 = 2 \text{ dB}$$

Atenuación total admisible

$$A_T = - [W_{Tx} - RF]$$

$$A_T = - [33 - 82.5]$$

$$A_T = - 115.5 \text{ dB}$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - P_{EL} - P_{AL} - P_c - P_s$$

$$= G_{ATx} + G_{ARx} - 101.92 - 3.35 - 2 - 6$$

$$= G_{ATx} + G_{ARx} - 113.27$$

si la antena de la estación base es una antena COLINEAL con 8 dB de ganancia, entonces:

$$G_{ARx} = A_T - G_{ATx} + 113.27$$

$$G_{ARx} = -115.5 - 8 + 113.27$$

$$G_{ARx} = -10.25 \text{ dB}$$

∴ la antena de la estación suscriptor será: antena colineal con ganancia de 8 dB, por lo cual se requerirá un atenuador de:

$$A = 8 - (-10.25) = 18.25 \text{ dB}$$

SISTEMA: ATLACOMULCO
 ESTACION BASE: JOCOTITLAN
 ESTACION SUSCRIPTORA: SAN PEDRO DE LOS METATES.

| | | |
|--|----------------|--------------------|
| Frecuencia de operación (f) | <u>411</u> | MHz |
| Potencia de salida del transmisor (W_{Tx}) | <u>2</u> Watts | <u>33</u> dBm |
| Sensibilidad del receptor (S_{Rx}) | <u>- 114</u> | <u>0.4</u> μV |
| Nivel de recepción en RF para 2000 pW0p (RF) | | <u>- 82.5</u> dBm |
| Distancia (d) | | <u>20.4</u> km |
| Pérdidas por conectores (P_c) | | <u>2</u> dBm |
| Pérdidas por alimentadores (P_{AL}) | | <u>3.35</u> dBm |
| Obstaculo (d_{OBS}) | | <u>0.5</u> km |
| Pérdidas en el espacio libre (P_{EL}) | | <u>110.91</u> dBm |
| Pérdidas suplementarias (P_s) | | <u>7</u> dBm |
| Impedancia | | <u>50</u> Ω |

ESTACION BASE

| | | |
|--|------------------------|-----|
| Altura de la antena | <u>40</u> | m |
| Tipo de alimentador | <u>HELIAX LDF 5-50</u> | |
| Longitud del alimentador | <u>50</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALTx}) | <u>1.4</u> | dBm |
| Pérdida por conectores (P_{CTx}) | <u>1</u> | dBm |
| Tipo de antena | <u>COLINEAL</u> | |
| Ganancia de la antena (G_{ATx}) | <u>8</u> | dBm |
| Atenuador (A) | <u>8.24</u> | dBm |

ESTACION SUSCRIPTORA

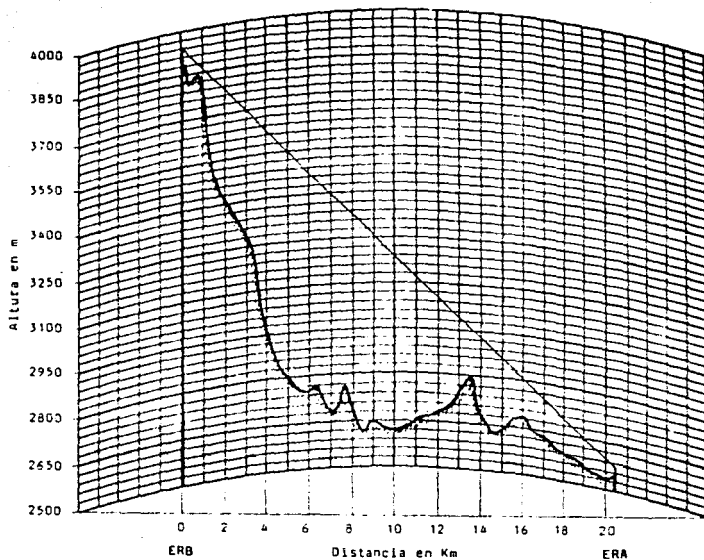
| | | |
|--|----------------------|-----|
| Altura de la antena | <u>20</u> | m |
| Tipo de alimentador | <u>HELIAX RG 17U</u> | |
| Longitud del alimentador | <u>30</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALRx}) | <u>1.95</u> | dBm |
| Pérdida por conectores (P_{CRx}) | <u>1</u> | dBm |
| Tipo de antena | <u>COLINEAL</u> | |
| Ganancia de la antena (G_{ARx}) | <u>8</u> | dBm |
| Atenuador (A) | <u>8.24</u> | dBm |

| | JOCOTITLAN | SAN PEDRO DE LOS METATES |
|---------------|------------|--------------------------|
| LATITUD N | 19°44'19" | 19°53'48" |
| LONGITUD W | 99°45'39" | 99°51'27" |
| ALTURA SNM | 3890 m | 2560 m |
| ALTURA ANTENA | 40 m | 20 m |
| AZIMUTH | 174°15' | 150°25' |
| DISTANCIA | 20.4 Km | |
| FRECUENCIA | 411 MHz | |

| DISTANCIA (Km) | ALTURA (m) |
|-------------------|---------------|
| 0 | 3890 |
| 0.5 | 3820 |
| 0.8 | 3840 |
| 1 | 3800 |
| 2 | 3400 |
| 3 | 3280 |
| 4 | 2980 |
| 5 | 2780 |
| 5.8 | 2720 |
| 6 | 2750 |
| 6.2 | 2770 |
| 7 | 2700 |
| 7.4 | 2760 |
| 8 | 2680 |
| 8.6 | 2620 |
| 9 | 2680 |
| 10 | 2630 |
| 11 | 2660 |
| 12 | 2720 |
| 13 | 2780 |

| DISTANCIA (Km) | ALTURA (m) |
|-------------------|---------------|
| 13.0 | 2800 |
| 14 | 2680 |
| 14.6 | 2620 |
| 15 | 2640 |
| 15.8 | 2680 |
| 16 | 2680 |
| 17 | 2620 |
| 18 | 2590 |
| 19 | 2560 |
| 20 | 2540 |
| 20.4 | 2560 |

-225-



PERFIL RADIO ELECTRICO ENTRE LAS ESTACIONES RADIO BASE (ERB) Y RADIO ABONADO (ERA) DEL SISTEMA ATACOMULCO - CON $K=4/3$.

LATITUD N
LONGITUD W
ALTURA SNM
ALTURA ANTENA
DISTANCIA

JOCOTITLAN

$19^{\circ}44'19''$

$99^{\circ}45'39''$

3890 ■

40 ■

S P METATES

$19^{\circ}53'48''$

$99^{\circ}51'27''$

2560 ■

20 ■

20.4 Km

Pérdidas en el espacio libre.

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(411) + 20\log(29.4)$$

$$P_{EL} = 110.91 \text{ dB}$$

Pérdidas por atenuación suplementaria.

$$h_o = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/seg}}{411 \times 10^6 \text{ m/seg}} = 0.73 \text{ m}$$

$$d_1 = 500$$

$$d_2 = 19900$$

$$d = 20400$$

$$h_o = \sqrt{\frac{(0.73)(500)(19900)}{(20400)}} = 18.86$$

$$h_c = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2 \text{ Rap}} - h_s$$

$$h_c = 3930 - \frac{500}{20400} (3930 - 2580) - \frac{(500)(19900)}{2(8500000)} - 3840$$

$$h_c = 3930 - 33.08 - 0.58 - 3840$$

$$= 56.34$$

$$\frac{h_c}{h_o} = \frac{56.34}{18.86} = 2.9872$$

de la figura 2.8.2.6.b se obtiene:

$$P_{DIF} = 1 \text{ dB} \quad (\text{para } \frac{h_c}{h_o} = 2.9872)$$

$$P_{DESV} = 6 \text{ dB} \quad (\text{para el 99\% del tiempo})$$

$$P_s = P_{DIF} + P_{DESV}$$

$$P_s = 1 + 6 = 7 \text{ dB}$$

Grado de rugosidad.

$$M = 2.98 \times 10^3 (f^2) (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$$

$$M = 2.98 \times 10^3 (411^2) (\sqrt{3930} + \sqrt{2580})^2$$

$$M = 2121.49$$

∴ se considera difracción
sobre filo de navaja.

Pérdidas en los alimentadores.

Atenuación del cable LDF 5-50 = 2.8 dB/100 m

$$2.8 \text{ dB} \text{ --- } 100 \text{ m}$$

$$P_{ALTx} \text{ dB} \text{ --- } 50 \text{ m}$$

$$P_{ALTx} = 1.4$$

Atenuación del cable HELIAX RG 17U

$$6.5 \text{ dB} \text{ --- } 100 \text{ m}$$

$$P_{ALRx} \text{ dB} \text{ --- } 30 \text{ m}$$

$$P_{ALRx} = 1.95$$

$$P_{AL} = 1.4 + 1.95 = 3.35 \text{ dB}$$

Pérdidas por conectores

$$P_{CTx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_{CRx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_c = P_{CTx} + P_{CRx}$$

$$P_c = 1 + 1 = 2 \text{ dB}$$

Atenuación total admisible

$$A_T = - W_{Tx} - RF$$

$$A_T = - 35 - (-82.5)$$

$$A_T = - 115.5 \text{ dB}$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - P_{EL} - P_{AL} - P_c - P_s$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 110.91 - 3.35 - 2 - 7$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 123.26$$

si en la estación base colocamos una antena COLINEAL con ganancia de 8 dB, entonces:

$$G_{ARx} = A_T - G_{ATx} + 123.26$$

$$G_{ARx} = -115.5 - 8 + 123.26$$

$$G_{ARx} = -0.24 \text{ dB}$$

∴ la antena de la estación base será una antena COLINEAL con ganancia de 8 dB, por lo cual se requerirá un atenuador de:

$$A = 8 - (-0.24) = 8.24 \text{ dB}$$

SISTEMA: ATLACOMULCO
 ESTACION BASE: JOCOTITLAN
 ESTACION SUSCRIPTORA: SAN LUCAS PATHE.

| | | |
|--|-------------|------------------------|
| Frecuencia de operación (f) | <u>411</u> | MHz |
| Potencia de salida del transmisor (W_{Tx}) | <u>2</u> | Watts <u>33</u> dBm |
| Sensibilidad del receptor (S_{Rx}) | <u>-114</u> | dBm <u>0.4</u> μ V |
| Nivel de recepción en RF para 2000 pW0p (RF) | | <u>- 82.5</u> dBm |
| Distancia (d) | | <u>22.7</u> km |
| Pérdidas por conectores (P_C) | | <u>2</u> dBm |
| Pérdidas por alimentadores (P_{AL}) | | <u>3.35</u> dBm |
| Obstaculo (d_{OBS}) | | <u>17.25</u> km |
| Pérdidas en el espacio libre (P_{EL}) | | <u>111.83</u> dBm |
| Pérdidas suplementarias (P_S) | | <u>24</u> dBm |
| Impedancia | | <u>50</u> Ω |

ESTACION BASE

| | | |
|--|-----------------------|-----|
| Altura de la antena | <u>40</u> | m |
| Tipo de alimentador | <u>HELIX LDF 5-50</u> | |
| Longitud del alimentador | <u>50</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALTx}) | <u>1.4</u> | dBm |
| Pérdida por conectores (P_{CTx}) | <u>1</u> | dBm |
| Tipo de antena | <u>HELICOIDAL</u> | |
| Ganancia de la antena (G_{ATx}) | <u>13</u> | dBm |
| Atenuador (A) | <u>0.32</u> | dBm |

ESTACION SUSCRIPTORA

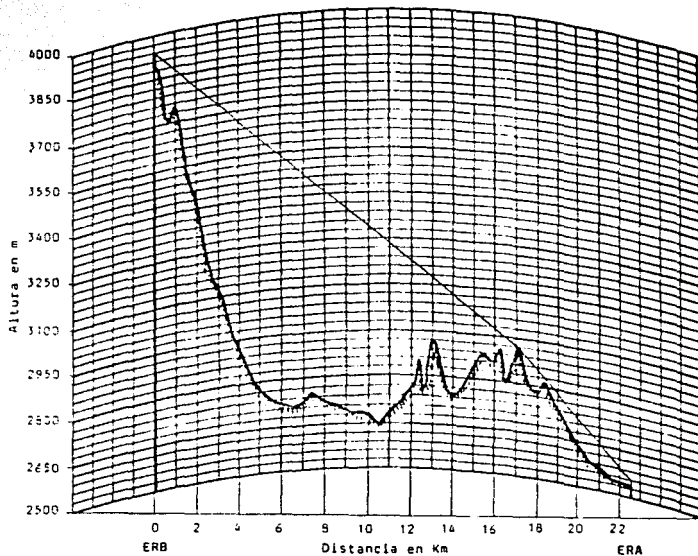
| | | |
|--|---------------------|-----|
| Altura de la antena | <u>20</u> | m |
| Tipo de alimentador | <u>HELIX RG 17U</u> | |
| Longitud del alimentador | <u>30</u> | m |
| Pérdida del alimentador (P_{ALRx}) | <u>1.95</u> | dBm |
| Pérdida por conectores (P_{CRx}) | <u>1</u> | dBm |
| Tipo de antena | <u>HELICOIDAL</u> | |
| Ganancia de la antena (G_{ARx}) | <u>13</u> | dBm |
| Atenuador (A) | <u>0.32</u> | dBm |

| | JOCOTITLAN | SAN LUCAS PATHE |
|---------------|------------|--------------------|
| LATITUD M | 19°44'19" | 19°55'36" |
| LONGITUD W | 99°45'39" | 99°50'21" |
| ALTURA SNM | 3890 m | 2540 m |
| ALTURA ANTENA | 40 m | 20 m |
| AZIMUTH | 172°15' | 159° |
| DISTANCIA | 22.7 Km | |
| FRECUENCIA | 611 MHz | |

| DISTANCIA (Km) | ALTURA (m) |
|-------------------|---------------|
| 0 | 3890 |
| 0.6 | 3740 |
| 1 | 3780 |
| 2 | 3630 |
| 3 | 3130 |
| 4 | 2900 |
| 5 | 2780 |
| 6 | 2730 |
| 7 | 2720 |
| 7.5 | 2760 |
| 8 | 2730 |
| 9 | 2700 |
| 10 | 2680 |
| 10.5 | 2650 |
| 11 | 2700 |
| 12 | 2750 |
| 12.3 | 2840 |
| 12.6 | 2770 |
| 13 | 2920 |
| 14 | 2720 |

| DISTANCIA (Km) | ALTURA (m) |
|-------------------|---------------|
| 15 | 2820 |
| 15.7 | 2900 |
| 16 | 2960 |
| 16.2 | 2900 |
| 16.5 | 2800 |
| 17 | 2920 |
| 18 | 2780 |
| 18.2 | 2820 |
| 19 | 2750 |
| 20 | 2660 |
| 21 | 2580 |
| 22 | 2550 |
| 22.7 | 2540 |

-231-



PERFIL RADIO ELECTRIC ENTRE LAS ESTACIONES RADIO BASE (ERB) Y RADIO ABONADO (ERA) DEL SISTEMA ATACOMULCO - CON K=4/3.

LATITUD N
LONGITUD W
ALTURA SNM
ALTURA ANTENA

DISTANCIA

JOCOTITLAN

19° 44' 19"
99° 45' 39"
3890 m
40 m

S. L. PATHE

19° 55' 36"
99° 50' 21"
2540 m
20 m

22.7 Km

Pérdidas en el espacio libre

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

$$P_{EL} = 32.44 + 20\log(411) + 20\log(22.7)$$

$$P_{EL} = 111.83 \text{ dB}$$

Pérdidas suplementarias.

$$h_o = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/seg}}{411 \times 10^6 \text{ 1/seg}} = 0.73 \text{ m}$$

$$d_1 = 17250$$

$$d_2 = 5450$$

$$d = 22700$$

$$h_o = \sqrt{\frac{(0.73)(17250)(5450)}{(22700)}} = 54.98$$

$$h_c = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2 \text{ Rap}} - h_s$$

$$h_c = 3930 - \frac{17250}{22700} (3930 - 2560) - \frac{(17250)(5450)}{2(8500000)} - 2940$$

$$h_c = 3930 - 1041.07 - 5.53 - 2940$$

$$h_c = -76.6$$

$$\frac{h_c}{h_o} = \frac{-76.6}{54.88} = -1.3932$$

de la figura 2.8.2.6.b. se obtiene:

$$P_{DIF} = 18 \text{ dB}$$

$$\left(\text{para } \frac{h_c}{h_o} = -1.3932\right)$$

$$P_{DESV} = 6 \text{ dB}$$

$$\left(\text{para el 99\% del tiempo}\right)$$

$$P_s = P_{DIF} + P_{DESV}$$

$$P_s = 18 + 6 = 24 \text{ dB}$$

Grado de rugosidad.

$$M = 2.98 \times 10^3 \left(\left(\frac{2}{3} \right) \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right)^2 \right)$$

$$M = 2.98 \times 10^3 (411)^{2/3} \left(\sqrt{3930} + \sqrt{2580} \right)^2$$

$$M = 2124$$

∴ Se considera difracción
sobre filo de navaja.

Pérdidas en los alimentadores.

Atenuación del cable LDF 5-50 = 2.8 dB/100 km.

$$2.8 \text{ dB} \text{ --- } 100 \text{ m}$$

$$P_{ALTx} \text{ dB} \text{ --- } 50 \text{ m}$$

$$P_{ALTx} = 1.4 \text{ dB}$$

Atenuación del cable HELIAX RG 17U

$$6.5 \text{ dB} \text{ --- } 100 \text{ m}$$

$$P_{ALRx} \text{ dB} \text{ --- } 30 \text{ m}$$

$$P_{ALRx} = 1.95$$

$$P_{AL} = 1.4 + 1.95 = 3.35 \text{ dB}$$

Pérdidas por conectores

$$P_{CTx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_{CRx} = (0.5) (2) = 1 \text{ dB}$$

$$P_c = P_{CTx} + P_{CRx}$$

$$P_c = 1 + 1 = 2 \text{ dB}$$

Atenuación total admisible

$$A_T = - [W_{Tx} - RF]$$

$$A_T = -33 - (-82.5)$$

$$A_T = -115.5 \text{ dB}$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - P_{EL} - P_{AL} - P_c - P_s$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 111.83 - 3.35 - 2 - 24$$

$$A_T = G_{ATx} + G_{ARx} - 141.18$$

si la antena de la estación base es una antena helicoidal con 13 dB de ganancia, entonces la antena de la estación suscriptorá será:

$$G_{ARx} = A_T - G_{ATx} + 141.18$$

$$G_{ARx} = -115.5 - 13 + 141.18$$

$$G_{ARx} = 12.68 \text{ dB}$$

∴ la antena de la estación suscriptorá deberá ser una antena helicoidal con 13 dB de ganancia. El atenuador deberá ser:

$$A = 13 - 12.68 = 0.32 \text{ dB}$$

Capítulo VII

INSTALACION

7 INSTALACION

En el presente capítulo se indica el procedimiento a seguir para realizar la instalación del equipo concentrador, equipo radio base y equipo radio abo_nado.

7.1 EQUIPO CONCENTRADOR

El equipo concentrador va alojado en un bastidor con dimensiones de: 1670 x 533 x 355 mm. En la figura 7.1 se muestra el equipamiento del basti_dor.

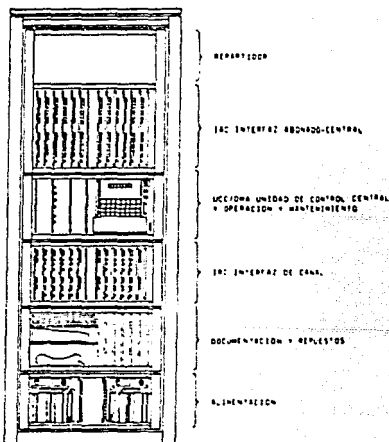


Fig. 7.1. Equipamiento del bastidor del equipo concentrador

7.1.1. CABLEADO DE ALIMENTACION

Se cablearán dos tiradas de alimentación (una por cada convertidor) - con cable bipolar de $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$ desde el distribuidor de alimentación a las - regletas de conexión del concentrador. Fig. 7.1.1.

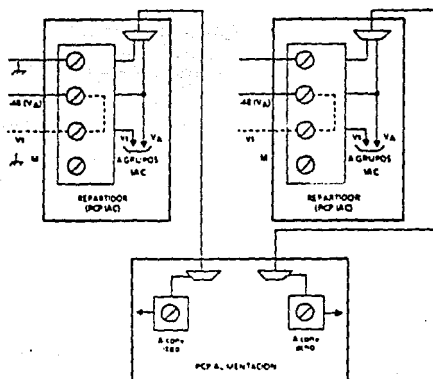


Fig. 7.1.1. Cableado de alimentación al concentrador

7.1.2 TOMA DE TIERRA

Se realizará una tirada con cable desnudo de 6 mm^2 desde la toma - del bastidor (tornillo situado en la parte posterior del equipo) hasta la general -

de la central.

7.1.3 CABLEADO DE CANALES

La interconexión de canales en la estación base se realizará con cable B.F. de 12+1 pares, cableándose 6 hilos por canal (2 Tx, 2 Rx y 2 señalización E y M).

Para el correcto cableado, se seguirá el código de colores que a continuación se indican:

CABLE DE B.F. DE 12 PARES

| PAR | 1/er HILO | 2/do HILO |
|-----|-----------|-----------|
| 1 | AZUL | BLANCO |
| 2 | NARANJA | BLANCO |
| 3 | VERDE | BLANCO |
| 4 | CAFE | BLANCO |
| 5 | GRIS | BLANCO |
| 6 | AZUL | ROJO |
| 7 | NARANJA | ROJO |
| 8 | VERDE | ROJO |
| 9 | CAFE | ROJO |
| 10 | GRIS | ROJO |
| 11 | AZUL | NEGRO |
| 12 | NARANJA | NEGRO |

7.2 ESTACION RADIO BASE

La estación radio base tiene por misión enlazar radioeléctricamente el concentrador con los equipos de abonados distantes. La estación está formada por equipos idénticos, cada uno de ellos equipados con cuatro canales y conectados cada uno a una antena.

El equipo radio base va alojado en un bastidor tipo Slim, con dimensiones de 2600 x 225 x 120 mm. en la figura 7.2 se indica el equipamiento del citado bastidor.

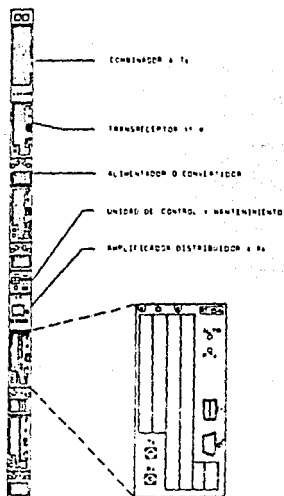


Fig. 7.2 Equipamiento de la estación radio base

7.2.1 INSTALACION DE ANTENA

Las antenas a instalarse son del tipo COLINEAL y HELICOIDAL, la ubicación de la torre está definida en la cartografía de instalación.

Para su fijación a la torre se emplearán las abrazaderas que se proporcionan con la antena.

La antena está provista de una cola, la cual se fijará a la ménsula cada 30 cm.

7.2.2 INSTALACION DEL CABLE COAXIAL

El cable coaxial a instalar será del tipo HELIAX LDF 5-50 con pérdidas de 2.8 dB/100 m.

La fijación del cable a la torre se realizará mediante una pieza en "C" y una abrazadera.

A la antena, ya prevista con su cola, se conectará el cable al que se le habrá colocado un conector macho tipo "N".

Los conectores de la cola y el cable coaxial, una vez conectados, se protegerán con cinta vulcanizada.

El extremo del cable, lado central, se conectará a la parte superior izquierda del bastidor Radio Base donde se encuentra la toma del equipo, esta conexión se realiza a través de una transición acerdada macho-hembra, tipo N.

El montaje del conector se realizará como se indica en la figura 7.2.2.

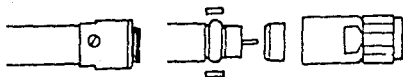


Fig. 7.2.2 Montaje del conector al cable coaxial

Hay que tener en cuenta que el conector debe de encajar perfectamente por el interior de la malla siendo ésta presionada entre el cono y la pieza posterior al ser apretado al conjunto del conector.

7.2.3 CABLEADO DE ALIMENTACION

Se realizará una tirada con cable de $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$ desde el distribuidor de alimentación conectándose el positivo a la terminal 2 de la regleta M2 y el negativo a la terminal 1 de la regleta M2.

7.2.4 TOMA DE TIERRA

Se realizará una tirada con cable de 6 mm^2 , desde la tierra general de la central al borne de toma de tierra del bastidor.

7.2.5 CABLEADO DE ALARMAS

Las alarmas se cablearán al equipo de supervisión desde la regleta M3 del bastidor, el cable a emplear será el BF de 6 pares.

7.2.6 CABLEADO DE CANALES

La interconexión de canales con el equipo concentrador se realizará mediante dos tiradas con cable BF de 12×1 pares, cableándose 6 hilos por canal, para el cableado correcto, se seguirá el código de colores tal como se indica a continuación:



| | CANAL | DENOMINACION | COLOR | ECO/REPARTIDOR |
|--------|-------|--------------|-----------------|----------------|
| PAR 1 | 1 | 1a | AZUL | B |
| | 2 | | BLANCO | D |
| PAR 2 | 1 | Ra | AZUL | B |
| | 2 | | BLANCO | D |
| PAR 3 | 1 | Sn | VERDE | B |
| | 2 | | BLANCO | D |
| PAR 4 | 1 | 1a | MARRON | B |
| | 2 | | BLANCO | D |
| PAR 5 | 1 | Ra | NEGRO | B |
| | 2 | | BLANCO | D |
| PAR 6 | 1 | Sn | AZUL/BLANCO | B |
| | 2 | | BLANCO | D |
| PAR 7 | 1 | 1a | AZUL/AMARILLO | B |
| | 2 | | BLANCO | D |
| PAR 8 | 1 | Ra | AZUL/VERDE | B |
| | 2 | | BLANCO | D |
| PAR 9 | 1 | Sn | AZUL/MARRON | B |
| | 2 | | BLANCO | D |
| PAR 10 | 1 | 1a | AZUL/NEGRO | B |
| | 2 | | BLANCO | D |
| PAR 11 | 1 | Ra | AMARILLO/BLANCO | B |
| | 2 | | BLANCO | D |
| PAR 12 | 1 | Sn | AMARILLO/MARRON | B |
| | 2 | | BLANCO | D |

7.3 ESTACION RADIO ABONADO

En esta sección se describen los pasos a seguir para realizar la instalación del equipo abonado del sistema de multiacceso (MAR), se detallarán separadamente dos tipos de instalaciones.

- Instalación en interiores
- Instalación en intemperie

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL EQUIPO ABONADO

Los distintos elementos que configuran la instalación del equipo abonado depende del tipo de instalación que se realice, ya sea en el interior de un edificio o en intemperie.

a) **Instalación en interiores**

Toma de tierra
Pararrayos y mástil de sujeción
Sistema de antena
Acometida de energía
Baterías
Equipos de abonado

b) **Instalación en intemperie**

Poste
Toma de tierra
Sistema de antena
Módulo solar fotovoltaico
Caja para regulador y batería
Caja para equipo radio abonado
Equipo de abonado
Herrajes de fijación

7.3.1. INSTALACION EN EDIFICIO

Cuando el sistema se ubique en un edificio público, o en casa del abonado se seguirán las observaciones que a continuación se detallan, en la fig. 7.3.1.

7.3.1.1. TOMA DE TIERRA

La toma de tierra en el cuerpo conductor o conjunto de cuerpos conductores en contacto eléctrico con tierra, es utilizado para dispersar las corrientes eléctricas por el terreno.

El sistema de toma de tierra está formado por el pozo de toma de -

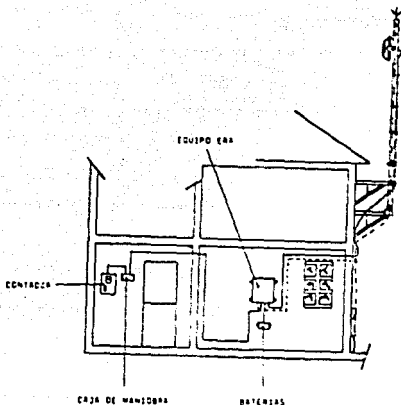


Fig. 7.3.1 Instalación en edificio del equipo radio abonado

tierra, el electródo o electródos, y el conductor o conductores en unión con los elementos a proteger.

7.3.1.2 INSTALACION DE PARARRAYOS

La instalación de pararrayos se efectuará observando las siguientes - operaciones:

En el extremo superior del mástil se realizará un taladro roscado que sirva para fijar finalmente la punta del pararrayos al mástil. Ver figura 7.3.1. 2.a.

El cable a emplear para la bajada será desnudo de 50 mm^2 , e irá - por dentro del mástil, una vez introduciendo por el interior del mismo, habiénd

estañado convenientemente el extremo superior en una longitud aproximada de 4 ó 5 cm. se fijará al soporte de pararrayos apretando los tornillos allen, y posteriormente se fijará al mástil a través de un tornillo M x 20.

Este cable una vez fuera del mástil se sujetará a la pared del edificio mediante grapas de fijación, colocadas entre sí a una distancia aproximada de 1m. y bajará directamente hasta su conexión al electródo de toma de tierra,

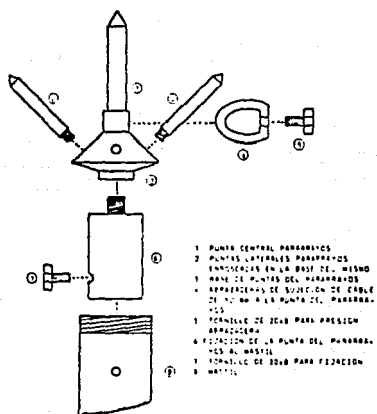


Fig. 7.3.1.2. a Conjunto de fijación de pararrayos al mástil

protegiéndose en su parte inferior y hasta una altura aproximada de 2.5 m. del suelo, mediante un tubo.

Se tratará de evitar codos en su trayecto, si esto no fuese posible el radio mínimo de curvatura será de 20 mm. y el ángulo de codo no deberá ser -

menor de 90° .

Para dar tierra al equipo, se instalará un cable de 6 mm^2 (amarillo-verde), que se derivará mediante una brida de cable de bajada de tierra del pararrayos, e irá grapado a la pared con intervalos de 30 cm. aproximadamente, introduciéndose en el interior del edificio a través de la placa pasamuros, conectándose al tornillo de toma de tierra del equipo, y puenteando al negativo de la batería.

Si no se considerase necesario la instalación del pararrayos, el cable de bajada se atornillará al soporte inferior de fijación del mástil.

7.3.1.3 SISTEMA DE ANTENA

El sistema de antena está constituido por la antena y el cable de RF unido directamente al equipo mediante un conector, la situación normal será aquella en que la antena se instale en el mismo mástil que el pararrayos y protegida por este.

Puede ocurrir que la antena y el pararrayos no se situen en el mismo mástil y que haya una distancia entre ellos superior a 5 m.

En esta situación pueden presentarse dos casos:

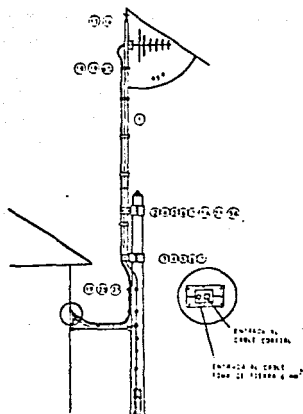
- a) Que la antena esté dentro del cono de protección del pararrayos, en cuyo caso no necesite toma de tierra independiente.
- b) Que la antena esté fuera del cono de protección del pararrayos, en cuyo caso, por el mástil de la antena se tenderá un conductor de bajada y en la vertical del mismo se unirá a un electródo de toma de tierra que a su vez irá unido al del pararrayos. La resistencia del conjunto no será superior a 15Ω . En este caso, ambos conductores de bajada, el de antena y el de pararrayos se unirán en diversos puntos de su recorrido, a la altura de la antena y a intervalos de 20 m. de forma que los codos de los cables de unión tengan un radio mínimo de 200 mm.

En el apéndice 2 se muestra en forma gráfica una lista de accesorios que son necesarios en la instalación de la estación radio base.

FIJACION DEL MASTIL AL POSTE

La fijación del mástil a un poste, se realizará mediante las abrazaderas (2 y 3) superior e inferior respectivamente y la varilla roscada en "U" (54, 55 y 56).

Cuando el poste se halle distanciado del edificio, el paso del coaxial y del cable de tierra al edificio, se hará mediante un cable de acero empleando se los materiales (8, 9, 10, 11, 23, 33) tal como se indica en las figuras 7.3.1.3.b y 7.3.1.3.c.



Nota: Ver simbología del adóncice 2

Fig. 7.3.1.3.b Sujeción de la antena al poste

7.3.1.4 ACOMETIDA DE ENERGIA

La tensión de corriente alterna, se tomará a través de una derivación del contador del edificio. El cable de acometida de energía llevará las protecciones apropiadas tales como: Interruptor diferencial (36) de alta sensibilidad, de 30 mA y 25A de intensidad, interruptor magnetotérmico de 2 x 5A (37), autotransformador (61) y descargadores (62). Estos elementos se ubicarán en una caja de maniobra. Ver figura 7.3.1.4.a

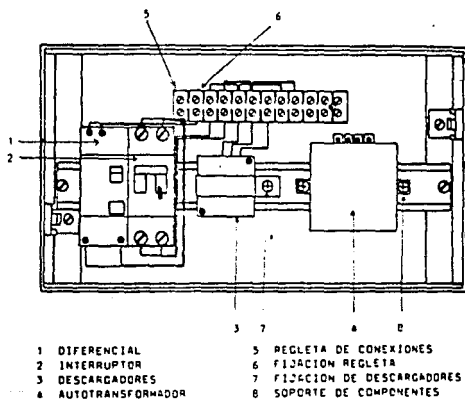


Fig. 7.3.1.4.a Conexión entre elementos que constituyen parte de la acometida de energía

El cable de acometida estará constituido por manguera antihumeda de $2 \times 1.5 \text{ mm}^2$, e ira fija a la pared con intervalos de aproximadamente 0.5 m.,

mediante una grapa (49). Este cable deberá ir protegido mediante tubo protector en lugares tales como graneros, almacenes, maderas u otras estancias en las que puedan derivarse riesgo para la instalación (golpes, roedores, etc).

— BATERIAS

La batería se ubicará en su contenedor en la parte inmediatamente inferior del equipo de abonado, dejando espacio, suficiente entre ellos para permitir las conexiones entre ambas. El cable a emplear para su conexión a la regleta del equipo de abonado será manguera antihúmeda de $2 \times 1.5 \text{ m}^2$.

7.3.1.5 EQUIPO DE ABONADO

El equipo se fijará a la pared, a una altura, en cualquier caso no superior a la de los ojos (1.50 m). Para fijarlo a la pared se emplearán: taquetes (25) arandelas (27) y pijas 7 x 60 (26).

7.3.2 INSTALACION EN INTEMPERIE

La instalación en intemperie, representa la ubicación en el exterior de todo equipamiento de que se compone el equipo radio-abonado. La instalación de todos los elementos van fijados a un poste, bien de madera o bien de hormigón.

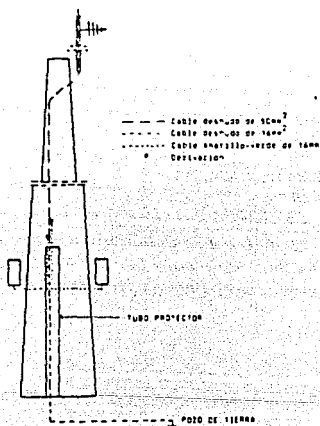
7.3.2.1. INSTALACION DE PARARRAYOS

El cable a emplear para la bajada a tierra del pararrayos será desnudo de 50 mm^2 de sección e irá por dentro del mástil estabiéndose el extremo superior a una longitud aproximada de 5 cm. fijándose al soporte del pararrayos y al mástil.

Una vez el cable en el interior del mástil, se fijará al poste mediante las grapas (63 ó 64) y el taquete de expansión (65) distanciadas entre sí 1m.

En la parte inferior del poste y hasta una altura aproximada de 2 a 5 m. se protegerá este cable mediante un tubo (29).

Este cable de bajada a tierra del pararrayos, se conectará directamente a la pica de toma de tierra. Para la puesta a tierra de las cajas del equipo y positivo de batería se tomarán derivaciones mediante bridas del cable de bajada a tierra del pararrayos, estas derivaciones serán de 6 mm^2 (amarillo-verde). - Ver figura 7.3.1.a.



NOTA: Cuando se instale pararrayos, el cable de 35 mm^2 no se conectará al mástil de soporte de la antena.

Fig. 7.3.1.a. Sistema de toma de tierra multicapa intermedia

7.3.2.2. INSTALACION SIN PARARRAYOS

En aquellos casos en que no se instale pararrayos, el cable de bajada

(desnudo de 50 mm²) se conectará al mástil de antena, a través del soporte inferior mediante el tornillo de fijación.

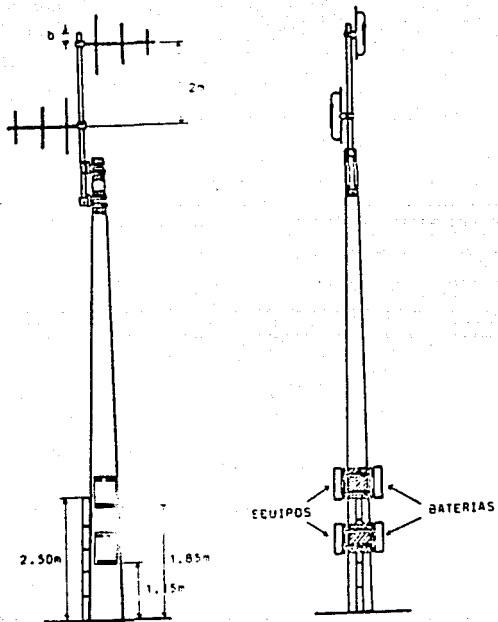
7.3.2.3 INSTALACION DEL MASTIL Y ANTENA.

La fijación del mástil al poste se realizará mediante dos abrazaderas, superior (67) e inferior (66) unos espárragos roscados de acero inoxidable y una varilla, roscado en "U" y utilizando los propios taladros del poste, se deberá tener en cuenta que el mástil queda solapado con el poste al menos 1m.

Hay que tener en cuenta que cuando se instale pararrayos, la antena tienen que quedar bajo cobertura de éste, esta cobertura está formada por un cono de 45°, tomando como vértice la punta del pararrayos.

7.3.2.4 INSTALACION DE CAJAS

Las cajas, uno de las cuales contiene el regulador y la batería, y la otra el equipo de radio abonado, se instalarán en caras opuestas del poste, espalda con espalda a una altura aproximada de 1.65 m desde la parte inferior, fijándose al poste como se muestra en la figura 7.3.2.4.



Nota: La distancia b cuando se instalen pararrayos será de 1.5 m

Fig. 7.3.2.A Instalación de cajas en un sistema en intemperie

Capitulo VIII

**ASPECTOS FINANCIEROS Y
EVALUACION ECONOMICA.**

8 ASPECTOS FINANCIEROS Y EVALUACION ECONOMICA

Tal vez la parte menos atractiva técnicamente hablando pero una de las más importantes para el desarrollo de un proyecto es la parte financiera que debe seguir a un desarrollo técnico desde su concepción hasta su fin.

Generalmente el trabajo de administradores, economistas y contadores es el que se encarga de estos aspectos, sin embargo el ingeniero diseñador, proyectista y constructor debe estar perfectamente enterado para combinar un trabajo conjunto de asesorías adecuadas para obtener los mejores resultados.

8.1 JUSTIFICACION DE LA INVERSION EN UN SISTEMA TELEFONICO RURAL.

Ya se ha mencionado en capítulo anteriores, que una justificación económica debe ser hecha contra los siguientes factores:

- Número de habitantes beneficiados
- Tiempo de recuperación de la inversión
- Costo del equipo de comunicaciones, vida útil del mismo y amortización
- Costo total del sistema incluyendo proyección y construcción
- Costo del mantenimiento por año
- Estimación de utilidades que redituará el sistema por año.

El empate de estos parámetros más el efecto benéfico al medio rural en que se dote de comunicación debe dar la decisión final para el desarrollo de un sistema.

Este estudio técnico-económico bien puede llevar a la realización del proyecto en cuestión, a modificaciones o incluso su cancelación para buscar otras opciones que ofrezcan mejores características económicas.

8.2 LOS COSTOS EN LA PROYECCION DE UN SISTEMA TELEFONICO - RURAL.

En la actualidad, debido a las fluctuaciones de precios que existen en

el mercado nacional y mundial por el efecto de la inflación y otros fenómenos económicos de impacto internacional es casi imposible fijar en este trabajo los costos totales que puede presentar un sistema además de que no es la finalidad que se busca, si no el establecer un procedimiento aplicable en todo momento para tener una determinación correcta de los costos y su forma de manejo.

El procedimiento propuesto es el siguiente:

- Determinación de las necesidades de equipo y accesorios para el proyecto en cuestión.
- Determinación de la cantidad y tipo de materiales de construcción que se requieren.
- Costo de proyección y construcción.
- Determinación del costo del equipo de medición que se utilizará en el proyecto y durante su mantenimiento.
- Cálculo del costo del mantenimiento a un mínimo de 10 años por la vida útil del sistema.
- Determinación del costo de entrenamiento y formación de personal.

a) Determinación de las necesidades de equipo y accesorios para el proyecto en cuestión.

Debido a la variedad de equipo que hay en el mercado se deberá considerar:

- La elección de la mejor tecnología
- Cotización de diversos fabricantes por el equipo para cada población punto de enlace a la red telefónica y equipo de repuesto, lote de refacciones.
- Tiempo de entrega, condiciones y lugar de entrega.
- Tiempo de garantía que ofrece el distribuidor.
- Facilidades para la obtención de partes de repuesto hasta por la vida del equipo.
- Equipo de medición que se requiere en el mantenimiento, puesta a punto e instalación.
- Capacitación del personal por el fabricante (especialización de un reducido grupo de técnicos e ingenieros.)
- Documentación, instructivos y manuales de mantenimiento.

- Pago de impuestos, derechos aduanales (si es el caso) y seguro de transportación la fábrica a su lugar de entrega.
- Términos del contrato de compra-venta, imposición de multas por perjuicios causados por el retardo del tiempo de entrega del fabricante o incumplimiento de los términos de pago del comprador.
- Moneda en que se hará el pago, cotización actual y en el momento de hacer los pagos (estimaciones estadísticas).
- Seguro del equipo (opcional) contra daños causados por desastres naturales- robo, incendio u otros.

Es factible la convocación a concurso de fabricantes para obtener resultados de un amplio panorama para seleccionar el que ofrezca mejores características técnicas y económicas.

b) Determinación de la cantidad y equipo de materiales de construcción que se requieren.

Se requiere concentrar la atención en los aspectos de construcción dividiendo los en los siguientes grupos fundamentales:

- Obra civil.

Requerimientos para estaciones de suscriptor, base y terminales ya sea de edificación adaptación o modificación.

- Instalaciones eléctricas.

Convencionales y especiales incluyendo accesorios mínimos. Se recomienda diseñar un modelo y de esta forma multiplicar por el mínimo de estaciones a construir.

- Estructuras de soporte.

Con todos sus accesorios y herrajes.

- Sistema de transmisión

Para las tecnologías a utilizar con todos sus componentes con base en el ante proyecto o en el proyecto definitivo para cada localidad y estaciones base y terminales.

- Dispositivos de protección.

todos los necesarios.

— Sistemas de tierra.

Cálculos de material basados en los estudios de campo realizados en cada localidad o en el anteproyecto con un modelo adecuado.

— Equipo de alimentación.

Cantidades, tipos y características de acuerdo a lo requerido en el proyecto.

— Misceláneos.

Tornillería, herramienta especial (si se requiere y que las brigadas de construcción deben contar con el necesario para varios proyectos sin cargar el costo de éstos), herramienta necesaria para el mantenimiento (de uso exclusivo en y para el sistema proyectado) y otros.

c) Costo de proyección y construcción

Para este cálculo deben ser considerados:

— Proyecto

- horas hombre de proyectistas de acuerdo a un plan de trabajo y un programa con tiempos establecidos.
- estudios de campo, tiempos de recorrido con planes y tiempos a cumplir, gastos de viaje, viáticos, vehículo, combustible.

— Obra

- gente necesaria, tiempo total de construcción basándose en organización efectiva, planes de trabajo, programas de construcción, salarios, vehículos, viajes estimados, viajes de distribución de materiales, depreciación de vehículos, combustibles, lubricantes, viáticos de personal y todo lo referente al aspecto construcción.

d) Determinación del costo del equipo de medición que se utilizará en el proyecto y durante su mantenimiento.

Este es un punto opcional ya que puede evitarse con el equipo que de antemano se tenga debido a otros sistemas o que se considere en otros costos, como los de mantenimiento, sin embargo, no se pase por alto ya que sus precios

llegan a ser muy considerables cuando no se cuenta con él y es imprescindible su uso. En ocasiones el fabricante ofrece equipos especialmente diseñados para el mantenimiento evitando el uso de costosos equipos de medición.

También en ocasiones no se considera al contarse con otras opciones, ya sea que se encargue el mantenimiento a alguna compañía o que se tenga la facilidad de disponer de él cuando se requiera por la existencia de centros de mantenimiento especializados del propietario de la red.

- e) Cálculo del costo del mantenimiento a un mínimo de 10 años o por la vida útil del sistema.

Este costo, que pueda estar fuera del que se calcula para la construcción del proyecto, es necesario puesto que el mantenimiento es indispensable para la buena operación de la red.

El costo por año se determina estimando.

- gente necesaria.
- viajes de rutina, uso de vehículo
- uso de laboratorio.
- gastos aproximados de uso de energía eléctrica
- programas de mantenimiento preventivo y correctivo
- estimación de tiempos medios entre fallas de las partes del personal.

- f) Determinación del costo de entrenamiento y formación de personal.

El personal de construcción es generalmente el que entrena al personal que se encargará del mantenimiento, quien deberá participar activamente para quedar capacitado cuando se finalice la construcción y los constructores se dirijan a otra región.

Es deseable observar el costo de aprendizaje para las personas que darán mantenimiento como una inversión, por lo que recomiendo que se cuiden los factores humanos y económicos para éstas personas y se evite el no poder contar con ellas cuando se requiere si se retiran sin dar tiempo a entrenar a un su-plente.

Por último, y sólo a manera de ejemplo se presenta el costo por localidad en forma estimada ya que como se mencionó desde un principio la inflación y paridad monetaria se modifican continuamente.

El costo estimado para una localidad rural conectada a la red telefónica del radio de acceso múltiple es de: \$ 10'500,000.00 de los cuales:

| | |
|--|---------------|
| Refacciones, accesorios y herramientas menores | 0.41 % |
| Estructuras y manufacturas | 7.38 % |
| Material eléctrico | 13.68 % |
| Equipos y aparatos comunicaciones y telecomunicaciones | 30.88 % |
| Mano de obra | 33.42 % |
| Estudios de ingeniería | 1.67 % |
| Extensión de línea | 2.55 % |
| Contratación con Telmex | 0.91 % |
| Imprevistos (10% del total) | <u>9.10 %</u> |
| TOTAL | 100.00 % |

Capítulo IX

CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES

De acuerdo al trabajo realizado y a las investigaciones hechas, se ha llegado a la conclusión de que la aplicación del radio de acceso múltiple al problema de la telefonía rural en el país es una técnica que permite llevar la comunicación telefónica a las zonas rurales, integrando éstas a la red telefónica nacional y mundial con una calidad de servicio apropiada contribuyendo al bienestar social y desarrollo económico del medio rural.

Además de lo anterior, el sistema de multiacceso enlaza telefónicamente un elevado número de poblaciones con bajo número de pares de frecuencia en función de la demanda, conservando privacidad de la comunicación de tal manera que cada población puede ser identificada y tener un número telefónico propio.

El sistema empleado en el proyecto propuesto Atlacomulco, es el MAR-1604 de Telettra, gracias a sus características técnicas (Banda de frecuencia de operación, compatibilidad con los planes fundamentales, cumplimiento con las normas oficiales, potencia de transmisión, sensibilidad del receptor, relación señal a ruido, facilidad de mantenimiento, modularidad, y un aspecto muy importante, el costo) es el equipo que tiene más ventajas técnicas y económicas con respecto a otros equipos disponibles en el mercado.

Dentro del trabajo se incluye el desarrollo de todo el proyecto para instalación y operación.

APENDICE 1

APENDICE I

FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTIVIDAD DEL SUELO

HUMEDAD: Casi cualquier tipo de suelo con su contenido de humedad igual a cero, puede considerarse como un buen aislante. Los efectos típicos de la humedad sobre la resistividad del suelo se muestran en la figura A 1.1 en la cual vemos que un contenido mayor del 20% de humedad tiene poco efecto en la resistividad.

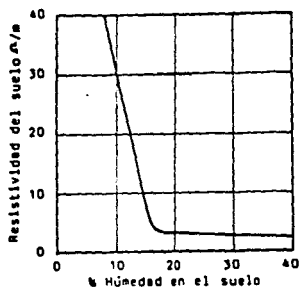


Fig. A.1.1 Variación de la resistividad con el contenido de humedad

MINERALES: Pueden encontrarse suelos con escasos contenido de sales minerales, afectando esto a la resistividad del suelo. Esto se ilustra en la figura A 1.2

TEMPERATURA: Las variaciones de temperatura del suelo produce cambios en su resistividad. Esto se ilustra en la fig. A 1.3.

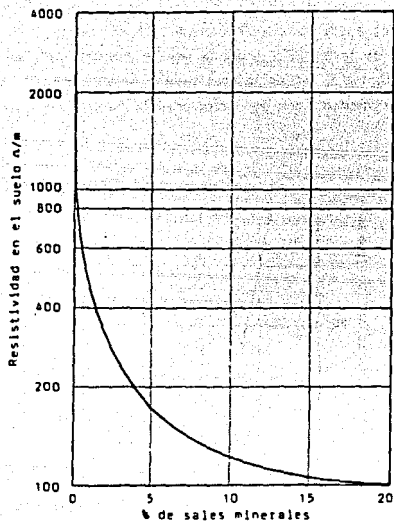


Fig. A.1.2 Variación de la resistividad con el contenido de sales

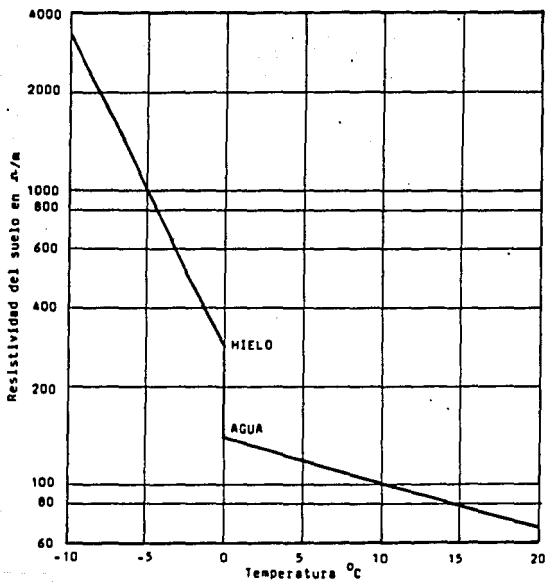


Fig. A.1.3. Variación de la resistividad por efecto de la temperatura

Además de las causas anteriores, tenemos entre otros: la compactibilidad, la presión, la granulometría, el tipo de suelo, el nivel de aguas subterráneas, etc.

MEDICIONES DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO

La resistividad del suelo debe medirse para:

- Determinar en una zona dada, el lugar más apropiado para la toma de tierra de una instalación telefónica.
- Determinar el sistema de electrodos de tierra más favorable para el emplazamiento elegido.

En estos dos casos hay que efectuar una serie de mediciones en la zona considerada hasta encontrar el lugar caracterizado por los valores de resistencia más reducidos.

Existen varios métodos para la medición de la resistividad del suelo, como son:

- Método de cuatro electrodos para la determinación promedio de la resistividad del suelo. Ver figura A 1.4.

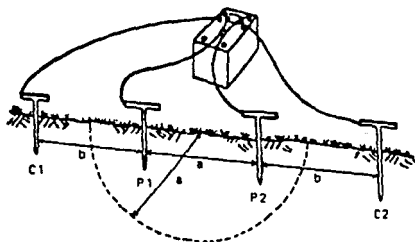


Fig. A.1.4 Método de cuatro electrodos

2. Método de tres electrodos para la medición de la resistencia de la tierra de una toma de tierra (electrodo) resistencia de ánodo y efectos de polarización.

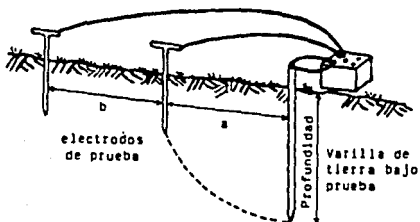


Fig. A.1.5 Método de tres electrodos

3. Método de dos electrodos para la medición de la resistencia de un circuito.

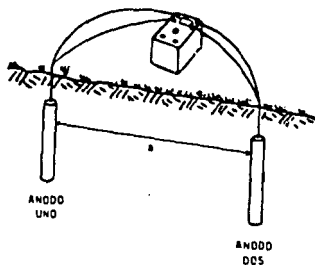


Fig. A.1.6 Método de dos electrodos









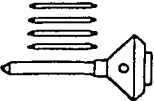

Una instalación de tierra puede considerarse adecuada únicamente si se encuentra en buenas condiciones, por lo que es necesario controlar periódicamente su estado.

Los controles periódicos comprenden el examen del estado de conservación del sistema de distribución, de los conductores de tierra y de su punto -

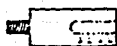
de unión (soldaduras, conectores, terminales, etc), teniendo particularmente en cuenta las eventuales corrosiones y la medida de la resistencia de tierra.

La periodicidad adoptada para medir la resistencia de tierra oscila entre uno y cinco años, dependiendo de las condiciones corrosivas del suelo y la exposición de las instalaciones a daños mecánicos. En las instalaciones donde se haya empleado un tratamiento del terreno, deben efectuarse mediciones cada seis meses para asegurar su efectividad.

APENDICE 2

| | | |
|---|-------------|-------------------------------------|
|  | 1 | Mástil de 14" L=5m |
|  | 2 | Abrazadera superior poste-mástil |
|  | 3 | Abrazadera inferior poste-mástil |
|  | 4, 5, 6 y 7 | Tornillo M10x30, arandelas y tuerca |
|  | 8 | Fijación fiador |
|  | 9 | Cable de acero 5mm (fiador) |
|  | 10 | Tensor 5/16 |
|  | 11 | Perrillo 5/16 |
|  | 12 | Faratrayos 5 puntas |
|  | 13 | Tornillo c/allen M8x10 |

Simbología de accesorios utilizados en la instalación de antenas



14 Soporte de pararrayos



15 Cable desnudo de 50 mm²



16 y 17 Tubo fergusonul PG-29 y prensaestopa PG-29



18 Grapa abrazadera de 37



19 Grapa abrazadera de 10



20



21



22



23 Brida unex autoblocante

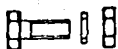


24 Cable pirepol de 6 mm² amarillo-verde



25, 26 y 27 Taco fichero 5/10
Arandela 8.0 Ø interior
Brida unex autoblocante

Simbología de accesorios utilizados en la instalación de antenas



28, 29 y 30 Tornillo latón M=10x30



31 Brida toma de tierra 50/16



32 Terminal latón de 50 mm²



33 Guardaposte



34 Tapa superior mástil



35 Caja de maniobra



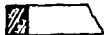
36 Diferencial bipolar de 25 A



37 Interruptor magnético bipolar de 5A



38 Interruptor magnético unipolar de 5A



39 Tubo ferrandul Pg-13

Simbología de accesorios utilizados en la instalación de antenas



40 Grapa abrazadera de 20



41 Caja de registro



42, 43 y 44 Enchufe Sínón, caja mecanismo y placa metálica



45 Prensaestopa PG-13



46 Cinta autosoldante



47 Manguito retráctil



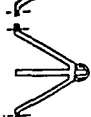
48 Cable bipolar de $2 \times 1.5 \text{ mm}^2$



49 Grapa para cable bipolar



50 Fijación superior mástil



51 Fijación inferior mástil

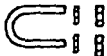
Simbología de accesorios utilizados en la instalación de antenas



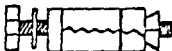
52 Fijación superior mástil a empotrar



53 Fijación inferior mástil a empotrar



54, 55 y 56 Varilla roscada en U
Arandela 12.6 B interior
Tuerca M-12 de acero inoxidable



57, 58 y 59 Bulón de expansión
Arandela 8.4 Ø interior
Tornillo MBx60



60 Espatrago de unión M6



61 Autotransformador



62 Descargadores



63 Grapa sencilla

Simbología de accesorios utilizados en la instalación de antenas



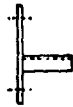
64 Grapa doble



65 Taco de expansión con varilla M-10



66 Fijación superior mástil-poste hormigón



67 fijación inferior mástil-poste hormigón



68 Junta de goma-soporte placa solar



69 Soporte placa solar



70 Placa fijación soporte placa solar

Simbología de accesorios utilizados en la instalación de antenas

APENDICE 3

APENDICE 3

UNIDADES DE TRANSMISION

En los sistemas de transmisión analógicos, se emplean muy frecuentemente el concepto de señal y ruido pues los criterios de evaluación de la calidad de servicio telefónico están basados fundamentalmente en la relación entre señales deseadas y no deseadas que alcanzan el oído en uno de los extremos de un circuito de transmisión. Pero, aunque en materia de conceptos y unidades de medición referentes a la señal deseada existe un concepto de uso casi universal, no se puede decir lo mismo con respecto al ruido y las unidades para medirlo.

Es así como para medir las señales, existen los conceptos de "nivel cero de referencia" y "tono de prueba" como universales, con la sola diferencia de la frecuencia del tono de prueba.

Existen dos organizaciones: El CCITT (Comité Consultivo Internacional Telefónico y Telegráfico) el cual emplea para medir ruido la medición psométrica y las unidades que de ella se derivan; y, el sistema BELL que utiliza en la medición de ruido las unidades derivadas de los circuitos de ponderación FIA y C-message.

Este apéndice está dedicado a definir e ilustrar el uso de los conceptos básicos y unidades que se utilizan comumente en la ingeniería de transmisión telefónica.

Se hace énfasis en las diferencias que existe entre los usos del CCITT y el Sistema Bell, principalmente porque en nuestro país, aunque de manera oficial se aplican las primeras, nuestra cercanía con la red de los Estados Unidos hace necesario el conocimiento y dominio de los conceptos y unidades de transmisión que en este país se utilizan.

EQUIVALENTE DE TRANSMISION

El equivalente de un cuadripolo o un circuito de transmisión, es la atenuación compuesta de dicho circuito cuando las impedancias de terminación son resistencias puras de 600 Ω .

El CCITT utiliza un tono de 800 Hz para medir el equivalente y el Sistema Bell lo hace con 1000 Hz,

PUNTO DE NIVEL CERO DE REFERENCIA

El punto de nivel cero de referencia es un punto del circuito de comunicación al que se refieren todos los niveles correspondientes a otros puntos del circuito. Su nivel relativo es 0 dBr.

TONO DE PRUEBA

El nivel de una conversación telefónica, debido a su carácter aleatorio, no se presta para realizar pruebas objetivas en un circuito de comunicación; así que, para definir niveles relativos y realizar tal tipo de pruebas, se ha seleccionado, de manera convencional, una señal de 800 Hz (1000 Hz en el Sistema Bell) y 1 mW (o dBm) como el tono de prueba que, aplicado en el punto de nivel relativo cero, sirva para determinar el nivel relativo correspondiente a los demás puntos de prueba del circuito.

Si el tono de prueba se aplica en el punto que no sea el de un nivel relativo cero, debe ajustarse al nivel relativo correspondiente a tal punto.

En los sistemas telefónicos se emplean extensamente las unidades logarítmicas para mediciones, debido a que constituyen el medio más práctico y conveniente de expresar la amplísima variedad de relaciones de potencia. La relación entre señales de gran intensidad y el ruido pueden llegar a cantidades que no son nada prácticas para su manejo, debido a que son cantidades muy grandes, las cuales al expresarse en decibeles, que es la unidad logarítmica más común - se transforma a un valor práctico.

EL DECIBEL (dB)

El decibel es la décima parte del Bell, el cual está definido como el logaritmo de base 10 de una relación de dos magnitudes de potencia.

$$X \text{ dB} = 10 \log \frac{W_1}{W_2}$$

EL dBm

Es una unidad que expresa un nivel de potencia absoluto, esto se hace refiriendo la potencia considerada a un nivel de potencia de 1 mW

$$X \text{ dBm} = 10 \log \frac{P \text{ (Watts)}}{1 \text{ mW}}$$

EL dBr

Es la relación en dB del nivel de energía en un punto dado en un sistema, con respecto al de la energía en un punto determinado, considerando como punto de referencia (según el sentido de transmisión).

EL dBW

Esta abreviatura significa dB con respecto a 1 Watt, es utilizado para expresar la potencia de transmisores.

$$X \text{ dBW} = 10 \log \frac{P}{1 \text{ W}}$$

EL dBm0

Esta abreviatura significa el nivel de potencia absoluta en dBm con respecto al punto de nivel relativo cero, es decir:

$$X \text{ dBm } 0 = Y \text{ dBm} - Z \text{ dBr}$$

EL dBm0p

Cuando nos referimos a interferencias telefónicas tales como ruido ininteligibilidad, diafonía, distorsión y otros, es usual hacer mediciones con un psófono. Este instrumento toma valores, de la curva característica de la respuesta en frecuencia del receptor telefónico y el oído humano, lo cual nos permite hacer una medición real de la impresión subjetiva de la interferencia para representar una medición objetiva. Si una medición es realizada usando un psófono, escribiremos dBm0p en vez de dBm0.

$$X \text{ dBm0p} = \text{dBm} - Z \text{ dBr}$$

GLOSARIO

GLOSARIO

- ABONADO:** Persona inscrita para recibir servicio telefónico.
- ABONADO A:** Usuario del servicio telefónico que origina una llamada.
- ABONADO B:** Usuario del servicio telefónico que recibe una llamada.
- APARATO DE ABONADO:** Dispositivo que se emplea para iniciar y efectuar una comunicación.
- CALD:** Central que maneja tráfico de larga distancia.
- CENTRAL LOCAL:** Lugar geográfico donde se encuentra instalado el equipo que tramita llamadas locales. En caso de que el abonado solicite - llamadas de larga distancia (LD) la central local cursará la llamada a una central que maneje dicho tráfico.
- CONCENTRACION:** Reduce el número de vías de conexión, el flujo de tráfico - es constante aumentando el tráfico por línea.
- CONGESTION:** Al proceso de una llamada que no puede establecerse por razones de alto tráfico se le llama congestión.
- DENSIDAD TELEFONICA:** Es el número de líneas telefónicas por cada 100 habitantes.
- DISTRIBUCION:** El número de vías de conmutación permanece constante y por lo tanto también el tráfico por línea.
- EXPANSION:** El número de vías de conexión aumenta, el flujo de tráfico entrante y saliente es constante. De manera que el tráfico por línea se reduce.
- GRADO DE SERVICIO:** Es la probabilidad de que falle el establecimiento de una comunicación entre los abonados A y B.
- GVT ESPECIAL:** Es una central automática cuya función es concentrar a todas - las centrales de una red urbana hacia los servicios especiales - (01, 04, 03 etc.)
- IMPEDANCIA:** Oposición que ofrece un circuito eléctrico al flujo de corriente - alterna. Es la relación entre el valor de la tensión eficaz aplicada a un circuito y la corriente efectiva que lo recorre, siempre-

que no exista otra fuente de energía en el circuito.

- IMPEDANCIA CARACTERISTICA:** La impedancia aparente de una línea de transmisión uniforme de longitud infinita, medida en cualquiera de sus puntos. Es la relación de la tensión aplicada a dicha línea uniforme en un punto y la corriente resultante en el mismo punto.
- INTENSIDAD DE TRAFICO CURSADO:** Es el volúmen de ocupaciones que se produce durante un período específico de tiempo, dividido por duración de éste.
La intensidad de tráfico generalmente se expresa en Erlangs así como los tiempos se deben medir en la misma unidad de tiempo.
- INTENSIDAD DE TRAFICO INSTANTANEO:** Es cuando el período de tiempo es extramadamente corto.
- MEDIO DE TRANSMISION:** Cualquier elemento capaz de permitir el paso de señales de un punto a otro.
- PASO DE CONCENTRACION (PACO):** Central automática que concentra las troncales de las centrales locales hacia los equipos de LD.
- PASO DE DISTRIBUCION (PADIS):** Central que distribuye el tráfico hacia centrales locales.
- REFLEXION:** Cambio de dirección que sufren las ondas de cualquier forma de energía radiante al chocar contra una superficie durante su propagación.
- TANDEM:** Central que atiende el tráfico proveniente de y hacia otras centrales.
- TELECOMUNICACION:** Comunicación a distancia por un medio eléctrico.
- TELEFONIA:** Transmisión de la voz a distancia por medio de señales eléctricas.
- TELEFONO:** Aparato que recibe y transmite la voz. Es un ensamble de dispositivos que incluye un micrófono, un receptor telefónico y usualmente un interruptor de gravedad, dispositivo de señalización y los componentes y alambrados asociados, el cual permite establecer comunicación.

- TELEFONO DE ALCANCIA:** Es aquel equipado para recibir el pago inmediato - por el servicio.
- TELEFONO AUTOMATICO:** Es aquel provisto de un disco dactilar u otro dispositivo que lo reemplaza.
- TRAFICO CURSADO:** Son las llamadas que tienen éxito.
- TRAFICO PERDIDO:** Son las llamadas que, por razones técnicas o no técnicas - no son cursadas. Siendo éste el valor que se utiliza para determinar la calidad de servicio.
- TRAFICO POR LINEA:** El tráfico que cursa el abonado hacia la central telefónica.
- TRAFICO POR TRONCAL:** Es el tráfico entre dos centrales, la cual está ocupada entre un 70 y 80%.
- TRAFICO OFRECIDO:** Es todo intento que lleva a cabo el abonado para establecer una comunicación.
- TRONCALES TELEFONICAS:** Son las líneas que unen entre sí las centrales de una población y pueden ser troncales urbanas e interurbanas.
- VOLUMEN DE TRAFICO:** Es la suma de los tiempos de ocupación de cierto número de ocupaciones.

BIBLIOGRAFIA

1. Documento: "Primer informe de evaluación sobre la factibilidad de empleo de radios de acceso múltiple, como alternativa tecnológica para la interconexión de poblados rurales al servicio telefónico que ofrece Teléfonos de México, S.A de C.V."
Grupo de evaluación tecnológica rural, Octubre/1984
2. Documento: "Bases para propuesta de un plan estratégico de telefonía rural"
Teléfonos de México, 1984
3. Documento: "Diagnóstico y prospectiva de la telefonía rural en TELMEX"
Teléfonos de México, Julio/1984
4. Seminario de comunicaciones rurales
Jorge Deligianis, Julio 1983
5. Documento: "Plan estratégico de telefonía rural"
Teléfonos de México S.A de C.V.
6. La telefonía rural en México
Héctor Arellano Moreno, Teledato época II número 20, Diciembre 1981
7. El desarrollo de la telefonía rural en México
Héctor Arellano Moreno, Teledato época III número 30, Junio 1984
8. Infraestructura de las telecomunicaciones rurales
Teledato número 13, Marzo 1980
9. Sistemas de telefonía rural
Teledato número 14, Junio 1980
10. Tesis Profesional "Aspectos teóricos, técnicos y prácticos de la telefonía rural para su aplicación en el campo mexicano"
Jorge Andrés de León Polanco, 1988
11. Tesis Profesional "Proyecto de la red de telefonía rural de la microregión IV del Estado de Tlaxcala"
Miguel Angel Soto Peña, 1981
12. Documento básico del Plan Nacional de Telefonía Rural
SCT-DGT México, 1979
13. Manual de las telecomunicaciones rurales
UIT, Ginebra, 1976
14. Aspectos económicos y técnicos de la elección de sistemas de transmisión
CCITT UIT CAS 3, Ginebra, 1976

19. Libro naranja del CCITT III-1
UIT, Ginebra, 1977
20. Fundamento para el diseño en el campo de multiacceso
Shigeyoshi Enemoto, SCT-DGT
21. Fundamentos de propagación de microondas
Noboru Yamane, SCT-DGT, Publicaciones Telecomex 2/da edición
22. Ondas electromagnéticas y sistemas radiantes
Edward C. Jordan
23. Manual de antenas
Woddrow Smith
24. Plan de Transmisión
Teléfonos de México, Agosto 1983
25. Plan de Conmutación
Teléfonos de México, Marzo 1981
26. Plan de Señalización
Teléfonos de México, Enero, 1985
27. Plan de Numeración
Teléfonos de México, Marzo 1981
28. Tráfico Telefónico
Teléfonos de México, Gerencia de Capacitación
29. Diccionario técnico de telefonía
Teléfonos de México, Dirección de Servicios a Clientes
30. Medios de transmisión
Teléfonos de México, Dirección de Servicios a Clientes
31. Conmutación
Teléfonos de México, Dirección de Servicios a Clientes
32. Circuitos electrónicos y sus aplicaciones
Bernard Grob, Mc Graw Hill, 1983
33. Point to point radio relay system 44MHz to 13000 MHz
RCA Service Company, 1972
34. Tierras para protección y tierra
Teléfonos de México, Dirección de Expansión y Proveduría IT-1-50-02, 1976
35. Construcción de instalaciones de tierra
Teléfonos de México, Dirección de Expansión y Proveduría IT-1-50-03, 1977
36. Instructivo para prácticas de teoría electromagnética
Ma. de Jesús Lizbeth Ortega Lara, ENEP Aragón, 1983

37. Información técnica del equipo de telefonía rural
NEC Co. (Manual)
38. Manual de operación y mantenimiento del sistema MAR 801/160A
TELETTRA Española, 1983
39. Cellular telephone dynac TAC
MOTOROLA (Manual)
40. Digital remote area subscriber radio telephone system
NEC Co.
41. LRD point to multipoint
HARRIS-FARINON Canadá (Manual)
42. Telefonía rural y suburbana
INDETEL
43. Sistema de multiacceso TIA-30
INDETEL (manual)
44. Integrated rural communication system multiaccess radio T-151
THOMPSON-CSF Communication (manual)
45. Proyecto de investigación para soluciones de telefonía rural en una zona
piloto
Teleindustria ERICSSON
46. Cellular Network Planning
Teleindustria ERICSSON
47. Sistema de multiacceso de Telefonía rural
TRASA, Marzo 1984