



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE REDES DE
TELECOMUNICACION EN EMPRESAS DE GENERACION
Y TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA.**

T R A B A J O

Que para obtener el título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a n :

ALFREDO EVARISTO LOPEZ SANTIAGO

RENE LOPEZ GUZMAN

México, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	PAG.
INTRODUCCION	4
CAPITULO I. ESTRUCTURA Y ORGANIZACION DE UNA EMPRESA ELECTRICA.	7
I.1 Introducción.	8
I.2 Estructura de un Sistema Eléctrico de Potencia.	9
I.2.1 Generación.	11
I.2.2 Transmisión	14
I.2.3 Distribución	16
I.3 Organización General de una Empresa Eléctrica-de Potencia.	18
I.4 Bibliografía.	20
CAPITULO II. LOS REQUERIMIENTOS DE COMUNICACION DE UNA-EMPRESA ELECTRICA.	21
II.1 Introducción.	22
II.2 Elementos.	23
II.2.1 Clasificación de las necesidades de comunicación.	23
II.2.2 Clasificación de los canales.	25
II.2.3 Clasificación de las Instalaciones.	26
II.3 Características de los tipos de canal.	27
II.3.1 Canal de voz.	29
II.3.1 Canal de datos de relación de transmisión alta.	30
II.3.3 Canal de datos de relación de transmisión media.	31
II.3.4 Canal de datos de relación de transmisión baja.	32
II.3.5 Canal de datos dedicado relación media-para operación automática.	34
II.3.6 Canal de datos especial, para teleprotección.	35
II.4 Los requerimientos para los diferentes tipos -de instalación.	37
II.5 Bibliografía	40

. . .

	PAG.
CAPITULO III. SISTEMAS DE COMUNICACION DISPONIBLES PARA UNA EMPRESA ELECTRICA.	41
III.1 Introducción.	42
III.2 Onda portadora por línea de alta tensión - (OPLAT).	43
III.2.1 Descripción del funcionamiento	43
III.2.2 Propiedades y características.	47
III.2.3 Configuraciones usuales.	50
III.3 Onda portadora por el hilo de guarda aislado.	52
III.3.1 Descripción del funcionamiento.	52
III.3.2 Propiedades y características.	54
III.3.3 Configuraciones usuales.	56
III.4 Onda portadora por conductores aislados de - una misma fase.	59
III.4.1 Descripción del funcionamiento.	59
III.4.2 Propiedades y características.	62
III.4.3 Configuraciones usuales.	63
III.5 Onda portadora por cables.	66
III.5.1 Descripción del funcionamiento.	66
III.5.2 Propiedades y características.	68
III.5.3 Configuraciones usuales.	72
III.6 Radioenlaces terrestres punto a punto (UHF,- SHF)	73
III.6.1 Descripción del funcionamiento.	73
III.6.2 Propiedades y características	75
III.6.3 Configuraciones usuales.	78
III.7 Radioenlaces Móviles (HF, VHF, UHF).	82
III.7.1 Descripción del funcionamiento.	83
III.7.2 Propiedades y características.	84
III.7.3 Configuraciones usuales.	89
III.8 Enlaces por fibra óptica.	90
III.8.1 Descripción del funcionamiento.	92
III.8.2 Propiedades y características.	93
III.8.3 Configuraciones usuales.	95
III.9 Radioenlaces por satélite.	98

...

	PAG.
III.9.1 Descripción del funcionamiento	98
III.9.2 Propiedades y características.	99
III.9.3 Configuraciones usuales.	102
III.10 Bibliografía.	105
CAPITULO IV. SISTEMAS DE TRANSMISION MULTIPLE Y DE CON- MUTACION.	108
IV.1 Introducción.	109
IV.2 Sistemas de transmisión múltiple (Multiplexa- je)	110
IV.2.1 Multiplexaje por división en frecuen- cia.	110
IV.2.2 Multiplexaje por división en tiempo - (MDT)	114
IV.3 Conmutación.	118
IV.3.1 Técnicas de conmutación.	118
IV.3.2 Tipos de conmutación.	119
IV.3.3 Sistemas de conmutación.	120
IV.4 Bibliografía.	132
CAPITULO V. EL DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACION PARA- LA EMPRESA ELECTRICA.	133
V.1 Introducción.	134
V.2 Información a recopilar	136
V.2.1 Información para los canales de voz.	137
V.2.2 Información para los canales de datos.	137
V.2.3 Información para los canales de telepro- tección.	138
V.2.4 Información para los usuarios móviles	139
V.2.5 Información necesaria acerca de la red existente.	139
V.3 La configuración de la red.	140
V.3.1 Principios generales a los que debe ajus- tarse el diseño de la futura red de co- municación.	141
V.3.2 Alternativas para la estructuración de - la red.	142
V.4 El diseño de la red.	144
V.4.1 Consideraciones en la selección de los - sistemas de transmisión.	144

	PAG.
V.4.2 Opciones del tipo de red.	146
V.4.3 La conmutación y el enrutamiento alternativo.	147
V.4.4 Modelado de la red.	149
V.5 Bibliografía.	152
CONCLUSIONES	153
APENDICE	
Apendice A. Glosario.	159

I N T R O D U C C I O N

INTRODUCCION

El gran crecimiento de las empresas de energía eléctrica ha traído aparejado, también, un crecimiento en la complejidad de sus actividades de: Operación, planeación, construcción y administración; haciéndose necesarios, tanto el uso de computadoras como la comunicación entre puntos distantes para su funcionamiento adecuado.

La adquisición de información para su procesamiento en tiempo real en las actividades de operación, el registro estadístico de eventos para planeación, el control de avance de obras por computadora en las actividades de construcción y el envío y adquisición de información para una adecuada administración de la empresa, hacen necesaria la transmisión de datos en cantidad considerable.

Por otro lado los operadores del sistema eléctrico, las cuadrillas de construcción y mantenimiento, los funcionarios y la gente que administra, entre otros, requieren de comunicación vocal; además de que la protección de las líneas de alta tensión y del equipo de transmisión de potencia eléctrica, requiere del envío de un tipo especial de mensajes.

Las altas exigencias para con las comunicaciones que deben satisfacer a las necesidades, hacen que no siempre las redes públicas existentes sean totalmente adecuadas. Se hace indispensable, entonces, el uso de grandes redes privadas. Para el diseño de éstas redes, se puede usar las herramientas metodológicas existentes; pero es necesario antes acondicionar cierta información. Información del tipo de las necesidades de comunicación entre las instalaciones de la empresa.

Ya en el proceso de diseño es necesario considerar, tanto las particularidades en las exigencias a la red como los sistemas de transmisión particulares de la empresa eléctrica. Exigencias tales como alta confiabilidad y disponibilidad; y siste-

mas de transmisión como son los que usan la línea de alta tensión.

Este trabajo es en esencia, una concepción personal acerca de la situación en lo referente a las particularidades en el proceso de diseño. Pretende establecer la relación entre las necesidades de comunicación de la empresa y sus satisfactores.

Para el efecto, el trabajo se ha organizado de la siguiente manera:

En el capítulo primero se describe en forma general las características y la organización de una empresa eléctrica, en el segundo se analizan las características de los canales - que se requieren para satisfacer las necesidades entre las diferentes instalaciones.

Dado que es importante tratar acerca de las diferentes posibilidades de nodo y enlace antes del diseño de la red, en el capítulo tercero se hace una descripción de los diversos sistemas de transmisión disponibles para utilizarse como enlaces; y en el capítulo cuarto se tratan aspectos útiles - del multiplexaje y de la conmutación, necesarios para el dimensionamiento de los nodos.

Finalmente en el capítulo quinto, se trata del proceso de diseño de la red.

C A P I T U L O I

ESTRUCTURA Y ORGANIZACION
DE UNA EMPRESA ELECTRICA.

I.1 Introducción

El objetivo de este capítulo es el de dar un panorama general de lo que es una empresa eléctrica. Se describen: Tanto la forma en que está estructurada, desde el punto de vista del sistema eléctrico de potencia; como la forma en que se organiza de acuerdo a las funciones que en ella se desempeñan.

Una empresa eléctrica es un organismo cuya función es suministrar el fluido eléctrico con las características adecuadas en una forma confiable y económica.

Para comprender su estructura, se da una explicación de lo que es cada una de las etapas de generación, de transmisión y de distribución de energía eléctrica; así como también se presentan algunas tablas para exponer el estado actual y las tendencias que se tienen en cada una de éstas. En la última parte se presenta la forma en que estas empresas se organizan para realizar adecuadamente sus funciones; y se incluye, además, una tabla en la que se agrupan las diferentes actividades que se desarrollan en cada una de estas funciones.

I.2 Estructura de un sistema Eléctrico de Potencia.

Un sistema eléctrico de potencia consiste de: Fuentes de generación, de subestaciones de transmisión y de distribución y de centros de carga, los cuales se integran utilizando redes de transmisión y de distribución. En forma general lo podemos dividir en tres componentes principales: generación, transmisión y distribución (ver tabla I.2.1).

Las características de cada uno de estos componentes depende de la energía requerida por los consumidores. Conforme ésta se incrementa, se deberán explotar nuevas fuentes de generación; para lo cual será necesario construir líneas de transmisión con las características adecuadas, así como instalar nuevos centros de distribución para servir a los consumidores adicionales.

SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA		
GENERACION	TRANSMISION	DISTRIBUCION
Térmica	Corriente alterna	Alta tensión
Nuclear	Corriente directa	Baja tensión
Geotérmica		
Hidráulica		
Maremotriz		
Solar		
Eólica		
Gradientes térmicos		
Olas		
Costo específico por KW.	Costo específico por KW.	Costo específico por KW.
25-50%	15-25%	35-55%

TABLA I.2.1

Estructura general de un sistema eléctrico de potencia.

I.2.1 Generación

La generación de energía eléctrica consiste de un proceso mediante el cual se transforman en electricidad otros tipos de energía disponibles en la naturaleza. La energía eléctrica suministrada por el sistema se produce utilizando los generadores síncronos de corriente alterna; aunque actualmente se encuentran en la etapa de estudio o experimentación - otras formas de obtener la electricidad, como son: Los generadores magnetohidrodinámicos, la conversión fotovoltaica, etc.. La mayor parte de la energía eléctrica proviene de las plantas generadoras que utilizan: Tanto combustible en forma de carbón, aceite o gas, como el flujo de agua en los aprovechamientos - hidráulicos, o combustibles nucleares.

Como una consecuencia de los incrementos en el costo de los -- hidrocarburos, actualmente se están haciendo muchas investigaciones para encontrar nuevas fuentes de energía que puedan sustituirlos en la generación de electricidad. Estas nuevas - fuentes de energía se encuentran en las etapas de estudio y - experimentación; y comprenden a la energía geotérmica, solar, eólica, maremotriz y a la fusión nuclear. A continuación se - presenta una tabla en donde se describen: Tanto el principio de operación como el estado actual y las tendencias de cada uno de los tipos de generación utilizados para la producción de electricidad.

En la tabla I.2.2 se presentan las formas diferentes de obtener la electricidad así como su estado actual y sus tendencias.

CONVENCIONAL

Definición:	Estado actual y tendencias
<p><u>Termoeléctrica:</u></p> <p>Utiliza la energía calorífica producida en la combustión del carbón, aceite o gas; para generar el vapor que posteriormente se aprovecha en los turbogeneradores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Actualmente se enfrenta a los problemas de escasez energética. - Para compensar el alto costo de los energéticos, se diseñan unidades de gran capacidad (500 MW); para disminuir los costos unitarios de construcción y de operación. - Se desarrollan los sistemas de la Magnetohidrodinámica (MHD), los cuales al ser utilizados junto con los turbogeneradores aumentan la eficiencia. - Para sustituir los combustibles en forma líquida o de gas, se consideran los procesos de licuefacción y gasificación del carbón; con lo cual se producirá un combustible limpio y de características uniformes.
<p><u>Nucleoeléctrica:</u></p> <p>Aprovecha el calor generado durante la reacción nuclear, para producir vapor; el cual se utiliza en los turbogeneradores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La Tecnología de la fisión nuclear se encuentra muy desarrollada debido al gran apoyo financiero que se le ha proporcionado. - Se enfrenta a los problemas de contaminación ambiental, de la seguridad en la operación de estas plantas y del transporte de combustible nuclear. - Se contempla la posibilidad de construir estas plantas flotando en el mar o en locales subterráneos, para aumentar la seguridad. - Se encuentran en investigación los reactores de fisión nuclear.
<p><u>Geotérmica:</u></p> <p>Consiste en utilizar la energía contenida en el fluido geotérmico para obtener electricidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se encuentra actualmente en etapa de investigación. - La capacidad instalada es aproximadamente de 2500 MW. - Son menos eficientes que las plantas termoeléctricas; pero son atractivas debido a que sus costos de construcción y de operación son menores. - Se dispone de la tecnología básica para realizar las perforaciones necesarias; pero se tienen dificultades para resolver los problemas geológicos y geofísicos que se presentan en las zonas geotérmicas.
<p><u>Hidroeléctrica:</u></p> <p>Aprovecha la energía cinética adquirida por el agua al fluir desde la presa hasta los turbogeneradores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza como energía primaria un recurso renovable y que no es contaminante. - Tienen muchas ventajas debido a la flexibilidad en la operación, y a su bajo costo. - Se presentan ciertas dificultades para encontrar aprovechamientos hidroeléctricos adecuados. - Se usan grandes depósitos para almacenar el agua en las épocas de lluvia o en las horas de baja demanda, y se aprovechan para generar en las horas de máxima demanda.
<p><u>Maremotriz:</u></p> <p>Utiliza la energía contenida en las mareas para producir electricidad al pasar a través de los turbogeneradores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estos aprovechamientos requieren que exista un desnivel entre la alta y la baja marea de por lo menos 5 metros. - Los grupos turbogeneradores son del tipo reversible, de tal forma que se pueden utilizar; Tanto para generar electricidad, como para bombear el agua. Esto se aprovecha para optimizar su operación. En las horas de máxima demanda, generan; y en la mínima, bombean.

TABLA I.2.2

Formas de generar la energía eléctrica

NO CONVENCIONALES

Definición:	Estado actual y tendencias
<p><u>Energía Solar:</u></p> <p>Es la conversión de la energía solar en energía eléctrica sin utilizar los combustibles convencionales</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Actualmente la conversión de energía solar a energía eléctrica puede hacerse utilizando tanto medios termodinámicos, como medios fotovoltaicos. - Los ciclos termodinámicos utilizados en la conversión fototérmica, son los mismos que los usados en las plantas termoeléctricas; pero en los primeros se utilizan captadores de concentración o helióstatos para enfocar la energía solar sobre un fluido de trabajo. - En la conversión fotovoltaica se utilizan las celdas; en las cuales se crean cargas positivas y negativas al incidir sobre ellas los rayos solares. - Un factor limitante de las celdas solares es su alto costo. - Una idea que se ha dado en llamar la solución final a las necesidades mundiales de energía, es una planta de energía solar geostacionaria en órbita espacial; la cual generaría electricidad en C.D.. Esta se convertiría luego en un haz de microondas para transmitirse hacia una antena receptora ubicada en la tierra.
<p><u>Energía Eólica:</u></p> <p>Aprovecha la energía cinética de los vientos para mover un turbogenerador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Para medianas y grandes potencias, se puede recurrir: <ul style="list-style-type: none"> .Al almacenamiento de agua en depósitos elevados para hacerlos descender hacia un turbogenerador, o .Al almacenamiento de aire comprimido en cavernas subterráneas. - El problema que se presenta es el régimen de los vientos.
<p><u>Energía de los Gradientes Térmicos Oceánicos:</u></p> <p>Utiliza la diferencia de temperaturas que existe entre la superficie y la profundidad del mar, para evaporar un fluido de trabajo con el cual se impulsa a los turbogeneradores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La energía eléctrica producida se transmitirá a la costa utilizando cables submarinos. - También se ha pensado en utilizar la electricidad generada para obtener hidrógeno y oxígeno del agua de mar, por medio de la electrólisis. - Los problemas que se presentan se refieren a: Los materiales que serán utilizados y a la forma en que será anclada la estructura de la planta en el Mar.
<p><u>Energía de las Olas:</u></p> <p>Consiste en utilizar la energía proporcionada con el impacto de las olas para mover un turbogenerador</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Actualmente se han desarrollado cuatro diseños diferentes; uno de los cuales es utilizado para suministrar la energía eléctrica a un barco que acaba de ser botado. - Entre los problemas que presenta, se encuentran: Los elevados costos de construcción, y el desgaste rápido de los materiales.

TABLA I.2.2

Continuación... Formas de generar la energía eléctrica.

I.2.2 Transmisión

La transmisión de energía eléctrica consiste en transportar la energía desde los centros de generación hasta las áreas de consumo a través de las líneas de alta tensión. La unión - de estas líneas constituyen el sistema de transmisión, el cual sirve: Tanto para enlazar a los centros de generación con los centros de consumo, como para hacer la interconexión con otros sistemas eléctricos. Se consideran de transmisión a los circuitos de más alto voltaje en un sistema de potencia (generalmente arriba de 110 KV).

La energía eléctrica tradicionalmente se ha transmitido utilizando corriente alterna, debido a la facilidad que presenta - para elevar los niveles de voltaje; pero en la actualidad se - está considerando la transmisión de energía utilizando corriente directa, con el objeto de disminuir las pérdidas de transmisión cuando se transportan grandes cantidades de energía sobre largas distancias.

A continuación se presenta, en la tabla I.2.3: Tanto la definición, como el estado actual y las tendencias de las dos formas de transmitir la energía eléctrica.

Corriente alterna		Corriente directa	
Definición	Estado actual y tendencia	Definición	Estado actual y tendencia
<p>Consiste en utilizar la característica que presenta la corriente alterna para transformar los niveles de voltaje, con el objeto de disminuir las pérdidas de transmisión</p>	<p>Actualmente se utilizan los niveles de tensión siguientes: 110, 245, 420, 525, 765 KV. Existe la tendencia de utilizar los niveles de: 800, 1000, 1200 y 1500 KV. Estos niveles presentan los siguientes problemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espacio utilizado - Radiointerferencia - Campos electromagnéticos al nivel del suelo. - Aislamientos - Pérdidas por efecto corona. <p>Para resolver estos problemas se están realizando los siguientes estudios y pruebas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejorar la estructura de las torres. - Reducir la separación entre conductores (líneas compactas). - Identificar los efectos que producen los campos electromagnéticos sobre el cuerpo humano y sobre la vida vegetal y animal. - Utilizar cables superconductores. - Utilizar cables subterráneos. - Utilizar interruptores de SF₆ (hexafluoruro de azufre). - En un futuro más lejano, se pretende utilizar guías de onda para transportar la energía generada a altas frecuencias. <p>En el futuro se espera transmitir en C.A. sobre un haz de microondas, la potencia generada en las estaciones espaciales desde los satélites hasta la Tierra.</p>	<p>Consiste esencialmente en utilizar unidades convertidoras de C.A. a C.D. y viceversa, con el fin de reducir las pérdidas cuando se transmite la energía eléctrica sobre largas distancias.</p>	<p>Actualmente se utilizan los siguientes niveles de voltaje: +100, +125, +200, +250, +400 y +450 KV. Se están realizando estudios para utilizar niveles de voltaje de + 600 KV. En forma general se han presentado los siguientes problemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dificultad para formar redes. - Poca confiabilidad debido a la complejidad del equipo terminal. - Radiointerferencias. - Aislamiento. - Pérdidas por efecto corona. <p>Se está investigando acerca de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los efectos que producen los campos electromagnéticos sobre el cuerpo humano, sobre los animales y sobre los vegetales. - La utilización de cables superconductores.

TABLA I.2.3

Formas de transmitir la energía eléctrica.

1.2.3. Distribución.

La función de los sistemas de distribución es suministrar la energía a los consumidores, la cual se puede tomar de las subestaciones principales del sistema o de las centrales de generación ubicadas cerca de los centros de consumo. Tienen una estructura similar a la de los sistemas de transmisión; pero difieren en que cubren menor área, y en que forman redes más complejas debido: Tanto a la diversidad de las cargas, como a la gran cantidad de equipo que contienen.

Actualmente se busca reducir el espacio utilizado por las subestaciones, así como también normar las tensiones utilizadas en distribución; de tal forma que se tenga solamente un nivel intermedio del orden de 20 KV entre las tensiones de transmisión (arriba de 110 KV) y los de baja tensión en distribución (4 KV). También, debido a las condiciones ambientales y a las restricciones urbanas, existe la tendencia de utilizar líneas subterráneas en las zonas urbanas y residenciales.

En la tabla I.2.4 se muestran el estado actual y las tendencias que se tienen: Tanto en alta como en baja tensión.

Alta tensión		Baja tensión	
Definición	Estado actual y tendencias	Definición	Estado actual y tendencias
Comprende a todos los circuitos que transportan la energía eléctrica desde los centros de alimentación hasta los transformadores de distribución.	<p>Están formados generalmente por circuitos trifásicos comprendidos entre los niveles de 4KV y 110KV. Dependiendo de la confiabilidad requerida, pueden tener configuración radial o en forma de anillo; y pueden ser líneas aéreas o cables subterráneos.</p> <p>Actualmente se tienen los siguientes problemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Restricciones urbanas y ambientales. - Diversidad de los niveles de tensión. - Costo del terreno en áreas urbanas. - Problemas de operación, de mantenimiento y de reemplazo de equipos. <p>Debido a lo anterior se tienen las siguientes tendencias.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Usar cable subterráneo en zonas urbanas y residenciales. - Utilizar un solo nivel de voltaje normado, del orden de 20KV - Utilizar los interruptores de SF₆ para reducir el espacio en zonas urbanas. - Automatizar la operación usando la supervisión y el control automático. 	Comprende a todos los circuitos que transportan la energía desde los transformadores de distribución hasta los consumidores.	<p>En las zonas de mayor capacidad utiliza los niveles de 240/480 Volts.; y en las de menor capacidad los de 120/240 volts. Generalmente tienen configuración radial, y la acometida puede ser: Tanto aérea como subterránea.</p> <p>Los problemas que afronta son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dispersión de las cargas - Regulación del voltaje. - Pérdidas - Operación. <p>Para resolver estos problemas se está haciendo lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minimizar la longitud de los circuitos, ubicando los transformadores de distribución cerca de los centros de carga. - Analizar la posibilidad de optimizar el diseño: Considerando aspectos de economía de pérdidas totales y de regulación del voltaje. - Desarrollar sistemas para hacer las funciones de administración de carga y de lectura remota de medidores.

TABLA I.2.4

Formas de distribuir la energía eléctrica.

I.3 Organización General de una Empresa Eléctrica de Potencia.

Las empresas eléctricas de potencia como todas las empresas existentes, deben tener una organización básica que les permita alcanzar, en la forma más eficiente, los objetivos para los que fueron creadas. En el caso de una empresa eléctrica; su objetivo primordial es suministrar el servicio eléctrico a todos sus consumidores y a los sistemas interconectados con él, al menor costo posible.

Las características particulares de este tipo de empresa, hace que la mayoría de ellas se organicen de tal manera que se agrupan para desarrollar cuatro funciones principales, que son: Operación, construcción, planeación y administración.

En la tabla I.3.1 se describen brevemente: Tanto el objetivo como las actividades que se realizan en cada una de las funciones.

ORGANIZACION GENERAL DE UNA EMPRESA ELECTRICA	
Función	Actividades.
<p><u>Operación</u></p> <p>Su objetivo es el suministro de energía eléctrica a los consumidores con las mejores características de calidad, seguridad y economía.</p>	<p>Operación y Mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operación y mantenimiento de las plantas generadoras, subestaciones y líneas de alta tensión. - Mantenimiento y reparación de las líneas <p>Operación automática.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Administración de la generación. - Supervisión de calidad de la frecuencia y del voltaje - Supervisión de las condiciones de operación de los equipos. - Supervisión de la continuidad del servicio. <p>Estudios de Operación del Sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pruebas a los equipos en plantas generadoras y subestaciones. - Administración adecuando las reservas hidráulicas y los combustibles. - Coordinación de los programas de mantenimiento adecuados a los equipos. <p>Protección de líneas y equipos de transmisión</p>
<p><u>Construcción</u></p> <p>Su objetivo es realizar todas las actividades relacionadas con las obras civiles, eléctricas y mecánicas, necesarias para garantizar los requerimientos impuestos por el incremento de la demanda y de los servicios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento, reparación y construcción de los inmuebles de la empresa; tales como: Plantas generadoras, subestaciones, líneas de transmisión, edificios, etc. - Instalación y montaje de los equipos necesarios en los inmuebles de la empresa. - Electrificación urbana y rural en redes de distribución. - Rehabilitación y construcción de las estructuras para líneas de transmisión y subestaciones. - Pruebas y control de calidad de los materiales y equipos utilizados. - Control de materiales, del personal y de bodega. - Control de estadísticas y sistematización.
<p><u>Planeación</u></p> <p>Tiene a su cargo todo lo referente a la planeación del desarrollo general de la empresa, para garantizar la capacidad de satisfacer la demanda de los consumidores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Realización de los proyectos para la ejecución de los estudios de planeación. - Selección de las protecciones eléctricas en las líneas de transmisión y subestaciones. - Realización de pruebas especiales a las instalaciones. - Realización de pronósticos de la demanda a corto y largo plazo. - Determinación de la ubicación y capacidad de las plantas generadoras, líneas de transmisión y de distribución. - Trabajos de ingeniería preliminar. - Programas para el análisis del sistema eléctrico de potencia (flujos, corto circuito, estabilidad).
<p><u>Administración</u></p> <p>En esta función se incluye la comercialización, a la administración, al control del personal y a la contraloría de la empresa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Realización de los contratos con los consumidores, toma de lecturas de consumo. - Realización de los presupuestos, la facturación, los cobros, las estadísticas y las tarifas. - Administración de: Los almacenes, las compras, los archivos, los transportes, la correspondencia, etc. - Control de las listas de raya, los inmuebles, la seguridad y la higiene, el desarrollo profesional, etc. - Relaciones industriales, seguridad social, archivos de planos y copias, etc. - Tesorería, aspectos legales, auditoría interna, contabilidad, presupuestos y propiedades.

TABLA I.1.1

Organización general de una empresa eléctrica.

I.4 Bibliografía

EPRI - Analysis of Distribution R & D Planning Final Report.-
October 1975.

EPRI - Transmission Lines Reference Book. 115-138 KV. Compact
Line Design, 1978.

Happ H.H. - An Overview of short and long Range Operations
Planning Functions in Power Systems. General Electric
Company.

Lewis Stuart M. - URD Study Finds a growing interest in 35 KV
distribution.

Schaller Friedrich & Noble Terence J.-Networks planned for
simplicity reliability & economy. . .
Electrical Review International. Vol. 204, No. 18
Mayo 11 de 1979.

Sullivan Robert L.-Power System Planning. Mc Graw Hill
International, 1977

Viqueira Landa Jacinto. Redes Eléctricas, primera parte, Repre-
sentaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.
México 1973

Westinghouse-Distribution Systems Electric Utility Engineering
Reference Book, Vol. 3.

C A P I T U L O I I

LOS REQUERIMIENTOS DE COMUNICACION DE
UNA EMPRESA ELECTRICA

II.1. Introducción

En el capítulo anterior se mencionaron las diferentes actividades que se realizan en una empresa eléctrica de potencia para el logro de sus objetivos. Estas actividades, para su adecuada realización requieren de sistemas confiables de comunicación entre las diferentes instalaciones de la empresa.

Cada una de estas instalaciones para el caso de una red de comunicación, no son sino nodos terminales de la red que generan y/o absorben información; y que requieren de canales de diferente tipo para su comunicación con otras instalaciones, o con el medio exterior a la empresa.

Este capítulo plantea como resultante una tabla en donde se establecen, para cada uno de los diferentes tipos de instalación, sus requerimientos de los diferentes tipos de canales para lograr la comunicación con otras instalaciones durante la realización de las actividades en la empresa.

El capítulo se organiza de la siguiente manera:

Inicialmente se hace una clasificación de los elementos necesarios para la formación de la tabla final. Se hacen clasificaciones de:

- Las necesidades de comunicación por su tipo
- Las instalaciones
- Los canales.

Dado que, esencialmente, la meta de este capítulo es establecer la relación: Necesidad de comunicación entre par

de instalaciones-satisfacción mediante canales de comunicación adecuados; se hace enseguida una descripción de -- las características de los tipos de canal (ya clasificados) que van a usarse.

Se concluye, en la última sección, con la tabla de requerimientos que tiene cada nodo (instalación), para lograr - comunicación con otros nodos de la organización.

II.2. Elementos

Se presentan aquí las clasificaciones de:

- Las necesidades de comunicación de la empresa eléctrica
- Los canales
- Las instalaciones de la empresa

II.2.1. Clasificación de las necesidades de comunicación.

Las diferentes actividades que se desarrollan en la organización, tienen asociadas necesidades de comunicación de características diferentes. En la tabla II.2.1 se muestran esas actividades y sus necesidades de comunicación asociadas.

ACTIVIDADES DE LA EMPRESA	NECESIDAD DE COMUNICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> -Estudios de operación del sistema eléctrico. -Estudios de planeación -Manejo de información relativa a la construcción de instalaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> -Cómputo fuera de línea. -Adquisición de datos fuera de línea.
<ul style="list-style-type: none"> -Operación automática del sistema eléctrico. -Supervisión de la operación del sistema eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> -Control supervisorio y adquisición de datos en línea.
<ul style="list-style-type: none"> -Administración -Supervisión del funcionamiento de la organización. -Asesoría para el buen desarrollo de las diferentes actividades. -Funciones ejecutivas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Transmisión de facsímil, télex, impresión, telegrafía, datos de terminales de computadora.
<ul style="list-style-type: none"> -Protección de líneas de transmisión y de equipos eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Teleprotección.
<ul style="list-style-type: none"> -Todas las actividades de la empresa 	<ul style="list-style-type: none"> -Voz

Tabla II.2.1

ACTIVIDADES DE LA EMPRESA	NECESIDAD DE COMUNICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> -Estudios de operación del sistema eléctrico. -Estudios de planeación -Manejo de información relativa a la construcción de instalaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> -Cómputo fuera de línea. -Adquisición de datos fuera de línea.
<ul style="list-style-type: none"> -Operación automática del sistema eléctrico. -Supervisión de la operación del sistema eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> -Control supervisorio y adquisición de datos en línea.
<ul style="list-style-type: none"> -Administración -Supervisión del funcionamiento de la organización. -Asesoría para el buen desarrollo de las diferentes actividades. -Funciones ejecutivas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Transmisión de facsímil, télex, impresión, telegrafía, datos de terminales de computadora.
<ul style="list-style-type: none"> -Protección de líneas de transmisión y de equipos eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Teleprotección.
<ul style="list-style-type: none"> -Todas las actividades de la empresa 	<ul style="list-style-type: none"> -Voz

Tabla II.2.1

II.2.2 Clasificación de los canales

Los canales de comunicación que van a satisfacer cada una de las necesidades enlistadas en el párrafo anterior, son de características diferentes; es decir, a cada tipo de necesidad corresponde generalmente un tipo de canal.

La tabla II.2.2 muestra las diferentes necesidades de comunicación y los tipos de canal con que serán satisfechas.

NECESIDAD DE COMUNICACION	TIPO DE CANAL
Cómputo	Datos de relación de transmisión alta.
Cómputo fuera de línea, transmisión de facsimil y adquisición de datos fuera de línea.	Datos de relación de transmisión media.
Telex, impresión, telegrafía, datos de terminales de computadora.	Datos de relación de transmisión baja.
Control supervisorio y adquisición de datos en línea.	Datos dedicados de relación de transmisión media.
Teleprotección.	Datos especiales.
Operación del sistema y algunas funciones ejecutivas.	Voz - Alta prioridad.
Actividades restantes	- Prioridad normal.

Tabla II.2.2

II.2.3. Clasificación de las instalaciones

Se presenta a continuación una clasificación de las instalaciones de la empresa; y la definición, aquí acordada, de cada tipo de instalación.

Plantas generadoras. Lugares en donde se obtiene la energía eléctrica a partir de otros tipos de energía.

Subestaciones. Lugares en donde se hace algún tipo de transformación a las variables eléctricas.

Oficinas. Lugares en donde se realiza algún tipo de trabajo ejecutivo o administrativo.

Centros de control. Lugares desde donde se dirige y coordina la operación del sistema eléctrico. Pueden ser de una área (nivel inferior) o el central (nivel superior).

Almacenes. Lugares en donde se hallan disponibles -- los abastecimientos y las refacciones para los elementos de la red eléctrica, o materiales para construcción de nuevas instalaciones.

Cuadrillas. Grupo de personas que juntos realizan actividades de abastecimiento, operación, mantenimiento y construcción. Es común que las cuadrillas sean de dos tipos:

- + Para actividades de abastecimiento, de operación y de mantenimiento.
- + Para actividades de construcción.

Personas en movimiento. Personas cuya localización rápida es importante, en un momento dado, para la buena marcha de la organización.

Agencias. Lugares en donde se atiende al público - usuario.

Centros de cómputo. Lugares en donde se lleva a cabo un procedimiento mecánico (con computadora) de información; en actividades de: Planeación, avances de construcción, operación y administración.

Instalaciones construyéndose. Plantas generadoras, subestaciones, almacenes, etc., que aún no están en operación.

Centros de abastecimiento y mantenimiento. Lugares desde donde se coordina el abastecimiento y el mantenimiento de algún conjunto de plantas generadoras, líneas de transmisión o subestaciones; agrupadas geográficamente.

II.3. Características de los tipos de canal

Hay diferencias sustanciales en el manejo de las señales - de voz y de datos durante la conmutación.

Las diferencias a considerar son las siguientes:

- Para poder iniciar una conversación telefónica, se requiere que esté conectado el circuito completo - entre abonados (las conexiones hecha en todos los conmutadores intermedios). La conversación, manejada analógicamente, no puede almacenarse, y requiere de la disponibilidad del circuito hasta su finalización.

- La transmisión de datos puede iniciarse; aún sin el establecimiento del circuito total, y puede almacenarse en puntos intermedios. No requiere, necesariamente, de la disponibilidad del circuito hasta el final de la sesión.

Debido a que hasta ahora el tráfico de voz ha sido mayor que el de datos, las redes actuales están configuradas para el manejo de señales analógicas de voz; y el tráfico de datos debe ajustarse, para su manejo, a éstas facilidades. Este manejo del tráfico de datos es ineficiente, ya que el canal telefónico está desocupado la mayor parte del tiempo.

Como el tráfico de datos continúa creciendo, se ha pensado en que es conveniente la existencia de redes separadas para el manejo de los mensajes de voz y de datos, sobre todo con técnicas analógicas. Este crecimiento del tráfico de datos está conduciendo, también, hacia la implantación de redes digitales.

Para el caso específico de una empresa eléctrica, la clasificación de los canales hecha en el párrafo II.2.2, fue con base en las diferencias de manejo para la conmutación, mencionadas aquí.

Dentro de los canales de datos, en cuanto al uso de las facilidades de conmutación, se distinguen:

- Los que las utilizan
- Los que no las utilizan

En cuanto a la relación de transmisión, tenemos:

- Los de relación alta
- Los de relación media
- Los de relación baja

En esta sección se describen las características: tanto -- analógicas como digitales de los diferentes canales. Se mencionan las características de los canales de voz; de los canales de datos con relaciones de transmisión: alta, media y baja; y adicionalmente se mencionan los requisitos que deben cumplir dos tipos de canal de datos, de importancia relevante para la operación de una empresa eléctrica: Los de relación media para operación automática, y los de relación baja para teleprotección.

II.3.1. Canal de voz

Son canales que se requieren para el desarrollo de todas las actividades de la empresa eléctrica. Pueden manejarse: lo mismo con conmutación analógica que con digital; y multiplexarse: lo mismo por división en frecuencia (MDF) que por división en tiempo (MDT).

Sus características son:

Banda que se le asigna para MDF:

para MDF: 4 khz (la voz ocupa aproximadamente -
3khz)

Relación de muestreo

en MIC: 8 kbits/seg

Relación de transmisión

en MDT: 64 kbits/seg

Por otro lado, para efectos de conmutación, hay llamadas cuyo acceso inmediato a la red de comunicación es indispensable; entonces es posible clasificar las llamadas en dos tipos:

- De alta prioridad. Interrumpen la cola de llamadas que buscan recursos en el conmutador. Pueden acceder al destinatario, aún en el caso de que se encuentre ocupado con otra llamada.
- De prioridad normal. La llamada se espera en la cola de llamadas en busca de recursos. En caso de que el destinatario se encuentre accesado por otra llamada, recibe tono de ocupado.

II.3.2. Canal de datos de relación de transmisión - alta

En esta categoría se consideran los canales que permiten la transmisión de datos cuyos requerimientos de recursos son mayores que los canales de voz (sección II.3.1). Al igual que éstos, pueden multiplexarse: lo mismo por MDF que por MDT; es decir: pueden hacer uso de una red analógica o

de una digital; y son canales dedicados entre un par de -- usuarios, es decir, no buscan recursos en el conmutador de circuitos.

En un canal telefónico analógico (de 4 khz) se pueden - transmitir datos a una relación de hasta 9600 bits/seg, - con relaciones de modulación de hasta 4800 bauds; pero cuando la relación de transmisión excede de 7500 bits/seg., - es cuando llegan a ser atractivos los canales de ancho de - banda mayor que 4 khz.

En la transmisión de datos, el CCITT considera como canales de banda amplia, a aquellos que ocupan un grupo primario de 12 canales en la banda de 60 a 108 khz (48 khz de ancho de banda).

La capacidad de transmisión síncrona de estos canales es de hasta 48000 bits/seg.

En las redes digitales los canales considerados de alta - relación, son los que tienen una capacidad mayor que --- 64000 bits/seg (canal de voz MIC).

II.3.3 Canal de datos de relación de transmisión - media.

Son los canales que utilizan recursos similares que los de un canal telefónico. Es decir, necesitan para el caso analógico, de los 4 khz de ancho de banda; y de los 64 bits/seg, para el caso digital.

El CCITT ha normado la transmisión de datos a las siguientes relaciones 600, 1200, 2400 y 4800 bits/seg; para el -- uso de canales telefónicos en redes analógicas públicas de

conmutación; y a las relaciones anteriores, más 3600, 7200 y 9600 bits/seg para canales dedicados.

II.3.4. Canal de datos de relación de transmisión - baja

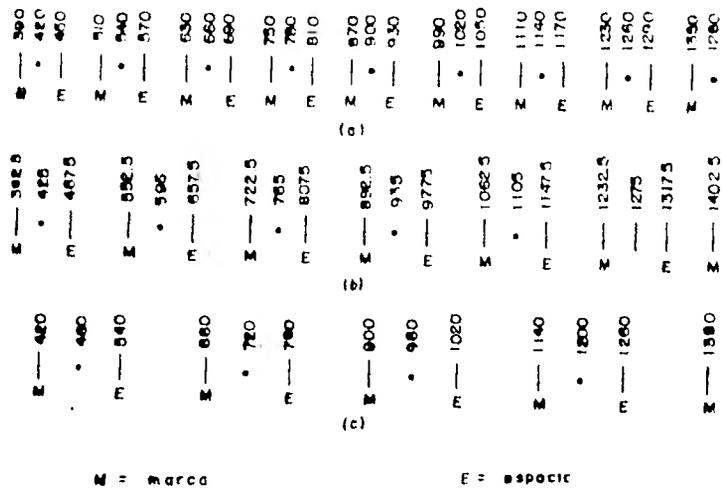
Son canales telegráficos que para el caso analógico; pueden acomodarse varios en un canal de voz de 4 khz.

Las posibilidades de acomodo para estos canales VFCT (canales telegráficos con portadora a la frecuencia de voz), se muestran en la tabla II.3.1.; y el plan parcial de modulación, en la figura II.3.1.

Se ve que se pueden acomodar hasta un máximo de 24 canales en los 4 khz del canal telefónico, si se emplean técnicas convencionales de VFCT. El uso de multiplexaje por división en tiempo, nos da la posibilidad de ampliar este número. En la figura II.3.2. se muestra un ejemplo para canales de 75 bits/seg (100 palabras por minuto). Estos canales son de uso común en la práctica; y la capacidad se amplía, en este caso, hasta un máximo de 34.

Relación (Bauds)	Espaciamiento en frecuencia (H_z)	No. de canales disponibles en 4 khz
≤ 50	120	24
≈ 80	170	16
100 - 150	240	12

Tabla II.3.1.



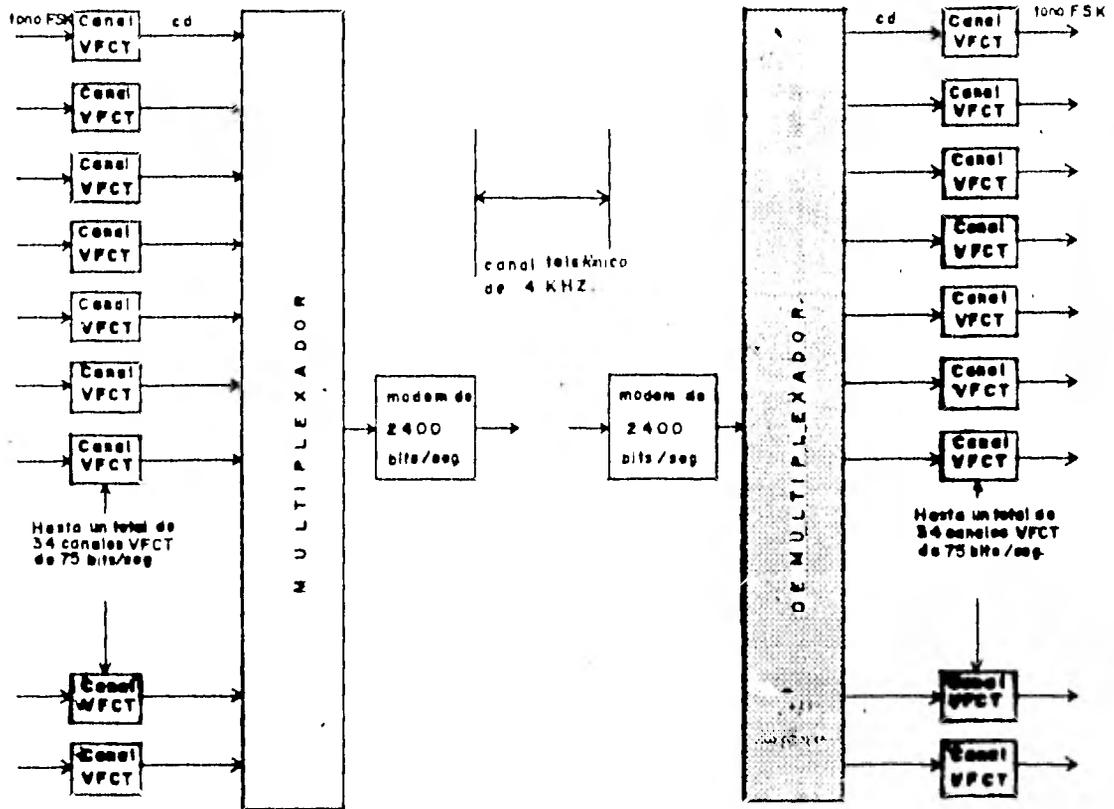


Figura II.3.2

Aplicación típica de multiplexaje en tiempo, a canales de baja velocidad.

II.3.5. Canal de datos dedicado de relación media, para operación automática

Son canales de relación media (ver sección II.3.3), que se exige sean dedicados; ya que se utilizan para el control supervisorio y la adquisición de datos para procesamiento en tiempo real, durante la operación automática del sistema eléctrico.

Estos canales emplean relaciones de modulación del orden - de 1200 y 2400 bauds.

II.3.6 Canal de datos especial, para teleprotección

Son canales dedicados para transmisión de datos a relaciones que varían de 100 a 600 bauds (240-960 Hz de banda de frecuencia). Se emplean para el intercambio de información entre subestaciones, con el fin de proteger líneas de transmisión y equipo eléctrico.

Dada la importancia de este tipo de canales para la operación del sistema eléctrico, es conveniente dar aquí algunos detalles acerca de los sistemas de teleprotección, y de las restricciones que imponen a la comunicación.

Hay esencialmente, dos tipos de esquema:

- De disparo. Detectan fallas en la línea protegida y se ordena la apertura de sus interruptores.
- De bloqueo. En caso de fallas en líneas adyacentes a la protegida, impiden la operación de los interruptores de ésta última.

y para efectos de comunicación, se identifican las siguientes posibilidades:

- No transmisión de tono en estado normal, transmisión de un tono en estado de falla.
- Transmisión de un tono a la frecuencia f_1 en estado normal, cambio de la frecuencia del tono a f_2 en estado de falla.

La primera posibilidad se usa ampliamente en esquemas de bloqueo; y la segunda, en esquemas de disparo.

Los efectos resultantes de una falla de canal coincidiendo con una falla eléctrica, serían los siguientes:

- Para los esquemas de bloqueo puede resultar un falso disparo.
- Para los esquemas de disparo, podría resultar la no operación de la protección; aunque este esquema está arreglado usualmente para que en caso de falla prolongada del canal, haya disparo.

Las tendencias modernas en la protección de líneas de transmisión y equipo eléctrico, muestran la necesidad para tiempos de canal del siguiente orden:

- 4-10 mseg. para protección de líneas
- 10-30 mseg. para protección de equipos

El número de canales normalmente empleado para la satisfacción de las necesidades de protección, son de uno para cada necesidad (por línea de transmisión o por equipo).

Dado que un canal telefónico de 4 khz (para el caso analógico), muchas veces está sobrado para los requerimientos de banda de frecuencia; algunos fabricantes de equipo de comunicación para teleprotección han hecho combinaciones del siguiente tipo:

- En un canal de 4 khz se envían señales de protección para dos equipos, o para una línea y un equipo.
- En un canal de 4 khz se conjunta voz (300-2000, 2200 Hz) y tonos para protección de una línea, o de un equipo (resto de la banda).

II.4. Los requerimientos para los diferentes tipos de -
instalación.

En el párrafo II.2.3 se hizo una clasificación de las instalaciones que se encuentran en una empresa eléctrica; y en la sección anterior se mencionaron las características de los diferentes tipos de canal que es necesario utilizar -- para satisfacer las necesidades de la empresa.

En la tabla II.4.1 se plantean las necesidades de comunicación de cada uno de los diferentes tipos de instalación con otras instalaciones, y en la figura II.4.1 se da una idea de la posible distribución geográfica de un grupo de ellas.

TABLA II.4.1
TIPOS DE CANAL NECESARIOS ENTRE LAS
INSTALACIONES DE UNA EMPRESA ELECTRICA.

INSTALACIONES	PLANTAS GENERADORAS	SUBESTACIONES	OFICINAS	CENTROS DE CONTROL	ALMACENES	CUADRILLAS	PERI. EN MOVIMIENTO	AGENCIAS	CENTROS DE COMANDO	INST. CONSTRUYENDO.	CENT. DE ABSTRCT.
Plantas generadoras	• Voz conmutado normal	• Voz alta prioridad		• Datos conmutado de relación media) • Datos directo para control supervisorio y adjudicación de datos) • Voz alta prioridad					• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal		• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal
Subestaciones	• Voz alta prioridad	• Voz alta prioridad, (teleprotección:)		• Datos conmutado de relación media) • Datos directo para control supervisorio y adjudicación de datos) • Voz alta prioridad					• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal		• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal
Oficinas			• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal		• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal		• Voz conmutado normal		• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal		• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal
Centros de Control	• Datos conmutado de relación media) • Datos directo para control supervisorio y adjudicación de datos) • Voz alta prioridad	• Datos conmutado de relación media) • Datos directo para control supervisorio y adjudicación de datos) • Voz alta prioridad		• Datos conmutado de relación media) • Datos directo para control supervisorio y adjudicación de datos) • Voz alta prioridad		• Voz alta prioridad 4), 2)			• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal		• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal
Almacenes			• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal		• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal				• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal		• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal
Cuadrillas				• Voz alta prioridad 4), 2)	• Voz conmutado normal 5)	• Voz conmutado normal 5), 4)			• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal	• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal	• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal
Personas en movimiento			• Voz conmutado normal								
Agencias			• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal					• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal.	• Datos conmutado de relación alta • Voz conmutado normal		• Datos conmutado de relación alta • Voz conmutado normal
Centros de Comando			• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal	• Datos conmutado de relación media. • Voz conmutado normal	• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal			• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal.	• Datos conmutado de relación alta • Voz conmutado normal	• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal	• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal
Instalaciones construyéndose			• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal	• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal	• Voz conmutado normal 5)				• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal		• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal
Centros de Abstracción	• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal	• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal	• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal	• Voz conmutado normal 2)	• Datos conmutado de relación baja • Voz conmutado normal	• Voz conmutado normal 4)			• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal		• Datos conmutado de relación media • Voz conmutado normal

- 1) Subestaciones próximas a las que haya línea de transmisión.
- 2) Centro de Control de nivel inferior.
- 3) De centro de control de nivel inferior a centro de control de nivel superior.

- 4) Cuadrillas de operación.
- 5) Cuadrillas de construcción.

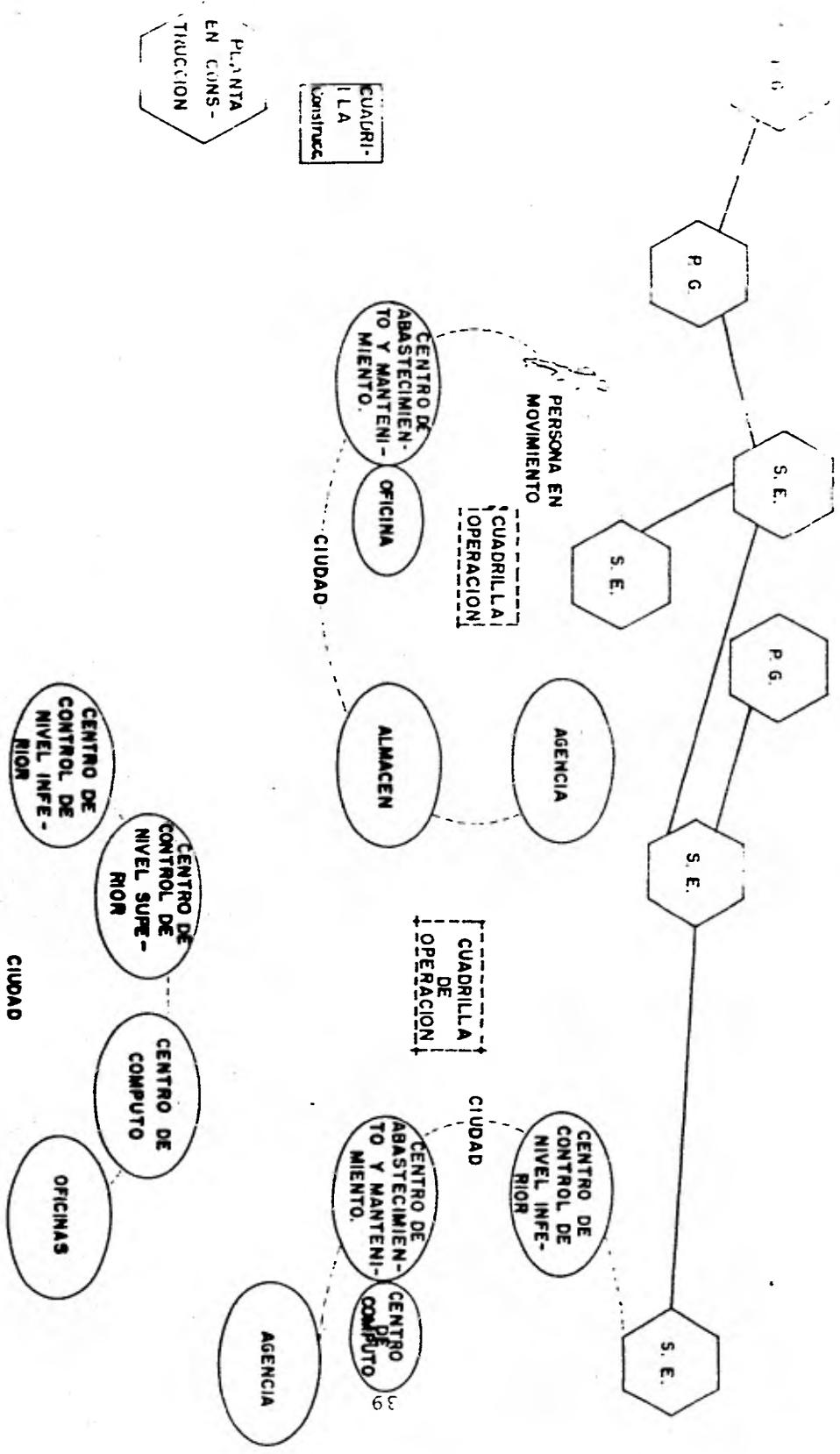


FIGURA II.4.1 POSIBLE DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE UN GRUPO DE INSTALACIONES EN UNA EMPRESA ELECTRICA.

II.5 Bibliografia.

Folts Harold C., Karlo Harry R., - Mc Graw Hill's Compilation -
of Data Communications Standars.

Mc. Graw Hill Inc., 1978.

Normas V.19-V.29 de CCITT.

Freeman Roger L.- Telecommunication Transmission Handbook, John
Willey & Sons, Inc., 1975.

Smith Emerson C.-Glossary of Communications.

Telephony Publishing Corp., 1971.

Widmer H.- Application of a Family of Modern Protection Sig- -
nalling Equipment. Brown Boveri Review 8 - 77.

C A P I T U L O I I I

SISTEMAS DE COMUNICACION DISPONIBLES
PARA UNA EMPRESA ELECTRICA

III.1. Introducción.

Corresponde en este capítulo describir los diferentes sistemas de comunicación de los que puede disponer una empresa eléctrica.

Comenzamos con los sistemas de comunicación que utilizan las instalaciones propias de la empresa como son: Las líneas de alta tensión (cables de alta tensión, hilo de guarda, estructuras). Posteriormente se explican los sistemas que utilizan a la atmósfera como medio de propagación: Enlaces punto a punto y radio móvil; incluyendo en las dos últimas partes los sistemas de comunicación que muy probablemente se utilicen en las empresas eléctricas en un futuro próximo o que se utilizan escasamente: Enlaces por fibra óptica y por satélite.

Cada uno de estos sistemas de comunicación tiene características particulares las cuales podrían ser tratados tan ampliamente que requerirían un trabajo especial dedicado a ellos; pero en este capítulo se describirán de una manera muy general, con el único propósito de que se conozcan: Su principio de funcionamiento, sus principales propiedades y características; y sus configuraciones más utilizadas.

III.2. Onda portadora por línea de alta tensión (OPLAT)

Este sistema de comunicación consiste en utilizar los cables de la línea de alta tensión para que se propaguen las señales de radiofrecuencia entre las estaciones.

El rango de frecuencias conveniente, actualmente, para el uso de esta técnica; varía de 50 a 550 khz. No se usan frecuencias menores de 50 khz debido a problemas de ruido, y no mayores de 550 khz a causa de problemas de atenuación.

III.2.1 Descripción del funcionamiento

El circuito básico es el que se muestra en la figura III.2.1

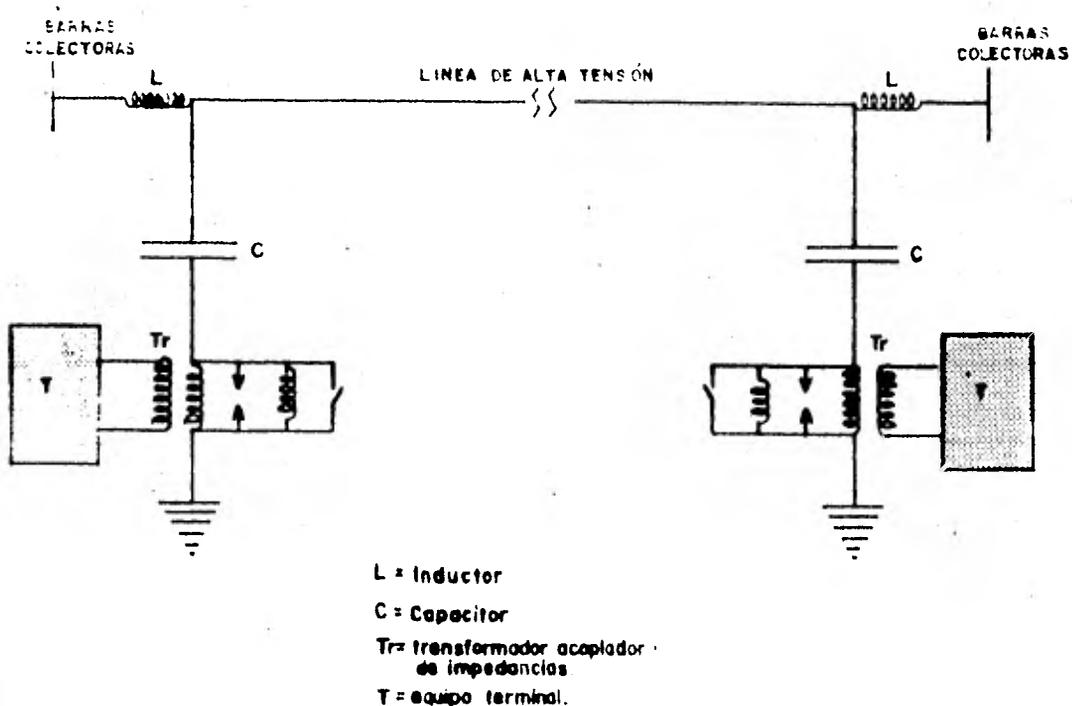


Fig: III 2.1 Elementos básicos del sistema de onda portadora por línea de alta tensión.

Las impedancias (Z_L o Z_C) que presentan: tanto el inductor - (L) como el capacitor (c), están en función de la frecuencia - (f); y quedan determinadas por las siguientes expresiones:

$$Z_L = 2\pi fL$$

Para los capacitores en el caso ideal:

$$Z_C = \frac{1}{2\pi fc}$$

De acuerdo con las expresiones anteriores, la inductancia presenta una impedancia baja a las corrientes de baja frecuencia, y una impedancia alta a las de alta frecuencia. Las capacitancias presentan una impedancia baja a las corrientes de alta frecuencia. Lo anterior hace posible que se establezca el enlace de comunicación entre las terminales.

Una instalación real se muestra esquemáticamente en la figura III.2.2, en donde se distinguen:

- Línea de alta tensión. Sirve como medio de propagación de las señales de radiofrecuencias entre las estaciones.
- Trampa de onda. Inductancia que funciona igual que L en la figura III.2.1; y que con cierto arreglo de capacitancias puede ser de dos tipos: de banda angosta (sintonizada a una o dos bandas de frecuencia), y de banda ancha (cubriendo todo el rango de operación del sistema OPLAT : 50-550 khz).

Se diseña para soportar la corriente nominal y de corto circuito de la línea de alta tensión.

- Capacitor de acoplamiento. Funciona igual que C en la figura III.2.1. Usualmente se hace de varias secciones conectadas en serie, para obtener varias relaciones de bajo voltaje. Puede incluir un dispositivo de potencial que permita dar alimentación en -bajos voltajes a los aparatos de medición y a algunos equipos de la subestación. Se diseña para soportar los voltajes nominales y las sobretensiones que se presentan en la línea de alta tensión.
- Equipo de acoplamiento. Incluye un transformador -- acoplador de impedancias (tr) y una bobina para compensar la reactancia introducida por el capacitor de acoplamiento.
- Protección y cuchilla a tierra. La protección consiste de unos cuernos de arqueo a tierra que operan cuando se presentan sobrevoltajes; y de una bobina de drenado que sirve como trayectoria de las corrientes de fuga de baja frecuencia que llegan a circu--llar por el capacitor de acoplamiento. La cuchilla a tierra es una cuchilla normalmente abierta, que -se cierra solamente cuando se hacen trabajos de mantenimiento en el equipo de acoplamiento.
- Cable de radiofrecuencia
- Equipo terminal. Incluye a los equipos que pueden estar en cada terminal, como son: transmisor y receptor, equipo de conmutación, equipo de telemedición o de control supervisorio y alimentación (puede ser al--terna o directa).

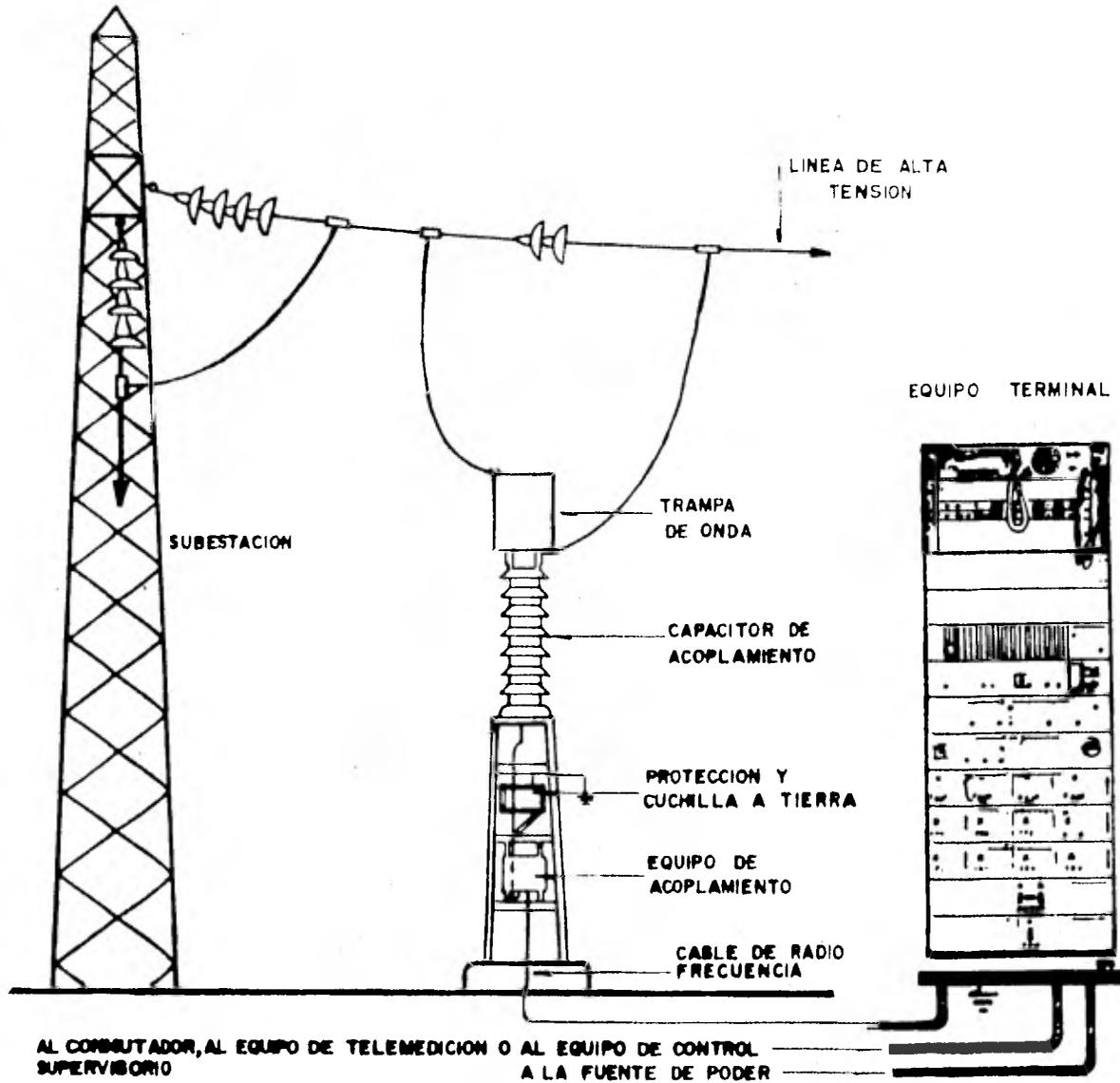


FIGURA II-2-2 ESQUEMA DE UNA INSTALACION REAL DE OPLAT

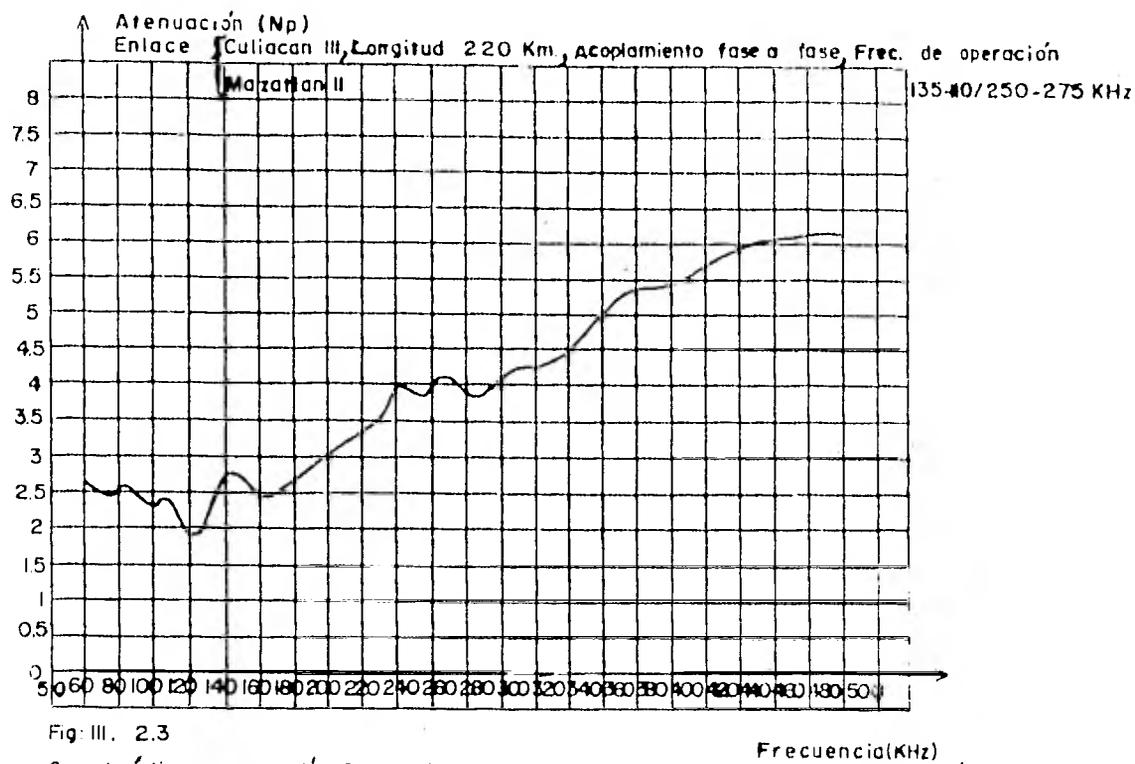


Fig. III. 2.3

Característica atenuación frecuencia de un enlace de OPLAT obtenida por medición.

III.2.2 Propiedades y características

A) Medio de Propagación

- Atenuación. Existen diversos factores que influyen en la atenuación, tales como: Frecuencia, voltajes de la línea (a mayor voltaje existe mayor aislamiento, reduciéndose con esto las pérdidas en el dieléctrico), geometría de la línea, condiciones climáticas, configuración usada (fase a tierra, fase a fase, modo 3), pérdidas en el equipo de acoplamiento (conexiones y cables). En la figura III.2.3 se muestra una curva típica de atenuación-frecuencia, obtenida por medición.

- Ruido. Se distinguen dos tipos:

Ruido aleatorio: Tiene una distribución normal en frecuencia. Es causado, principalmente, por agitación térmica en los conductores de la línea de alta tensión, (efecto corona) y por captación de interferencia estática.

Ruido impulsivo: Son señales de alta intensidad y de poca duración, producidos por: fallas de líneas, descargas atmosféricas y arqueos en apertura de interruptores. Este tipo de ruido es en general aperiódico; pero puede ser también periódico, causado entre otros: por maquinaria rotativa o por rectificadoras que se utilicen en sistemas de potencia. En la figura III.2.4 se muestra una curva típica de ruido -- aleatorio-frecuencia, obtenida por medición.

- Impedancia característica a alta frecuencia:

350-500 Ω	para configuración fase a tierra
650-800 Ω	para configuración fase a fase

B) Equipo terminal

Las características del equipo terminal, para el caso analógico (no se tiene información acerca de la existencia de equipos digitales OPLAT), son las siguientes:

Modulación: Amplitud

Doble banda lateral (DBL)

Banda lateral única (BLU).

Frecuencia.

Tipo de información que pueden manejar: Voz, datos y protección.

Rango de operación (en khz): 50-550

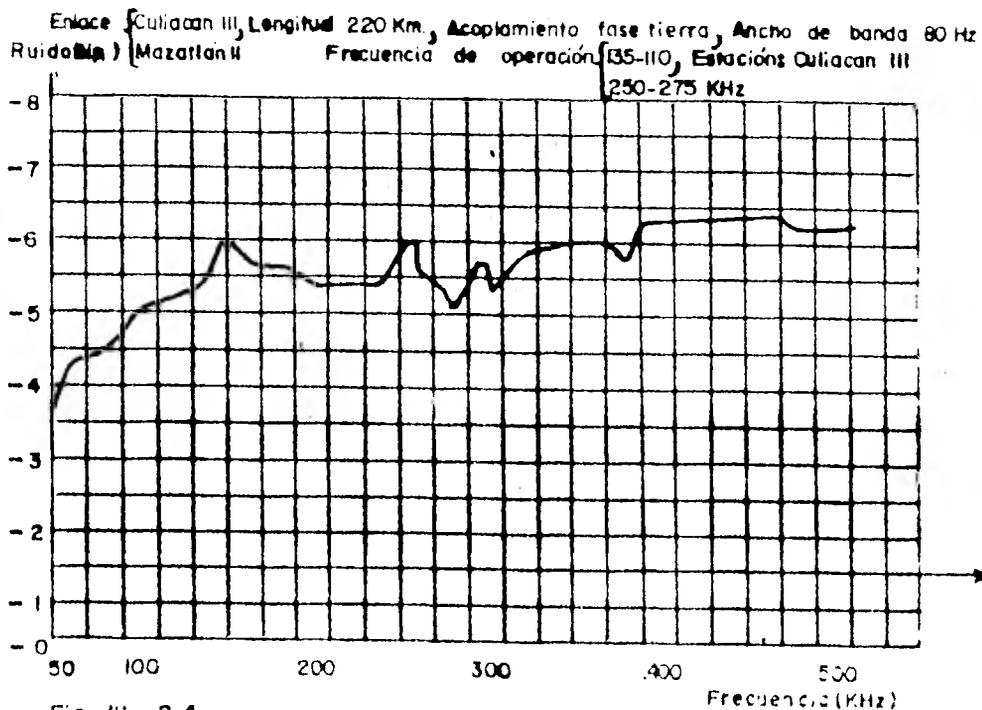
Ancho de banda del canal (en khz): 1.5, 2.5, 4 y 5

Capacidad en número de canales duplex: 1, 2, 4, . La U.R.S.S. tiene un estudio sobre la posibilidad de utilizar 12 canales.

Modo de operación: Dúplex

Multiplexaje: División de frecuencia

Potencia (watts): 1 a 160



Modulación: Amplitud

Doble banda lateral (DBL)

Banda lateral única (BLU).

Frecuencia.

Tipo de información que pueden manejar: Voz, datos y protección.

Rango de operación (en khz): 50-550

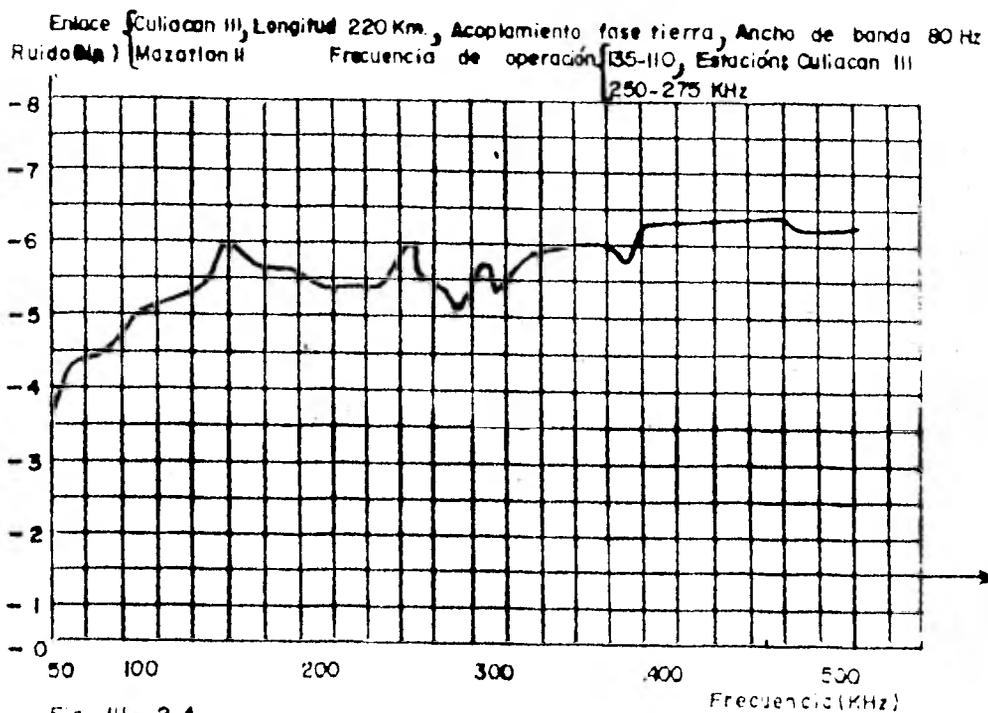
Ancho de banda del canal (en khz): 1.5, 2.5, 4 y 5

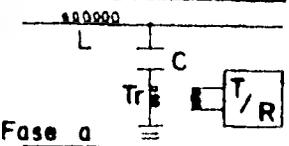
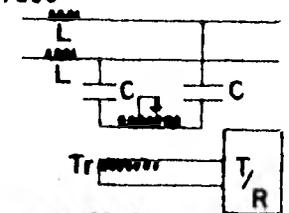
Capacidad en número de canales duplex: 1, 2, 4, . La U.R.S.S. tiene un estudio sobre la posibilidad de utilizar 12 canales.

Modo de operación: Dúplex

Multiplexaje: División de frecuencia

Potencia (watts): 1 a 160



CONFIGURACION	EQUIPO REQUERIDO	CONFIABILIDAD
<p>Fase a tierra</p> 	Mínimo	Mínimo
<p>Fase a fase</p> 	Doble del mínimo	Muy buena
<p>Modo 3</p> 	Triple del mínimo	Excelente

T/R: Transmisor/receptor

Tabla III.2.1. configuraciones utilizadas en el sistema de onda portadora por línea de alta tensión

III.2.3. Configuraciones usuales.

- Fase a tierra. El circuito de comunicación lo integran: El transmisor, una fase, el receptor y tierra. Es la configuración más económica pero la menos confiable.

- Fase a fase. El circuito de comunicación lo integran: El transmisor, una fase, el receptor y la otra fase. El circuito de funcionamiento normal, no se cierra por tierra como en la configuración fase a tierra; sino por la otra fase.

Para el caso de falla de una de las fases; la configuración aparecería como la de una fase a tierra, y la comunicación no se perdería.

- Modo 3. El circuito de comunicación lo integran: El transmisor, las dos fases externas, el receptor y la fase central. El circuito como en el caso inmediato anterior, no se cierra por tierra.

Para el caso de falla de una de las fases, la configuración aparecería como una fase a fase; para el caso de falla de dos fases, como una fase a tierra; y sería necesaria una falla trifásica para que se perdiera la comunicación.

En ocasiones hay líneas de transmisión que viajan paralelas, habiendo la posibilidad de usar fases separadas de cada una de ellas para establecer la comunicación; pero las configuraciones logradas son similares a las ya vistas.

A veces para comunicar dos puntos, es necesario pasar por una subestación intermedia sin que se necesite un receptor allí. En este caso se necesita poner un cable de radio frecuencia entre los transformadores de acoplamiento para "puentear" la subestación intermedia.

En la tabla III.2.1 se muestran las configuraciones usuales en el sistema OPLAT.

III.3 Onda Portadora por el Hilo de Guarda Aislado (HGA)

Este sistema de comunicación utiliza los hilos de guarda de la línea de alta tensión para que a través de ellos se propaguen las señales de radiofrecuencia entre las terminales. Para lograr esto, se requiere aislar al hilo de guarda de sus conexiones a tierra; de tal forma que no se degrade su función principal: Proteger la línea de alta tensión contra las descargas atmosféricas.

El rango de frecuencias útil con esta técnica, está comprendido entre 6 y 550 khz. La ampliación en el límite inferior con respecto a OPLAT es debido a que se reducen los problemas de ruido, que en OPLAT eran causados por el efecto corona; en tanto que el límite superior es fijado: Tanto por los problemas legales, como por los problemas de atenuación.

HGA presenta la ventaja con respecto a OPLAT de que su equipo de acoplamiento se diseña para voltajes mucho menores (10-15 kv en HGA, contra el voltaje de la línea en OPLAT), lo cual implica un menor costo.

III.3.1 Descripción del funcionamiento

El aislamiento en una torre se muestra esquemáticamente en la figura III.3.1, el cual permite que la señal de radiofrecuencia pueda circular por el hilo de guarda, aislado de tierra, a un potencial de 10-15 kv (dependiendo del voltaje de la línea de potencia).

En caso de una descarga atmosférica o de una falla, se sobrepasa el potencial normal de 10-15 kv; estableciéndose entonces una corriente a tierra a través de los cuernos de arqueo. Cumple el hilo de guarda, con ésto, su función de proteger la línea.

En la figura III.3.2 se muestra esquemáticamente un enlace por H.G.A.

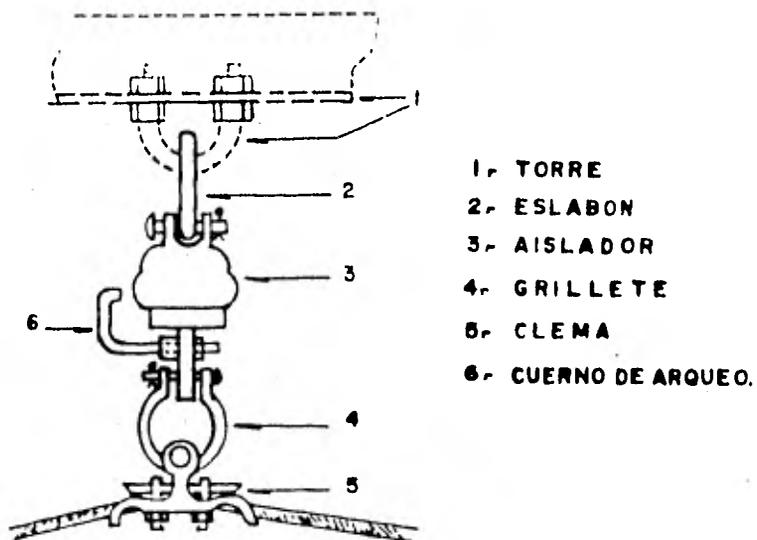


FIGURA III-3-1 AISLADOR DE SUSPENSION.

en donde:

-Hilo de guarda. Sirve como medio de propagación de las -
señales de radiofrecuencia.

-Aislamiento del hilo de guarda. En la figura III.3.1 se
muestra un aislador típico. Su función es aislar el po-
tencial del hilo de guarda del potencial de tierra.

- Transformador acoplador de impedancia. Su función es acoplar las impedancias del equipo terminal y del hilo de guarda.
- Capacitor de acoplamiento. Tiene la misma función que el capacitor de acoplamiento en OPLAT (Ver sección III.2.1).
- Bobina de drenado. Tiene la función de llevar a tierra la corriente de baja frecuencia inducida en los hilos de guarda.
- Explosor. Tiene la función de limitar los voltajes en el H.G.A.
- Relevador a tierra. Actúa cuando existen sobrecorrientes en el hilo de guarda debido a fallas; o a sobrecargas en la línea de alta tensión.
- Filtro de sintonía. Sirve para seleccionar las señales de radiofrecuencia.
- Equipo terminal. Incluye a los diferentes equipos que pueden estar en cada terminal, como son: transmisor, receptor, conmutadores, equipo de telemedición, equipos de control supervisorio, fuentes de alimentación, etc.

III.3.2. Propiedades y características

A) Medio de propagación.

- Atenuación. Además de la conductividad del material empleado, depende entre otras cosas: de la distancia entre hilos, de su separación con respecto a tierra y de la frecuencia.

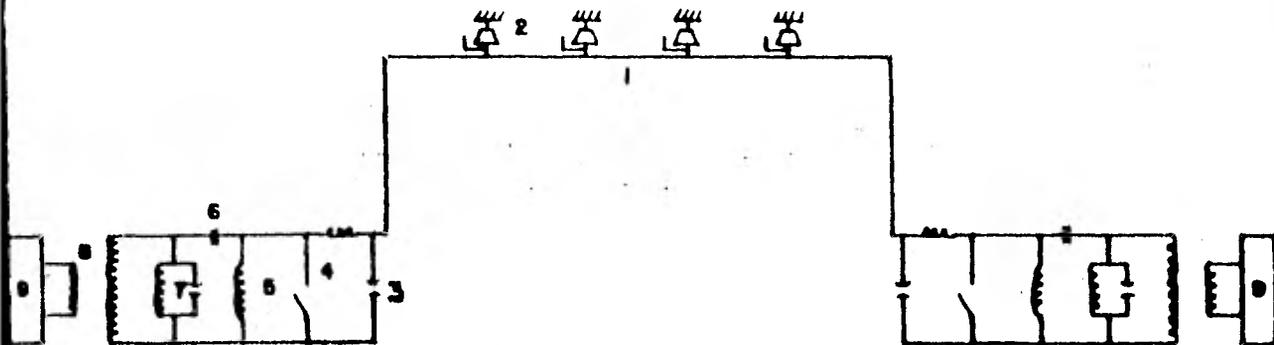
En la figura III.3.3 se muestra una curva típica de atenuación-frecuencia referida a la longitud, para tres materiales diferentes; Obtenida como resultado de mediciones.

- Ruido. La fuente más importante de ruido en H.G.A., es la línea de alta tensión. Esto determina que solo se usen frecuencias mayores de 6 khz. en este sistema. En la figura III.3.4 se muestra una curva típica de ruido aleatorio-frecuencia.

- Impedancia característica en alta frecuencia (6-550 khz):

450-600 Ω para la configuración de un solo hilo y la tierra como retorno.

800-1000 Ω para la configuración de dos hilos balanceados.



1.- HILOS DE GUARDA
2.- AISLADOR
3.- EXPLOSOR
4.- RELEVADOR A TIERRA
5.- BOBINA DE DRENADO

6.- CAPACITOR DE ACOPLAMIENTO
7.- FILTRO DE SINTONIA
8.- TRANSFORMADOR DE ACOPLAMIENTO
9.- EQUIPO TERMINAL

FIGURA III-3-2 CIRCUITO BASICO DEL SISTEMA DE ONDA PORTADORA POR HILO DE GUARDA AISLADO.

B) Equipo terminal.

Las características del equipo terminal, para el caso análogo (no se tiene información acerca de la existencia de equipos digitales HGA), son las siguientes:

Modulación: Amplitud

- Banda lateral única (BLU)
- Doble banda lateral (DBL)

Tipo de información que puede manejar: voz y datos

Rango de operación (en khz): 6-550

Ancho de banda del canal (en khz): 1.5, 2.5, 4 y 5

Capacidad en número de canales: 1, 2 y 4

Modo de operación: dúplex

Multiplexaje: División de frecuencia

Potencias (en watts): 1 a 100 watts

III.3.3. Configuraciones usuales

Para el establecimiento de comunicación por hilo de guarda, se puede usar alguna de las siguientes configuraciones.

- Un hilo de guarda y retorno por tierra
- Un hilo de guarda y retorno por el otro hilo de guarda

Cuando se usan los dos hilos de guarda en general se transponen, con objeto de balancear la impedancia de la línea. Con esto se obtiene, también, una reducción en la atenuación y el ruido.

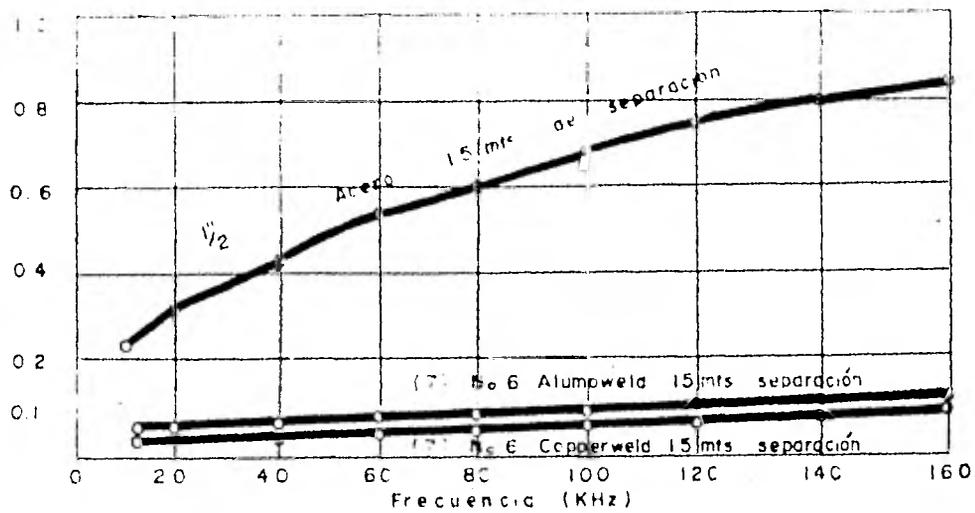


Fig III 3.3
Características de atenuación - frecuencia de varios conductores usados como hilos de guarda aislados.

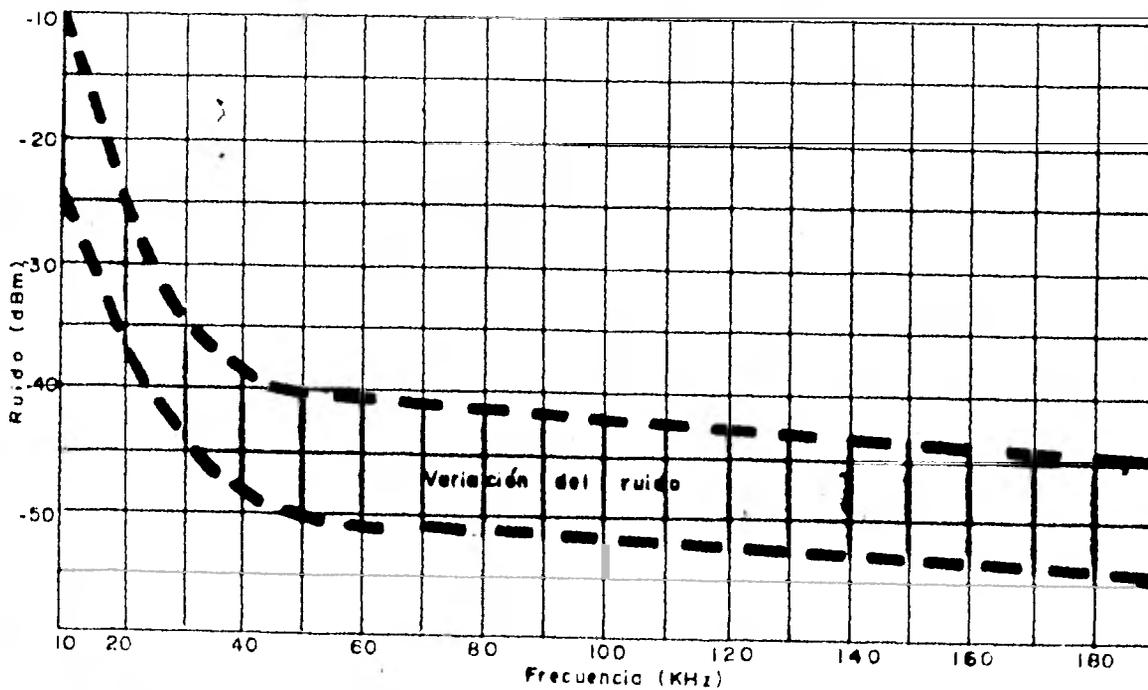


Fig III 3.4
Niveles de ruido en los hilos de guarda aislados.

Los esquemas de transposición, usados comunmente son los siguientes:

- Transposición a intervalos regulares (3 y 12 km)
- Transposición en los puntos medios, y/o cuartos, y/u octavos de la longitud de la línea.

Las transposiciones muy próximas proporcionan un mejor balanceo; pero encarecen la construcción y dificultan la tarea de mantenimiento (localización de aisladores dañados). En las líneas que después de construídas podrán solo ser objeto de pocos cambios; se usan en general, transposiciones del segundo tipo.

En la tabla III.3.1 se muestran las configuraciones usadas en este sistema de comunicación.

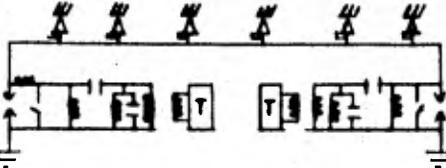
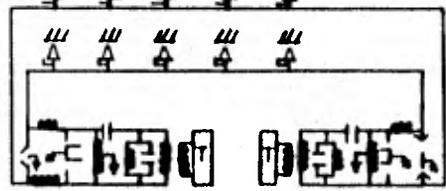
Configuración	Equipo requerido	Configibilidad
<p>Un hilo de guarda y tierra</p> 	Mínimo	Mínimo
<p>Dos hilos de guarda</p> 	Poco mas del mínimo.	Bueno

Tabla: III 3.1

- Configuraciones usadas en el sistema de onda portadora por hilo de guarda aislado.

III.4. Onda Portadora por Conductores Aislados de una misma fase.

Este sistema es una variante del sistema OPLAT. Consiste en utilizar dos conductores de una misma fase de la línea de alta tensión, para que se propaguen las señales de radiofrecuencia entre las terminales.

En la actualidad, muchas de las líneas de transmisión a alto voltaje (275 Kv o más) se construyen con dos o mas conductores por fase debido, entre otras cosas, a que con ésto se reducen las pérdidas y se permite la transmisión de una mayor cantidad de potencia. A pesar de que para efectos de la transmisión de energía eléctrica, los multiconductores de una misma fase están unidos en el mismo punto; es posible aislarlos con el fin de formar un par simétrico para la propagación de señales de radiofrecuencia.

El rango de frecuencia utilizado es de 50-1500 khz.

III.4.1. Descripción del funcionamiento.

Este sistema, como ya se mencionó, es una variante de OPLAT y utiliza el mismo principio de funcionamiento.

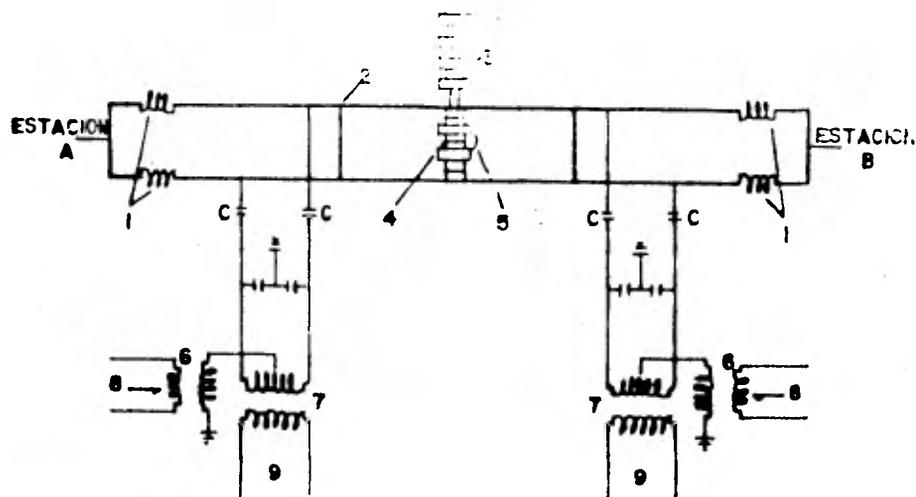
En las figuras III.4.1 y III.4.2 se muestran esquemáticamente los componentes del sistema, en donde es conveniente hacer notar ciertas características de algunos de sus elementos.

De la figura III.4.1

- Espaciadores aislantes. Los espaciadores metálicos que normalmente se utilizan entre los conductores de una misma fase, se sustituyen por espaciadores aislantes separados entre sí, de 30 a 60m a lo largo de la línea. Estos espaciadores aislantes están contruídos primordialmente de una resina epóxi ca estructurada o porcelana con una varilla metálica. Las características técnicas que debe reunir el aislador son: una buena resistencia mecánica, baja capacitancia (0.2 pfd. para reducir problemas en alta frecuencia) y un alto valor de resistencia eléctrica (10 M Ω).
- Aislador de línea. Sirven para sujetar los cables de la línea a las torres que las soportan. Deben cumplir con ciertos requisitos eléctricos a radiofrecuencias; tales como: - valores bajos de capacitancia (inferior de 24 pfd) y valores grandes de resistencia (no menores a los 5 M Ω); para evitar un mal comportamiento de la línea en radiofrecuencia (curva irregular de atenuación-frecuencia).
- Cuerno de arqueo. Se provee con el objeto de evitar una exagerada diferencia de potencial entre los conductores de una misma fase, y proteger así a los espaciadores aislantes.
- Acoplamiento para señal de proteccion. No es recomendable usar los multiconductores de una fase separadamente para la transmisión de señales de protección; debido a que en caso de falla de la línea que involucre a la fase utilizada para la transmisión de portadora, la corriente de corto circuito origina fuerzas de atracción entre los conductores, que hacen que éstos se pongan en contacto. Por lo anterior, para el caso de transmisión de señales de protección, éstas se acoplan a los multiconductores de una misma fase en una configuración normal de OPLAT fase a tierra.

En este sistema de comunicación se aprovecha una de las -- propiedades de las líneas de transmisión para eliminar la trampa de onda en los extremos terminales. Lo anterior se basa en que, cuando se ponen en corto circuito los dos con ductores de la línea; teóricamente se tendrá una impedancia infinita, a una distancia igual a un cuarto de la longitud de onda de la señal.

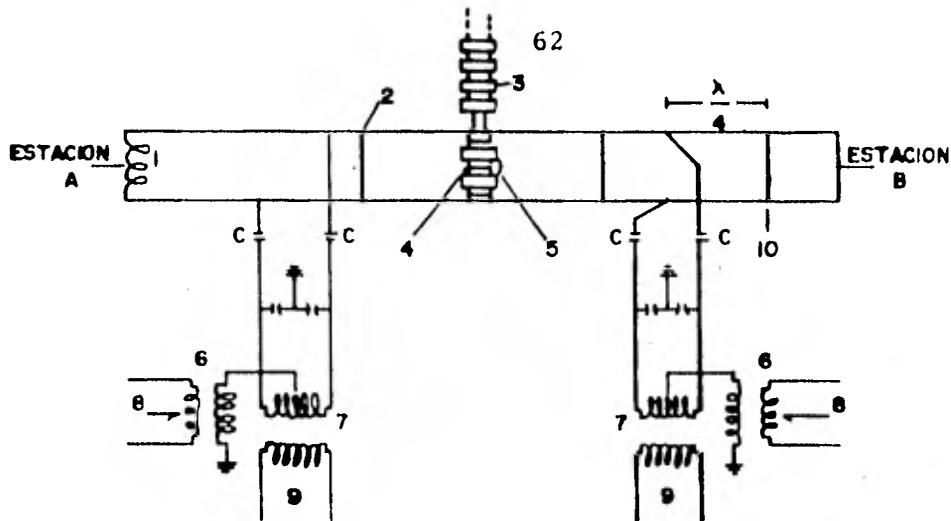
Un arreglo de este tipo se muestra en la figura III.4.2 en donde se distingue, además de los elementos mostrados - en la figura III.4.1, un espaciador metálico. Este espaciador es movable y se usa con el objeto de poder variar la - distancia $\lambda/4$ para diferentes frecuencias.



- 1- TRAMPAS DE ONDA
- 3- AISLADOR DE LINEA
- 5- CUERNOS DE ARQUEO
- 7- ACOPLAMIENTO PARA COMUNICACIONES (A TRAVES DE CONDUCTORES)
- 9- SEÑAL DE COMUNICACIONES

- 2- ESPACIADORES AISLANTES
- 4- AISLADOR DE CONDUCTORES
- 6- ACOPLAMIENTO PARA SEÑAL DE PROTECCION (FASE-TIERRA)
- 8- SEÑAL DE PROTECCION

FIGURA III.4.1 CIRCUITO SIMPLIFICADO DE UN SISTEMA DE COMUNICACION DE ONDA PORTADORA POR DOS DE LOS CONDUCTORES AISLADOS DE UNA MISMA FASE.



- | | |
|--|---|
| 1.- TRAMPA DE ONDA | 2.- ESPACIADORES AISLANTES |
| 3.- AISLADOR DE LINEA | 4.- AISLADOR DE CONDUCTORES |
| 5.- CUERNOS DE ARQUEO | 6.- ACOPLAMIENTO PARA SEÑAL DE PROTECCION (FASE-TIERRA) |
| 7.- ACOPLAMIENTO PARA COMUNICACIONES (A TRAVES DE CONDUCTORES) | 8.- SEÑAL DE PROTECCION |
| 8.- SEÑAL DE COMUNICACION | 10.- ESPACIADOR METALICO |

FIGURA III.4.2 CIRCUITO SIMPLIFICADO DE UN SISTEMA DE COMUNICACION DE ONDA PORTADORA POR DOS DE LOS CONDUCTORES AISLADOS DE UNA MISMA FASE, CON TRAMPA DE $1/4$ DE LONGITUD DE ONDA.

III.4.2. Propiedades y características

A) Medio de propagación

- Atenuación. Es afectada por los mismos factores que en el sistema OPLAT (ver sección III.1.3). La figura III.4.3 muestra una curva de atenuación frecuencia, obtenida por medición; para una línea de configuración vertical, de 31 km; con las conexiones de los capacitores a una distancia del corto circuito, igual a un cuarto de la longitud de onda de la señal (217 m en este caso).
- Ruido. Se distinguen los mismos tipos que en OPLAT convencional. Aunque algunos autores opinan que el ruido corona es igual en multi-conductores de una misma fase al de OPLAT convencional; algunas medi-

diciones realizadas han demostrado que tienen características diferentes.

b) Equipo terminal

Se usa el mismo equipo terminal de OPLAT convencional:

Modulación : Amplitud

- . Doble banda lateral (DBL)
- . Banda lateral Única (BLU)

Tipo de información:	Voz, datos
Rango de operación:	50-1500 khz.
Ancho de banda del canal:	1,5,2,2.5,4 y 5 khz.
Capacidad de canales:	1,2 y 4
Multiplexaje:	División en frecuencia
Potencia:	1 a 160 watts

III.4.3 Configuraciones usuales

Este sistema de comunicación permite tener diferentes configuraciones, clasificadas de acuerdo con la forma en que se bloquea la señal de radiofrecuencia.

En la tabla III.4.1 se muestran gráficamente las diferentes configuraciones de este sistema. Proporcionan todas, la misma confiabilidad.

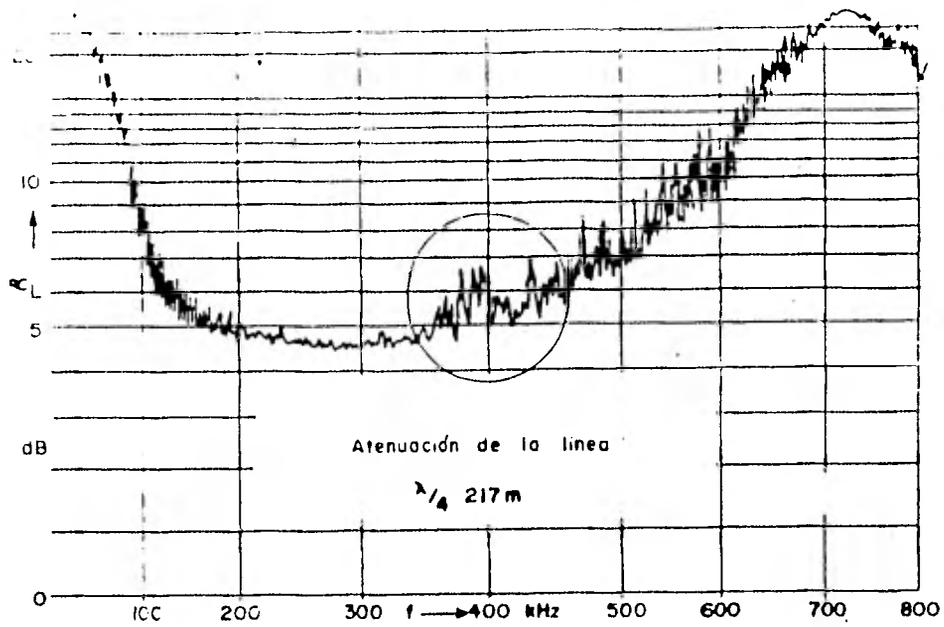


Fig III 4.3

Característica de atenuación—frecuencia obtenida por medición en un sistema de onda portadora por dos de los conductores de una misma fase.

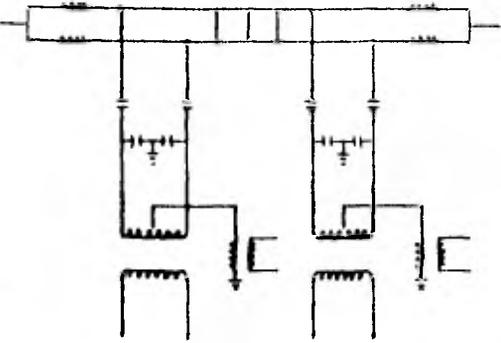
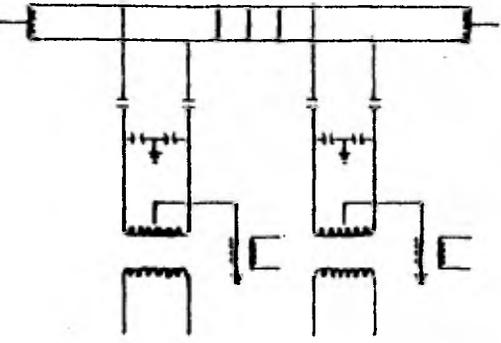
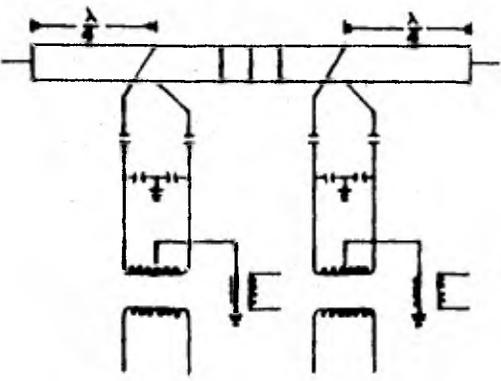
CONFIGURACION	EQUIPO REQUERIDO
	4 TRAMPAS DE ONDA
	2 TRAMPAS DE ONDA
	NINGUNA TRAMPA DE ONDA CABLES Y SEPARADORES

TABLA III-4-1 CONFIGURACIONES UTILIZADAS EN EL SISTEMA DE ONDA PORTADORA POR DOS DE LOS CONDUCTORES DE UNA MISMA FASE.

III.5. Onda portadora por cables

Cuando se tienen redes eléctricas de transmisión o de distribución densamente interconectadas, resulta conveniente - el uso de cables coaxiales o de pares simétricos como medio de propagación en distancias cortas (menores de 30 km).

Un par simétrico consta de dos conductores debidamente aislados, que pueden transportar señales eléctricas cuyas frecuencias estén comprendidas en el rango de 0 a 300 khz.

El cable coaxial consiste de un conductor circundado por otro exterior, los cuales mantienen una relación concentrica y están separados por un material dieléctrico. Estos cables pueden transportar señales eléctricas cuyas frecuencias estén entre 60 Khz y 70 Mhz.

En los sistemas eléctricos de potencia, a los pares simétricos aéreos que viajan sobre las torres de la línea de alta tensión se les conoce como hilo piloto; en tanto que al resto de los cables de colocación aérea se les conoce simplemente como cable aéreo.

III.5.1. Descripción del funcionamiento

En la figura III.5.1. se muestran los componentes básicos de un cable coaxial.

En la figura III.5.2 se muestran esquemáticamente los componentes básicos de ambos sistemas de comunicación.

Es conveniente dar la siguiente explicación sobre la función de algunos de los elementos:

- Cubierta metálica. Tiene la función de blindar los cables contra la interferencia electromagnética, conduciendo las corrientes inducidas a tierra.
- Explosores. Tiene la función de evitar una diferencia de potencial excesiva entre los conductores.
- Transformador de acoplamiento. Acopla impedancias; sirviendo además para proteger al personal y al equipo terminal contra sobre voltajes que pudieran haber por fallas de la línea de potencia.

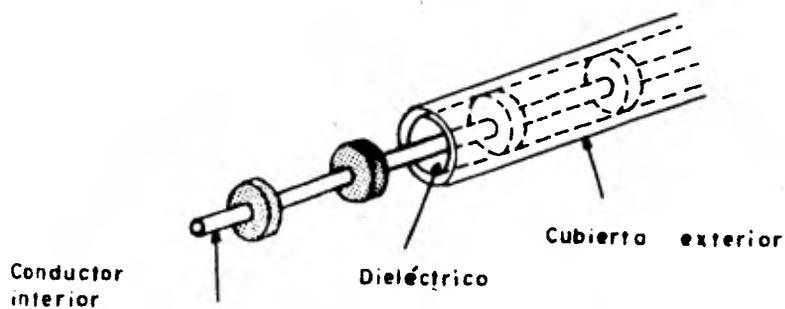
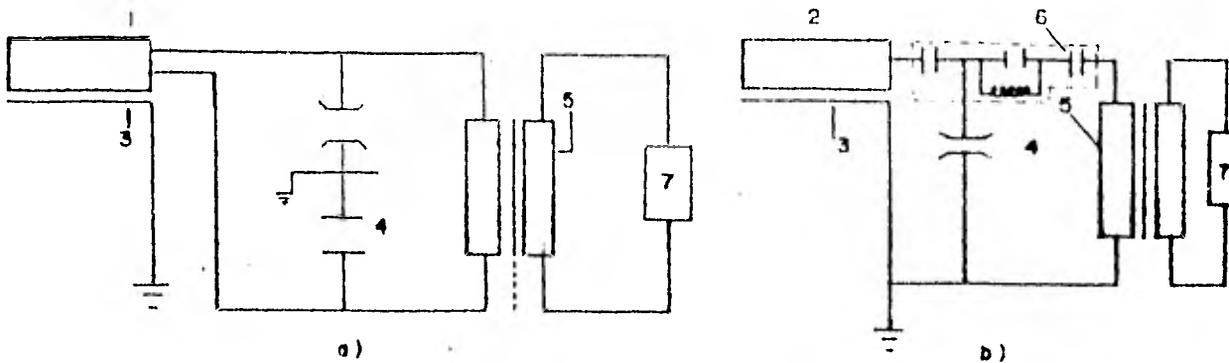


Fig. III 5.1
Componentes de un cable coaxial.



- | | | |
|---------------------|---------------------|-------------------|
| 1 Par simétrico | 4 Explosores | 7 Equipo terminal |
| 2 Cable coaxial | 5 Transformador | |
| 3 Cubierta metálica | 6 Filtro paso altas | |

Fig: III 5.2

Circuito básico en un sistema de comunicación por:

- a) Par simétrico
b) Cable coaxial

III.5.2. Propiedades y características

A) Medio de propagación.

- Atenuación.

- . Pares simétricos. Depende de las dimensiones - del cable y del valor de la constante dieléctrica del material aislante. En la figura III.5.3 se muestran curvas típicas de atenuación-frecuencia para diferentes pares.

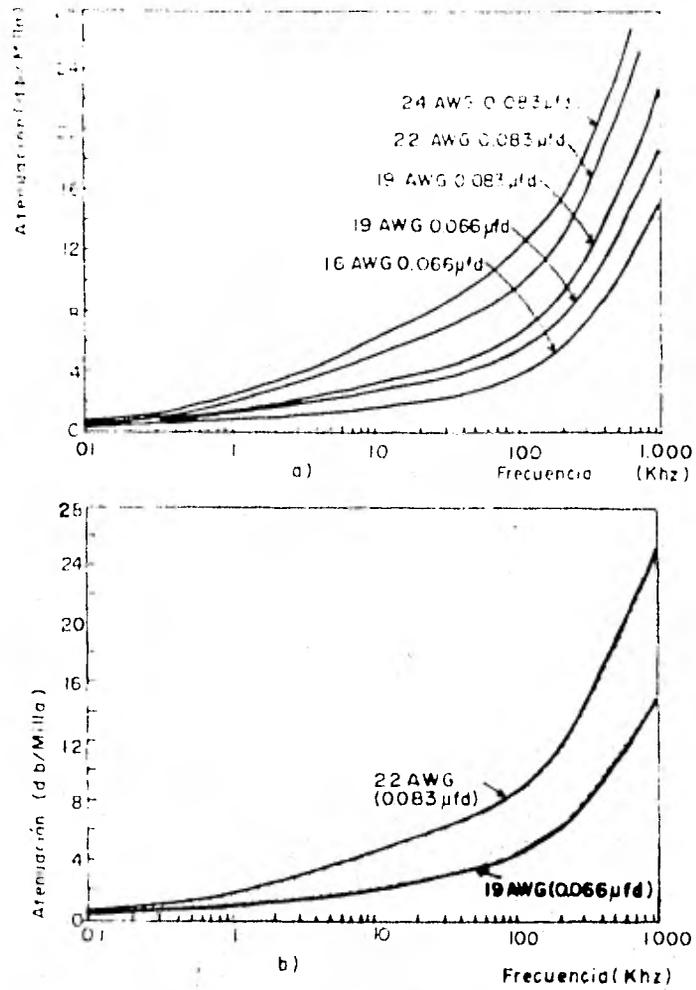


Fig.-III 5.3 Características de atenuación-frecuencia típicas, de pares simétricos:
 a) Con aislamiento de papel b) Con aislamiento de polietileno

Cable coaxial. Al igual que en los pares simétricos, depende de las dimensiones del cable y del valor de la constante dieléctrica del material aislante. En la figura III.5.4, se muestra una curva de atenuación-frecuencia para dos cables de diferentes calibres.

- Ruido

En pares simétricos el ruido es principalmente: de origen térmico, debido a la interferencia entre pares y a la interferencia externa resultante de la línea de alta tensión.

En cables coaxiales el ruido es: de origen térmico, debido a la intermodulación y debido a la interferencia alterna resultante de la línea de alta tensión.

Para el caso en que los cables se encuentran en el interior de los hilos de guarda, los impactos directos de las descargas atmosféricas sobre éste, dan siempre por resultado una interrupción de la comunicación en el enlace; en tanto que los impactos sobre los conductores de fase causan interferencia poco significativa.

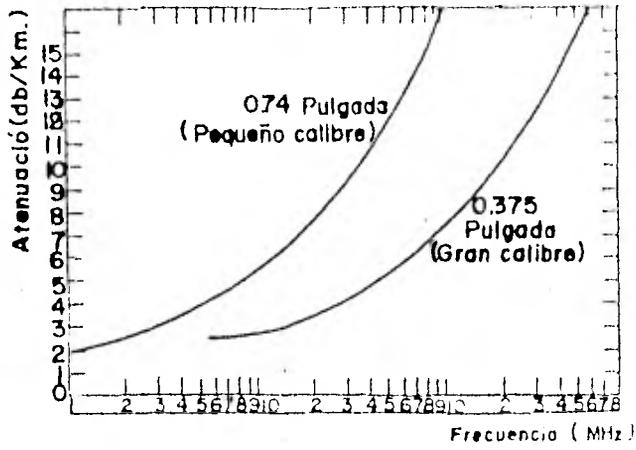


Fig. III. 5.4
Características de atenuación - frecuencia por Km de
cable coaxial.

B) Equipo Terminal

Características del equipo terminal son las siguientes:

Modulación:

Pares simétricos: AM
Cable coaxial: AM-FM

Tipo de información que puede manejar:

Pares simétricos: Voz, datos y protección
Cable coaxial: Voz, datos, protección y TV.

Rango de operación:

Pares simétricos: 0-300 Khz
Cable coaxial: 60 Khz - 70 Mhz

Capacidad: Pares simétricos: 2400 pares

Cable coaxial:
Analogico: 960 canales (están en prueba sistemas de 10800 canales)
Digital: 140 y 550 Mbit/seg.

Multiplexaje en cable coaxial:

Analogico: División en frecuencia
Digital: División en tiempo

Potencia (watts): 5, 10 watts.

III.5.3 Configuraciones usuales

Las configuraciones, de acuerdo con la forma en que se montan los cables en las torres, pueden ser:

- Suspendido del hilo de guarda
- Suspendido de un mensajero
- Autosoportado
- Autosoportado y en el interior del hilo de guarda.

III.6 Radioenlaces terrestres punto a punto (UHF, SHF)

La transmisión de señales a través de la atmósfera, se puede hacer utilizando la capacidad de propagación global de ondas de alta frecuencia.

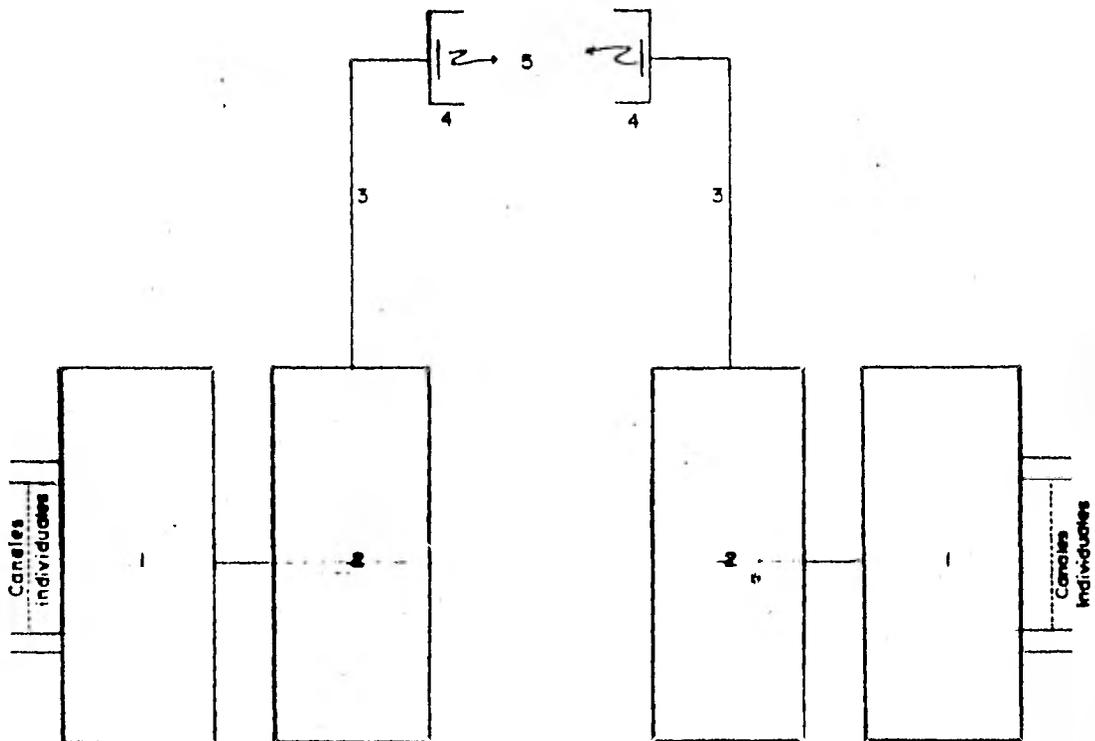
El uso de sistemas de radio en las bandas de UHF (300-3000 Mhz) y SHF (3000-30000 Mhz), se reconocen como medios flexibles, confiables y económicos de proporcionar comunicaciones entre puntos fijos (punto a punto); y con equipo de multiplex apropiado, puede manejar diferentes cantidades de canales telefónicos, de datos, de música de alta fidelidad y de televisión.

Los sistemas de radioenlaces son actualmente, en su mayoría, analógicos; es decir, usan la modulación de frecuencia; y el multiplexaje es por división en frecuencia. Pero dado el incremento en las necesidades de transmisión de datos, en el futuro los sistemas de radioenlace serán digitales (ya se ha iniciado la introducción de estos sistemas). En los radioenlaces digitales la modulación es QAM o (2^m) PSK; y el multiplexaje es por división en tiempo.

III.6.1 Descripción del funcionamiento

En la figura III.6.1 se muestra, esquemáticamente, un radioenlace; en donde:

- Equipo múltiplex. Multiplexea (agrupa) un número separado de canales en un bloque compacto para transmisión; o demultiplexea (separa) un bloque recibiendo, en canales individuales.
- Equipo transmisor/receptor. Modula la señal en banda base, recibiendo del equipo múltiplex; o demodula la señal en radiofrecuencia procedente de la antena para transferencia al equipo múltiplex.



1 Equipo múltiplex

2 Equipo transmisor/receptor

3 Guía de onda o cable coaxial.

4 Antena

5 Atmósfera

Fig: III 6.1

Circuito básico de un sistema de comunicación por radio enlace

- Guía de onda o cable coaxial. Sirve de unión entre el equipo transmisor/receptor y la antena. Es común el uso de cable coaxial hasta frecuencias de 2 Ghz. A frecuencias superiores se usan guías de onda.
- Antena. Es el elemento radiador y acoplador de impedancias (transmisor/receptor-atmósfera).
- Atmósfera. Las ondas electromagnéticas se propagan en la capa más baja de la atmósfera llamada tropósfera; y su comportamiento en el rango de frecuencia de microondas se asemeja a las de la luz, es decir: presentan los mismos fenómenos de reflexión, refracción y difracción. La propagación de un punto a otro, a estas frecuencias, requiere de línea de vista y es afectada por las condiciones climáticas.

III.6.2. Propiedades y características

A) Medios de propagación.

- Atenuación. Las condiciones atmosféricas y las características del terreno por donde viaja el haz de radio, tienden a modificar las pérdidas en la trayectoria. Estas pérdidas se incrementan con la distancia y con la frecuencia; y se conocen como pérdidas en el espacio libre. En la figura III.6.2 se muestran algunas curvas de: atenuación en el espacio libre-distancia, para distintas frecuencias.
- Ruido. Los ruidos que afectan a un canal de microondas son: el térmico, el de intermodulación, el de distorsión (eco), el hecho por el hombre, el atmosférico y el del sistema múltiplex.

- Ruido térmico. Los componentes más importantes son aquellos que se generan en la resistencia de la antena y en los circuitos de entrada al receptor.
- Ruido de intermodulación. Se genera cuando alguna señal de modulación compleja, pasa a través de una no linealidad.
- Ruido de distorsión de eco. Es una forma de ruido de intermodulación; que se genera cuando alguna señal de eco, retardada, se presenta en la etapa de frecuencia modulada (para el caso de microondas analógicas) del sistema. En casos poco usuales este ruido se presenta como consecuencia de reflexiones en la trayectoria.

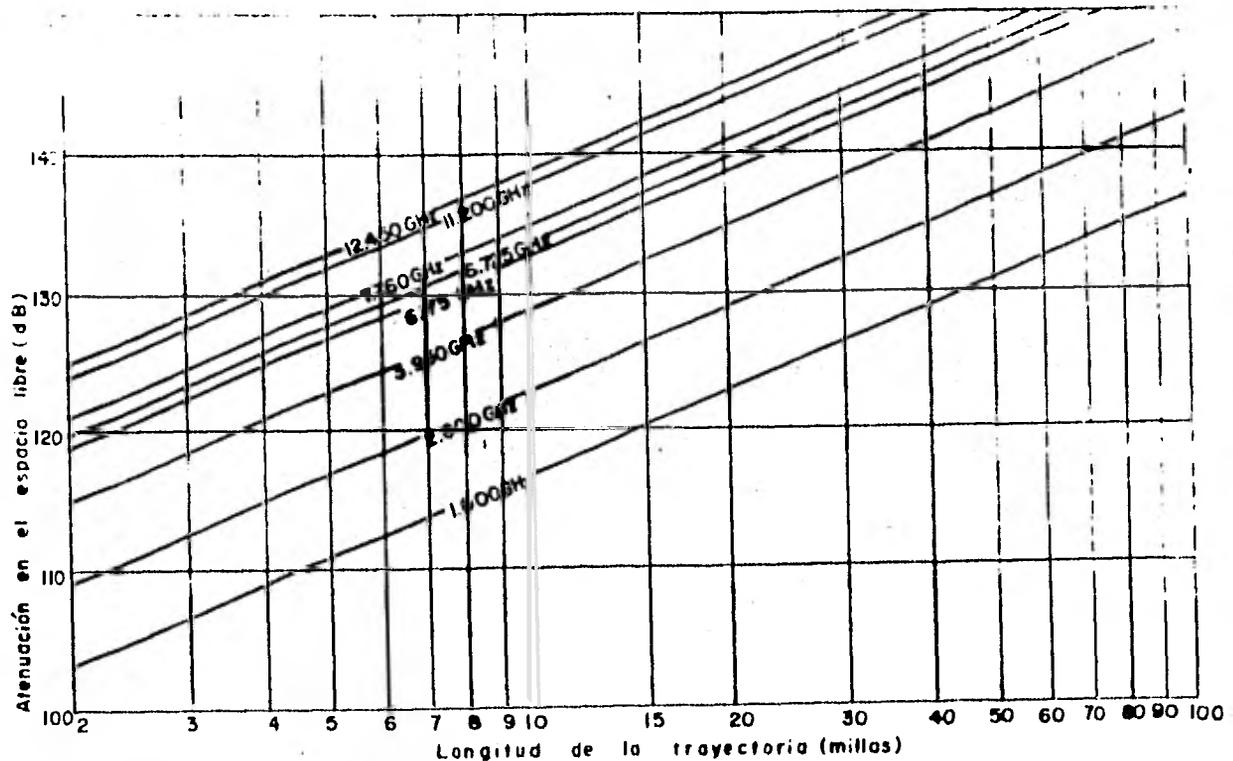


Fig: III 6.2

Variación de la atenuación con la longitud de la trayectoria en el espacio libre

- Ruidos atmosféricos y hechos por el hombre. Son del tipo: señales de interferencia causados por otros sistemas de microondas, de radiaciones espúreas de radares de alta potencia, etc.; sin embargo, este tipo de ruido es muy pequeño.
- Ruido del sistema múltiplex. Para ciertas condiciones de carga se considera como una característica -- del equipo, relativamente fija.

La señal útil en sistemas analógicos y digitales está sujeta a la atenuación de la trayectoria que puede ser compensada por repetidores; sin embargo, en cuanto al ruido se refiere: en un sistema analógico éste se acumula; y en un sistema digital se conserva constante. Esto puede verse en la figura III.6.3.

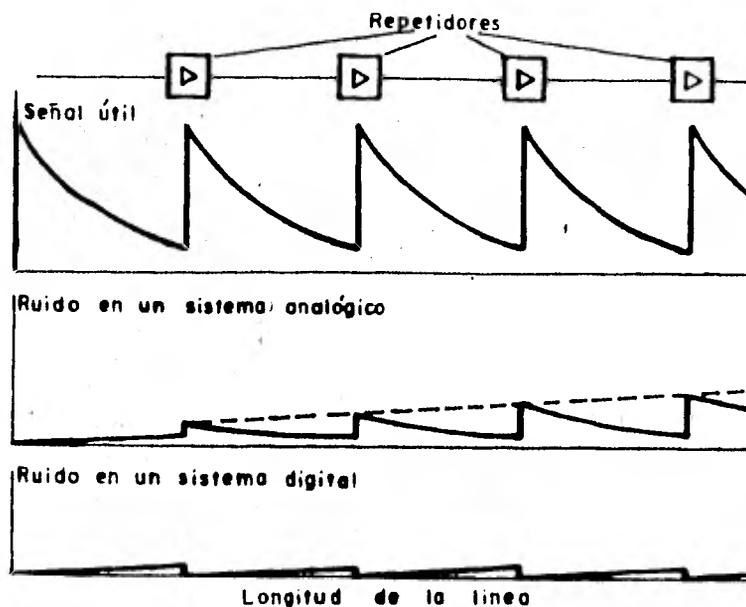


Fig: III. 6.3

Comparación de los efectos del ruido en sistemas de microondas analógicos y digitales

B) Equipo terminal

Aquí se incluye al conjunto de equipos que se requiere en cada terminal. Estos equipos son: transmisor, receptor, multiplex, alimentación, etc. A continuación se presentan las características: tanto del equipo analógico como del digital:

Tabla 1

	Analógico	Digital
Modulación	AM - FM	AM,FSK,PSK
Tipo de información.	Voz, datos, protección y T.V.	Voz, datos, protección T.V.
Rango de frecuencia.	0.3 - 30 Ghz.	0.7 - 21.2 Ghz.
Capacidad	2700 canales	Actual: 34 Mbit/seg En prueba: 400 Mbits/seg
Multiplexaje	División en frecuencia	División en tiempo
Potencia (watts)	5, 10	0.25-10

III.6.3. Configuraciones usuales

No siempre basta un solo salto para establecer un enlace de comunicación; sino que es necesario el uso de repetidores intermedios (figura III.6.4). La repetición puede hacerse; en radiofrecuencia, en frecuencia intermedia o en banda base; y puede ser activa o pasiva. En la figura III.6.5. se muestra esquemáticamente la reflexión pasiva, que es un tipo de repetición pasiva.

Los repetidores activos son en general del tipo de repetición en frecuencia intermedia y en banda base. En la figura -----

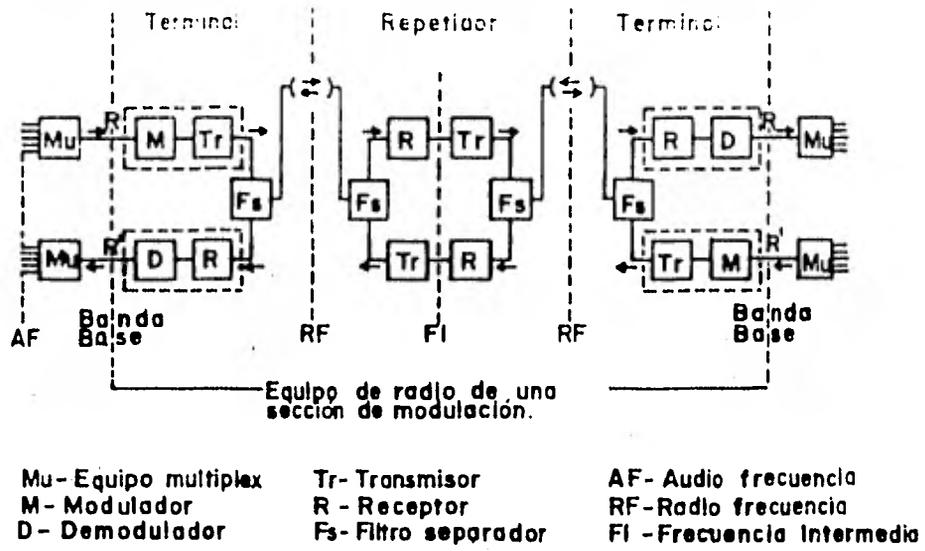


Fig: III. 6.4
Diagrama de bloques de un enlace punto a punto con dos estaciones terminales y un repetidor.

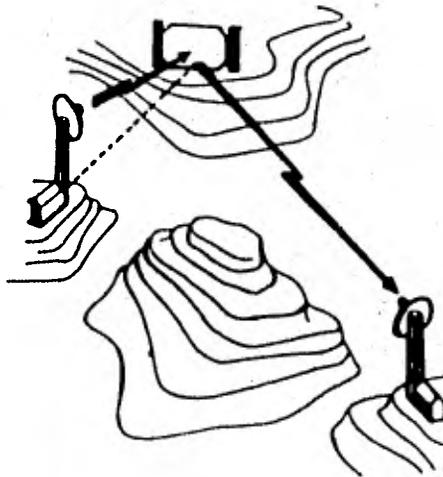
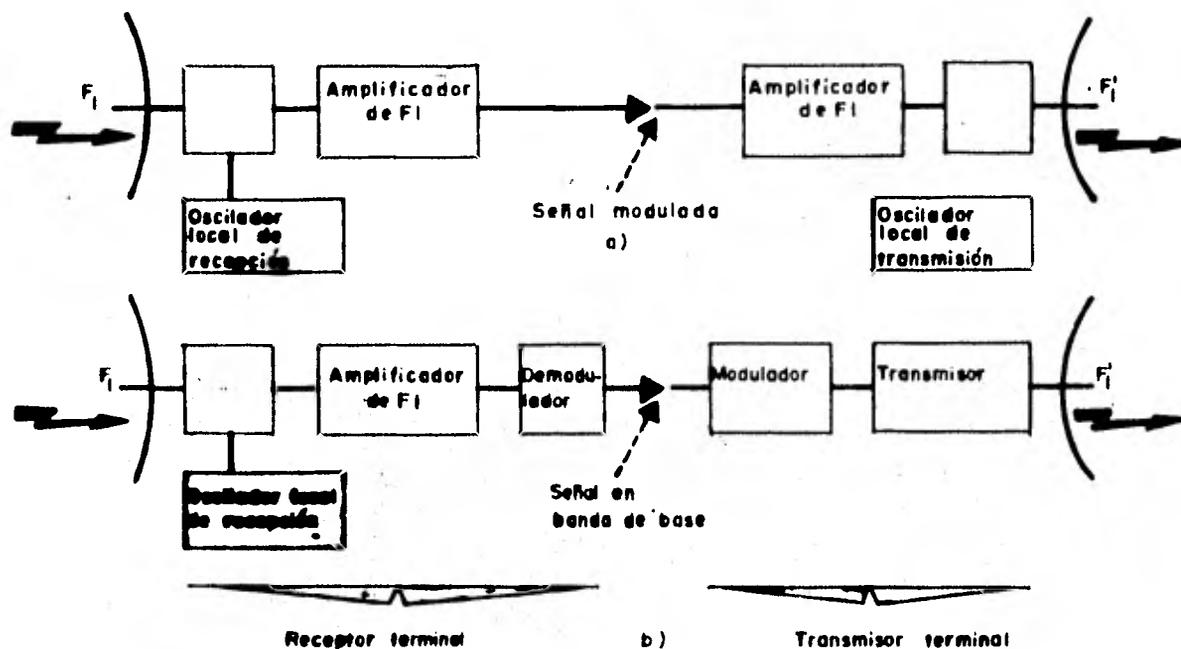


Fig: III. 6.5
Reflexión pasiva

III.6.6 se muestran los dos tipos de repetidor activo,

Otras veces se requiere comunicación con extracción y/o inyección de canales en los repetidores como se ve en la figura III.6.7



a) Repetición en frecuencia intermedia

b) Repetición en banda base

Fig. III.6.6
Diagrama de bloques de un repetidor activo.

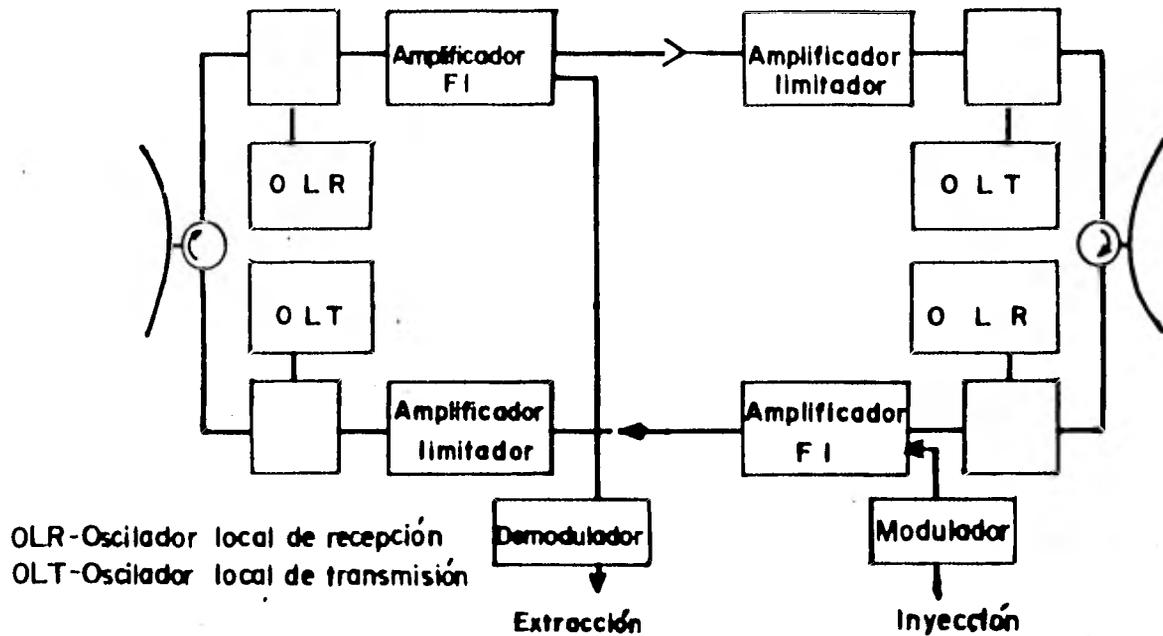


Fig: III. 6.7 Repetidor con acceso de vías sin demodulación de los grupos en tránsito.

Debido a que ciertas funciones del sistema de potencia eléctrica requieren de una alta confiabilidad de los canales de comunicación, se han utilizado diferentes técnicas para aumentar: Tanto la confiabilidad de los equipos, como la confiabilidad de la trayectoria.

Para mejorar la confiabilidad de los equipos, se utilizan configuraciones del tipo: 1 a N ó 2 a N; lo cual significa que se tienen 1 ó 2 equipos de reserva, por N equipos en operación normal. Estos equipos de reserva generalmente se encuentran en servicio ("Hot stand by"), por si fallara alguno de los N equipos que se encuentran en operación normal.

Para mejorar la confiabilidad de la trayectoria se usan arreglos de diversidad de: espacio, frecuencia, o una com-

binación de éstos (diversidad cuádruple),

La diversidad en frecuencia consiste en mantener el enlace de comunicaciones funcionando con dos frecuencias diferentes; ésto con el objeto de que los desvanecimientos de la señal sean críticos a una sola frecuencia, y no a las dos.

La diversidad en espacio consiste en proporcionar dos trayectorias separadas y paralelas para la propagación; colocando dos antenas separadas en cada extremo del salto. El transmisor de un lado envía señales por las dos trayectorias; y el receptor en el otro lado, selecciona la mejor señal de las dos recibidas y deshecha la otra. La diversidad en espacio puede ser: Horizontal o vertical, dependiendo de si; Una antena está abajo, o al lado de la otra. Estos arreglos se usan para protección contra falla de propagación por desvanecimientos, ya que es poco probable que los desvanecimientos se presenten simultáneamente en las dos trayectorias paralelas.

Desafortunadamente ninguno de los dos arreglos proporciona, por si solo, protección contra fallas de equipo y contra fallas de propagación; por lo que en general se usa una diversidad híbrida, la cual consiste en una combinación especial de diversidades en espacio y en frecuencia.

III.7 Radio Enlace Móvil (HF, VHF, UHF)

La transmisión de señales a través de la atmósfera es útil, también, para proporcionar comunicación de un punto fijo a otros móviles, o entre los puntos móviles.

Este tipo de comunicación es necesaria en los sistemas eléctricos de potencia en actividades de: Mantenimiento, opera-

ción y construcción; ya que se requiere para las cuadrillas, las cuales están en continuo movimiento.

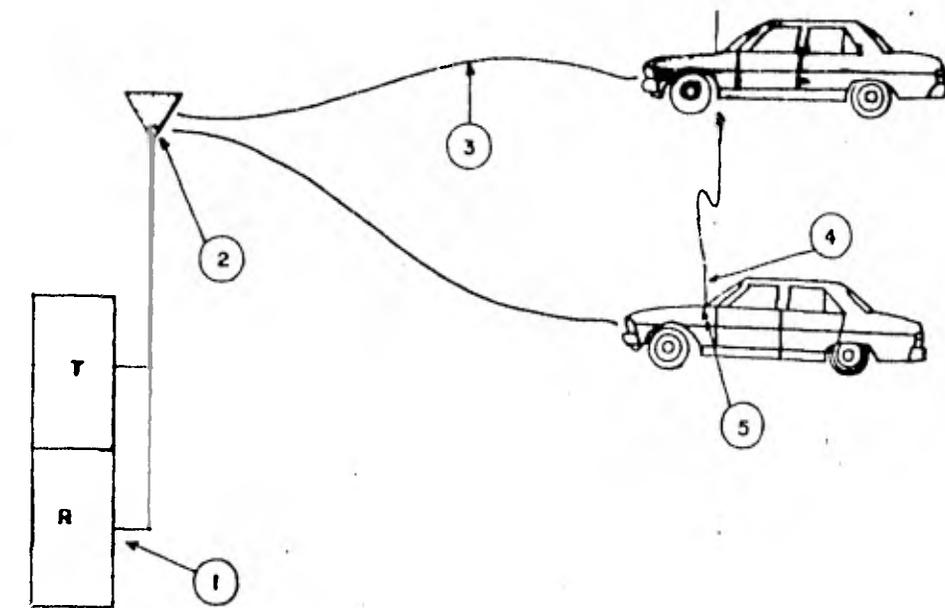
Las bandas de frecuencia comunmente utilizadas, son las correspondientes a HF (3-30MHz) VHF (30- 300 MHz) y en menor escala UHF (300-1500 MHz).

Los sistemas de radio móvil son actualmente, al igual que en radio punto a punto, en su mayoría analógicos (HF utiliza modulación BLU con portadora suprimida; en tanto que VHF y UHF utilizan modulación PM), pero dada la tendencia de radio punto a punto hacia las técnicas digitales, aquí también se está teniendo un fuerte desarrollo en este sentido.

III.7.1 Descripción del Funcionamiento

En la figura III.7.1 se muestran esquemáticamente las componentes del sistema móvil, en donde:

- . Estación base, Equipo Transmisor/Receptor. Transmite a, y recibe de, las unidades móviles.
- . Antena de la estación base. Los tipos comunmente utilizados son: Dipolos y antenas tipo yagi.
- . Medio de propagación. Tropósfera.
- . Antena móvil. Las más comunmente utilizadas son las de: Plano de tierra y de dipolo coaxial; de longitud $\lambda/4$ y $\lambda/2$ respectivamente. Se utilizan bobinas de carga para reducir el tamaño.
- . Unidad móvil - Equipo Transmisor/Receptor. Tiene las mismas funciones que el Transmisor/Receptor de la estación base.



- ① Estación base: transmisor/receptor
- ② Antena de la estación base
- ③ Medio de propagación (atmósfera)
- ④ Antena de la estación móvil.
- ⑤ Equipo Transmisor/receptor de la unidad móvil.

Fig: III.7.1

Principales componentes de un sistema de radio móvil.

III.7.2 Propiedades y características.

A. Medio de propagación

- **Atenuación.** Los tipos de pérdidas que normalmente afectan en radio móvil, además de las del espacio libre, son las debidas a: La esfericidad de la tierra, las ondulaciones, las sombras y las dispersiones ionosférica y troposférica. Las figuras III.7.2, III.7.3 y III.7.4, muestran respectivamente: Las pérdidas en el espacio libre (30-960 MHz), las pérdidas por difracción causadas por la curvatura de las ondas alrededor de la Tierra; y las pérdidas en el plano de tierra, las cuales son dependientes de la altura de las antenas.

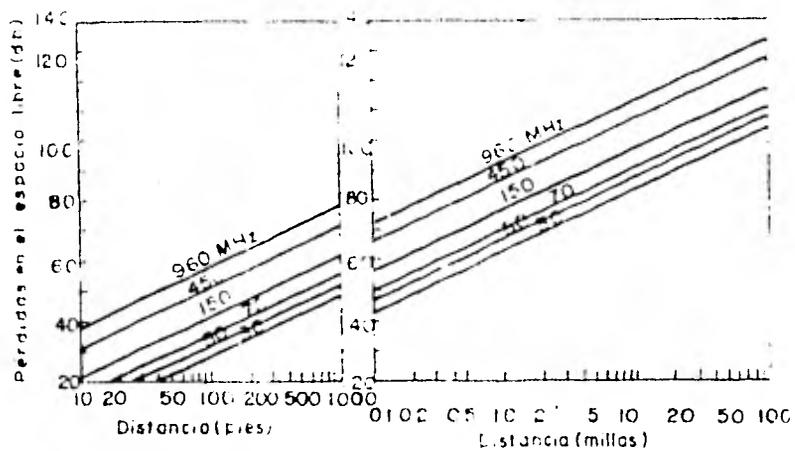


Fig: III 7.2
 Características atenuación-distancia en el espacio libre, entre dos antenas dipolo de media onda

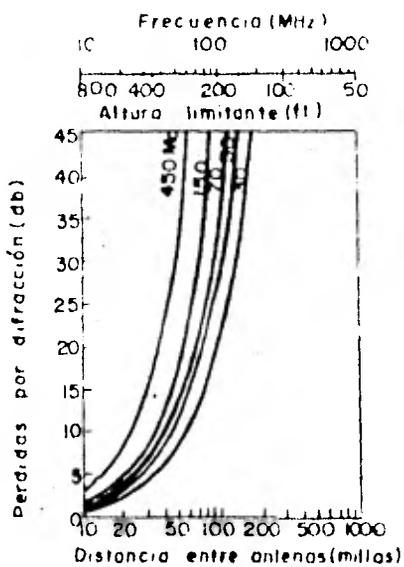


Fig: III 7.3
 Variación de las pérdidas por difracción con la distancia, causados por la curvatura de las ondas de radio alrededor de la tierra

- . Ruido. El rango de frecuencias de un sistema de radio móvil está limitado, principalmente, por el ruido hecho por el hombre cerca de los receptores. El ruido del tipo impulsivo afecta a la calidad de la comunicación, debido a que su amplitud reduce la relación señal a ruido en el receptor.

La degradación en el funcionamiento de los receptores, se produce cuando éstos se hallan operando muy próximos a transmisores que radían sobre canales cercanos en frecuencia. Esta degradación se debe a la alta intensidad de la señal y al espectro de ruido radiado, el cual causa un incremento en el ruido residual en los receptores afectados.

El ruido transmitido no puede eliminarse, no obstante las precauciones que se tomen en los receptores afectados, ya que es interceptado por los circuitos sintonizados dentro de ellos como una señal "sobre el canal". El aislamiento del transmisor y del receptor, o la eliminación del ruido en las bandas de frecuencia ocupadas por el receptor, son medidas recomendables.

En la figura III.7.5, pueden verse los efectos del filtrado y/o espaciado físico del transmisor y el receptor.

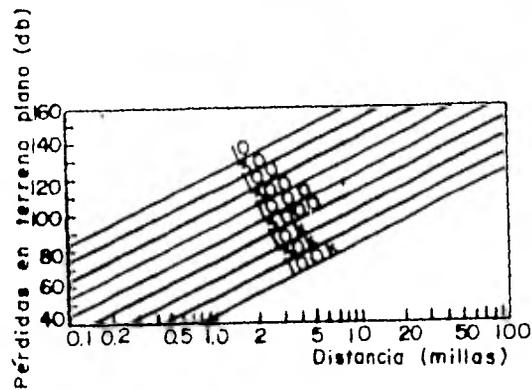


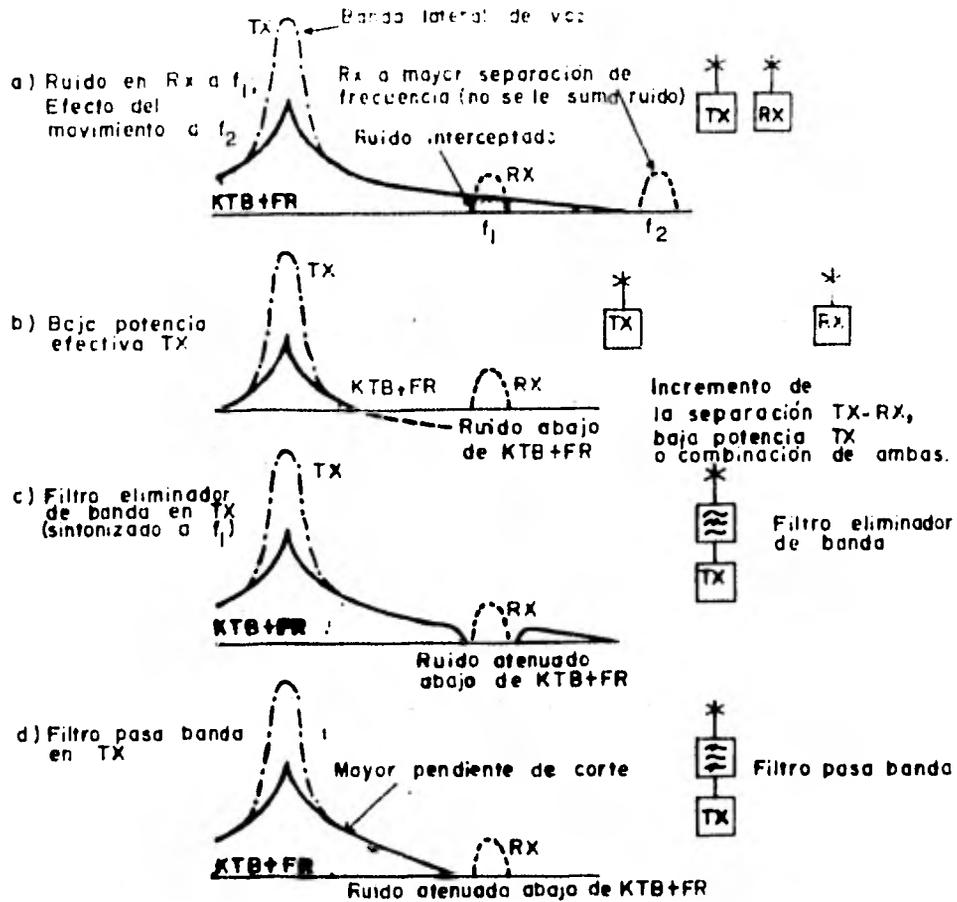
Fig. 11.7.4

Pérdidas de transmisión en el plano de tierra entre antenas dipolo de media onda.

B. Equipo Terminal

A continuación se muestran las características analógicas de los equipos terminales:

	H.F.	V.H.F.	U.H.F.
Modulación:	AM (B.L.U)	Fase (PM)	FM y PM
Tipo de información que puede manejar	voz, telegrafía	voz, Datos	voz, Datos, Protección
Rango de frecuencias (en MHz)	3 - 15	148-175	300 MHz-1.5 GHz
Capacidad en número de canales	Máx. 4	4	60
Ancho de banda del canal (en khz).	4	4	4
Multiplexaje:	-	-	División en frecuencia.



KTB: Potencia de ruido en un receptor ideal donde:

K: Constante de Boltzmann (1.38×10^{-23} Joules/Kelvin)

T: Temperatura absoluta, usualmente $290^\circ K$

B: Ancho de banda (Hz)

FR: Factor de ruido

TX: Transmisor.

RX: Receptor

Fig III. 7.5

Efectos del filtrado y/o separación entre transmisor y receptor.

III.7.3 Configuraciones usuales

Desde el punto de vista de la frecuencia, un sistema de radio móvil puede operar de las siguientes maneras:

- . Simplex, frecuencia única. Las frecuencias del transmisor y receptor son idénticas, y consecuentemente la comunicación bidireccional puede lograrse; pero no simultáneamente (método "Apriete para hablar"). Esta configuración es satisfactoria para comunicación: Estación base - estación base, estación base - estaciones móviles y entre estaciones móviles. Una estación puede hablar y ser escuchada por las otras.

- . Simplex, dos frecuencias.- Se utilizan dos frecuencias de transmisión, separadas por una banda suficientemente grande, para permitir una operación satisfactoria del sistema cuando está sujeto a ciertas restricciones de lugar tales como: Proximidad física de un transmisor y un receptor. Si los mencionados transmisor y receptor, Operan a la misma frecuencia; el nivel de señal recibida sería extremadamente alta y podría causar efectos adversos en el receptor. Como en el caso anterior, la comunicación bidireccional se logra pero no simultáneamente (método: "apriete para hablar").

- . Dúplex. En este modo de operación, el transmisor y el receptor pueden operar simultáneamente; permitiendo una conversación normal bidireccional (El método "apriete para hablar", no es necesario). Se utilizan dos bloques de frecuencia, y la operación es similar a la del modo simplex de dos frecuencias.

El modo simplex opera satisfactoriamente sobre grandes extensiones de terreno, áreas grandes cubiertas de agua, comunicación de aviación, etc.; pero si hay necesidad de colocar más

de un canal con transmisores en el mismo sitio, el ahorro aparente en frecuencias se pierde por lo siguiente; Puede demostrarse que cuando se colocan varios conjuntos transmisor/receptor en un mismo lugar, la separación entre las frecuencias de transmisión y recepción debe ser al menos de 4 Mhz; por lo que, por ejemplo, para el caso de 4 canales; puede verse en la figura III.7.6, que si se utiliza una configuración de dos frecuencias; se ocupa menos espectro que con una de frecuencia única.

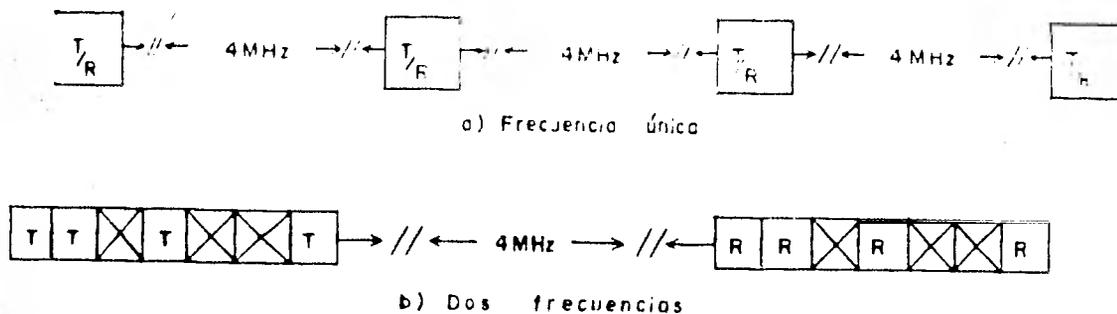


Fig: III 76
Separación entre las frecuencias de transmisión y recepción, cuando se tienen configuraciones de una y dos frecuencias.

III.8 Enlaces por Fibra Optica

En este sistema de comunicación se utilizan conductores de vidrio o de plástico como medio de propagación de señales ópticas. Estos conductores están formados por dos regiones concéntricas llamadas: Núcleo y Cubierta (ver figura III.- 8.1); y para la propagación de las señales a través de ellos, se utiliza el principio óptico de que: Un rayo de luz que

viaja en un medio de cierto índice de refracción y que incide en otro medio de índice mayor, a cierto ángulo; se reflejará totalmente.

Los sistemas de fibra óptica son competitivos actualmente con otros sistemas de alta capacidad (cable coaxial, cable multipar y guía de onda), en distancias comprendidas entre 2 y 30 km.; y su gran ventaja, aprovechable en sistemas eléctricos de potencia, es la inmunidad a interferencias electromagnéticas y aislamiento eléctrico entre puntos que comunica. Por otro lado, la capacidad de transmisión de una fibra óptica es muy alta: 25-29 MHz - Km. y 99-1000 MHz -Km.

Características adicionales distintivas de este sistema son: Tamaño y peso reducido de sus componentes y ausencia de componentes metálicos.

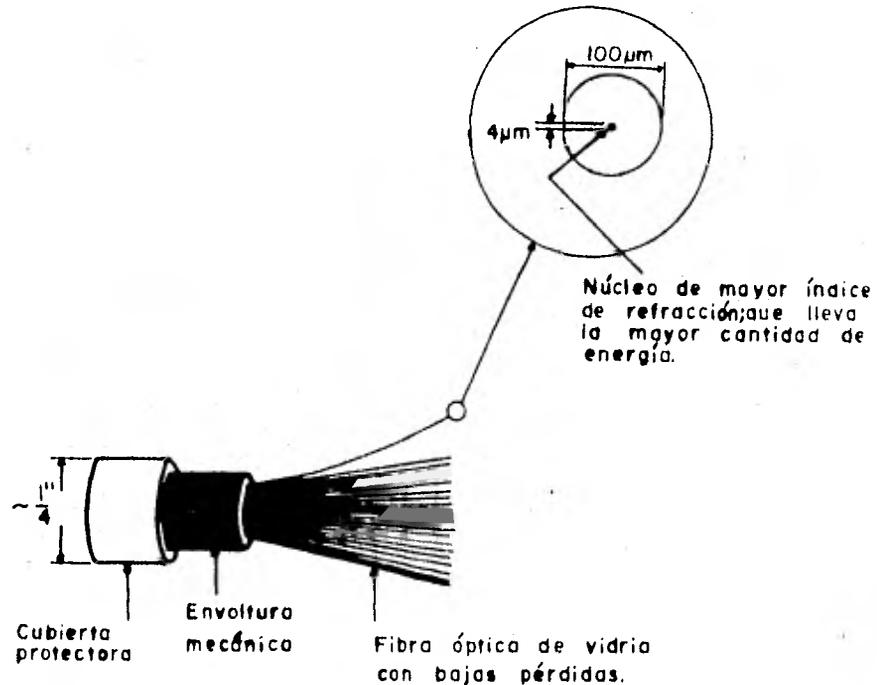


Fig: III.8.1
Estructura de un cable con fibras ópticas monomodales.

viaja en un medio de cierto índice de refracción y que incide en otro medio de índice mayor, a cierto ángulo; se reflejará totalmente.

Los sistemas de fibra óptica son competitivos actualmente con otros sistemas de alta capacidad (cable coaxial, cable multipar y guía de onda), en distancias comprendidas entre 2 y 30 km.; y su gran ventaja, aprovechable en sistemas eléctricos de potencia, es la inmunidad a interferencias electromagnéticas y aislamiento eléctrico entre puntos que comunica. Por otro lado, la capacidad de transmisión de una fibra óptica es muy alta: 25-29 MHz - Km. y 99-1000 MHz - Km.

Características adicionales distintivas de este sistema son: Tamaño y peso reducido de sus componentes y ausencia de componentes metálicos.

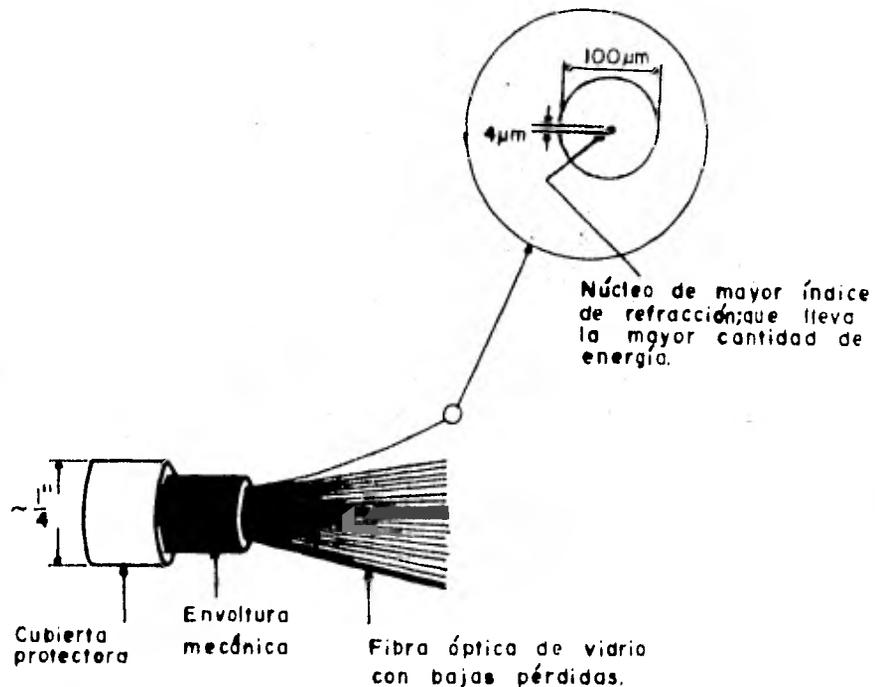


Fig: III. 8.1
Estructura de un cable con fibras ópticas monomodales.

III.8.1 Descripción del Funcionamiento

Un enlace de comunicación por fibra óptica se muestra en la figura III.8.2

Se describen a continuación los elementos del sistema:

- . Equipo terminal.- Incluyen a los equipos: Transmisor/receptor, de conmutación y de alimentación.
- . Fibra óptica. El medio de propagación. Es un cilindro dieléctrico, generalmente de vidrio o de plástico, formado por dos regiones concéntricas llamadas: Núcleo y Cubierta; en los que el núcleo o región interior, tiene un índice de refracción ligeramente mayor que la cubierta.
- . Convertidores electroópticos, óptico-eléctricos.- Sirven para convertir las señales eléctricas del transmisor a ópticas; con el fin de que se puedan propagar en la fibra. Realiza lo inverso en el otro extremo a las señales ópticas viajando en la fibra; las convierte en eléctricas para que puedan ser manejadas por el receptor. Estos convertidores tiene como equipo de acoplamiento a la fibra, lo siguiente:
 - En el lado transmisor, los emisores.- Son las fuentes de potencia óptica. Las más comunes son: El diodo emisor de luz (LED) y el láser de inyección (ILD). Su eficiencia se mide en función de su radiancia, o sea de la potencia óptica emitida por unidad de área por unidad de ángulo sólido y de su respuesta en frecuencia.
 - En el lado receptor, los detectores. Son fotodiodos de estado sólido. Tienen como características: Su alta eficiencia óptica, su alta velocidad de respuesta y su baja corriente de oscuridad.

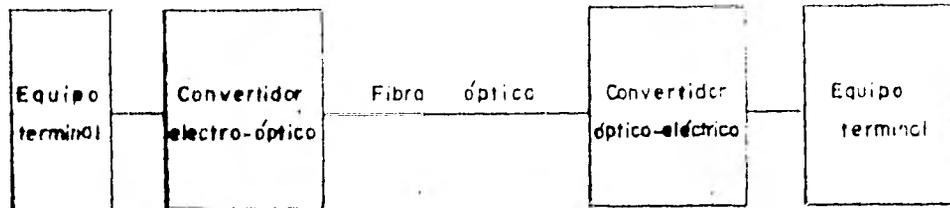


Fig. III 8.2

Circuito básico de un enlace de comunicación por fibra óptica.

III.8.2 Propiedades y características

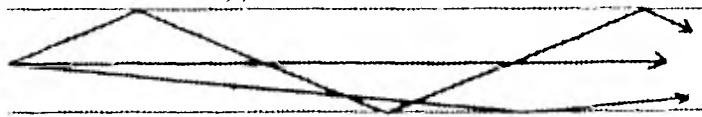
A. Medio de propagación.

- Atenuación. La atenuación es una medida de la transparencia de la fibra. Hay dos fenómenos que la afectan: La absorción y la dispersión por el material de la fibra. La absorción es causada por impurezas en el vidrio con órbitas atómicas en el orden de tamaño de la longitud de onda de la señal.

La dispersión se debe a efectos moleculares del vidrio que causan difracciones. Estas a su vez ocasionan intercambio de potencia entre modos, lo cual genera pérdidas (ver figura III.8.3).

Otra causa común de pérdidas son las microdesviaciones de la geometría del núcleo de la fibra.

En la figura III.8.4 se muestra la curva atenuación-frecuencia, para una fibra de vidrio de silicio.



Reflexión de los rayos en la fibra óptica

Algunos rayos viajan por trayectorias más cortas que otros esto hace que la señal se vaya dispersando a lo largo de la fibra:

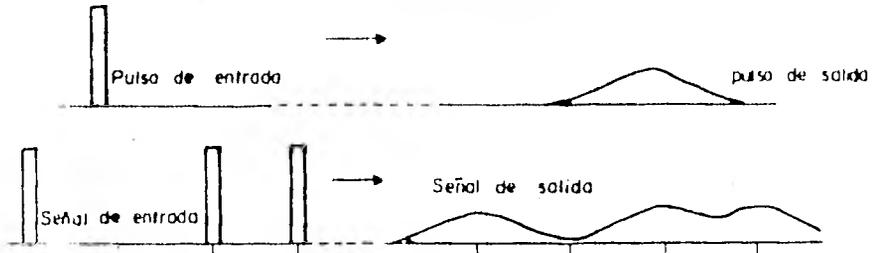


Fig. III 8.3

Efecto de la dispersión sobre la velocidad de transmisión

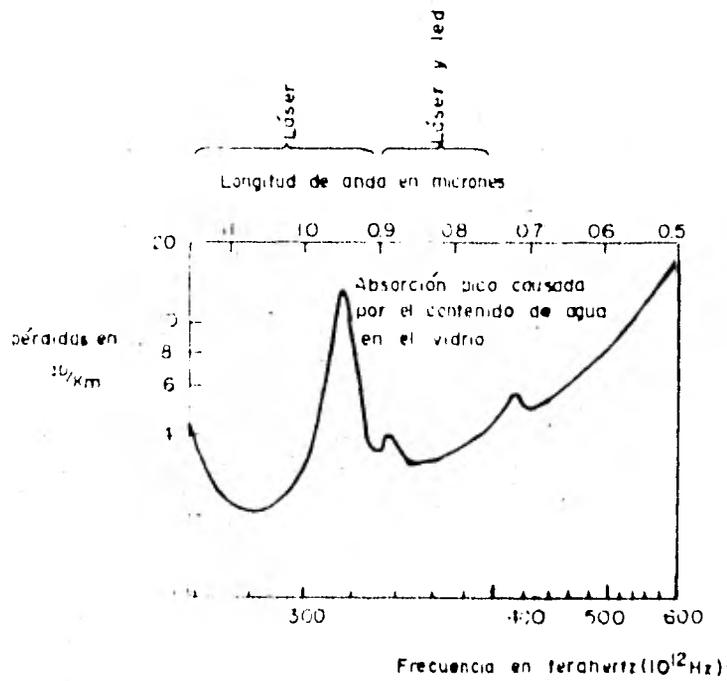


Fig. III 8.4

Atenuación-frecuencia de una fibra de vidrio de sílice

- . Ruido.- Una de las principales características de este sistema, es su inmunidad a la interferencia electromagnética. Los tipos de ruido a considerar en el diseño de un enlace - son básicamente, los introducidos por: El detector y el amplificador de entrada.

B). Equipo Terminal.

Las características principales de estos equipos, son las siguientes:

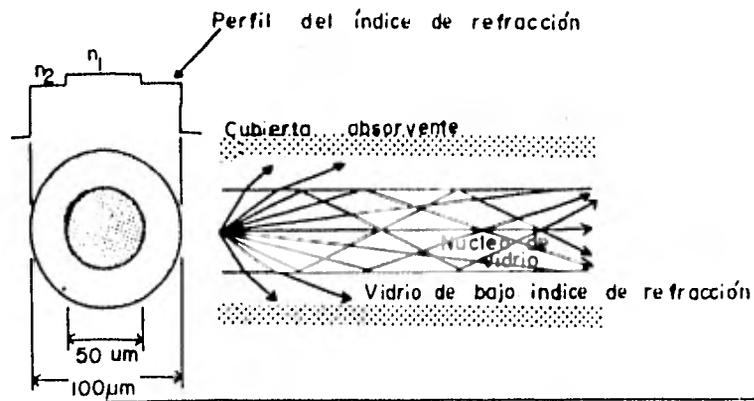
Modulación:	PAM-PCM-Intensidad luminosa
Información:	Voz, datos, protección.
Rango de operación:	10^2 a 600×10^{12} Hz.
Capacidad máxima en canales telefónicos:	1920 a 136 Mbit/seg. 12500 a 800 Mbit/seg.
Multiplexaje:	División en tiempo.
Potencia:	Acoplamiento 3 mw. Diodo: 5 mw.

III.8.3 Configuraciones usuales

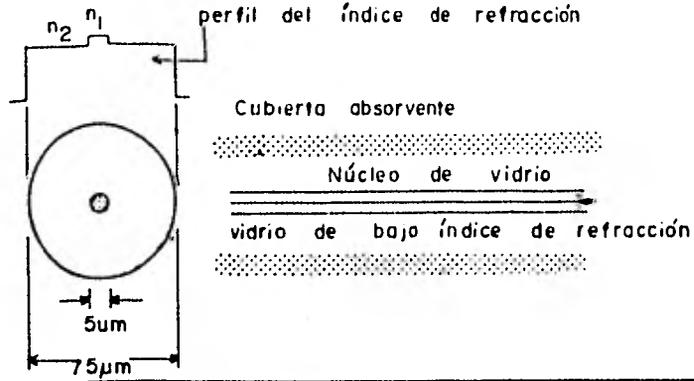
La fibra óptica, como guía de onda, se asemeja a una metálica en el sentido de que es capaz de transmitir muchos modos a una misma frecuencia; es decir: Una misma frecuencia se puede - transmitir a diferentes velocidades; cada una de las cuales corresponde a un modo. El número de modos transmitidos depende: Del diámetro del núcleo, de la longitud de onda de la luz y de los índices de refracción del núcleo y de la cubierta.

Cuando la velocidad del modo es cero, el modo ya no se transmite y equivale a una entrada a la fibra con un ángulo mayor al de aceptación. En este caso se dice que el modo está en corte; y lejos de este corte la transmisión es de muchos modos.

a) Fibra de núcleo grande



b) Fibra de núcleo pequeño
perfil del índice de refracción



c) Fibra de índice graduado

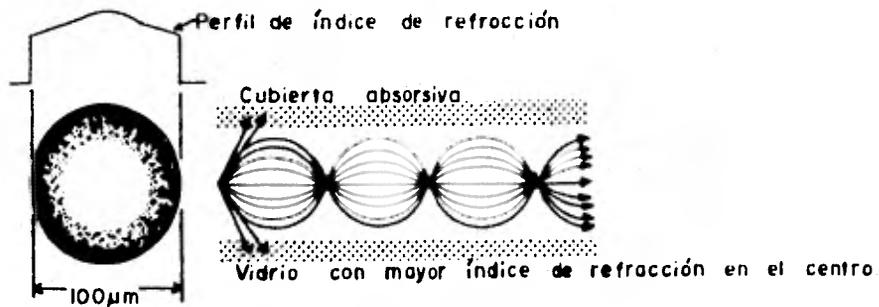


Fig: III 8.5

Propagación de los rayos de luz en diferentes tipos de fibra óptica.

Existe una región en donde se transmite un solo modo. A esta región se le denomina ~~monomodal~~. Considerando las longitudes de onda comunmente usadas ($0.8 \mu\text{m} < \lambda < 1.7 \mu\text{m}$.) y los valores de los índices de refracción del vidrio (1.4 para silicio fundido), sería necesario un núcleo de radio = $2.5 \mu\text{m}$ para estar en esta - región.

Cuando los diámetros del núcleo son mayores a $5 \mu\text{m}$ y se transmiten varios modos, a la fibra se le denomina multimodal.

En la figura III.8.5 se muestra la forma en que se propagan los rayos de luz en tres tipos diferentes de fibra óptica.

III.9 Radioenlaces por Satélite

Un satélite de comunicaciones es en esencia un repetidor de microondas en el espacio. Este repetidor recibe desde las estaciones terrenas, señales en una banda de frecuencias dada; y las retransmite a la Tierra en una banda de frecuencias diferente, para reducir las interferencias.

Un satélite puede manejar diferentes tipos de señales: - Telefonía, telegrafía, televisión y datos; y teóricamente con tres de ellos, ubicados adecuadamente, sería posible cubrir el 100% de la superficie terrestre.

El índice elevado de desarrollo de este nuevo sistema, se debe primordialmente a lo siguiente:

- . Los enlaces que se logran son de buena calidad, fiables, de gran capacidad y cubren largas distancias (hasta aproximadamente 1700 Km.).
- . El acceso múltiple.
- . La adaptabilidad de operación (flexibilidad para modificar la configuración de una red de satélite).

Las bandas de frecuencia que se utilizan actualmente son: 4/6 y 11/14 Ghz; y se tiene proyectado el uso de las bandas de 20/30 Ghz.

III.9.1 Descripción del Funcionamiento

Un esquema básico del sistema se muestra en la figura III.9.1 en donde:

- . Equipo terminal. Es el conjunto de transmisor/receptor, multiplex, conmutador, alimentación.
- . Satélite. Es un repetidor. Su función es la de amplificar, cambiar la frecuencia de las señales provenientes de las

estaciones terrenas y retransmitirlas; estableciendo así el enlace entre éstas.

- . Antenas. Son parabólicas y son elementos radiadores.
- . Atmósfera. Es el medio de propagación.

III.9.2. Propiedades y características

A. Medio de propagación

- . Atenuación. En las bandas de frecuencia que más se utilizan actualmente (menores de 10 Ghz); las pérdidas de propagación (absorción atmosférica) y sus variaciones en función de las condiciones climáticas, son muy bajas. Pero la tendencia actual es usar bandas de frecuencia que se hallan por arriba de los 10 Ghz. En estas nuevas bandas, las características de propagación no son todavía lo suficientemente conocidas como para poder establecer las especificaciones de enlaces futuros; especialmente para los porcentajes elevados de tiempo de utilización.

La atenuación a frecuencias elevadas varía fuertemente con: Las lluvias, la neblina, las nubes (vease la figura III.9.2).

Por lo anterior se tendrán que adoptar importantes márgenes de potencia de transmisión (3 a 10 db), para asegurar que se superan las variaciones de atenuación atmosférica.

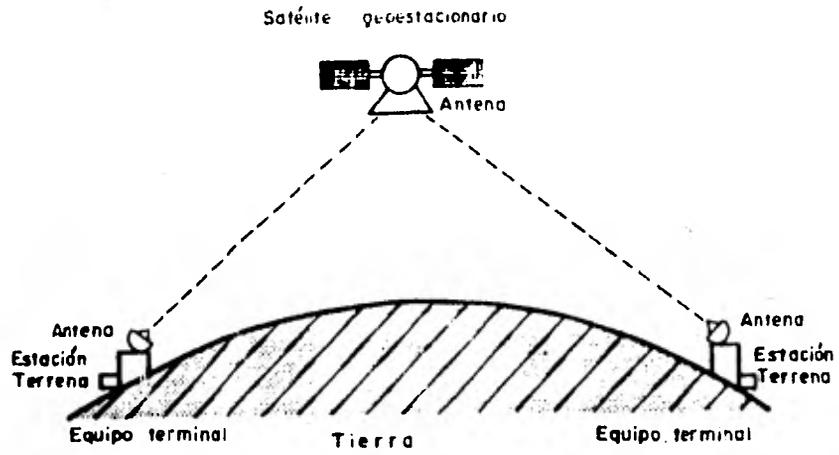


Fig: III.9.1
Esquema básico de un sistema de comunicación por satélite

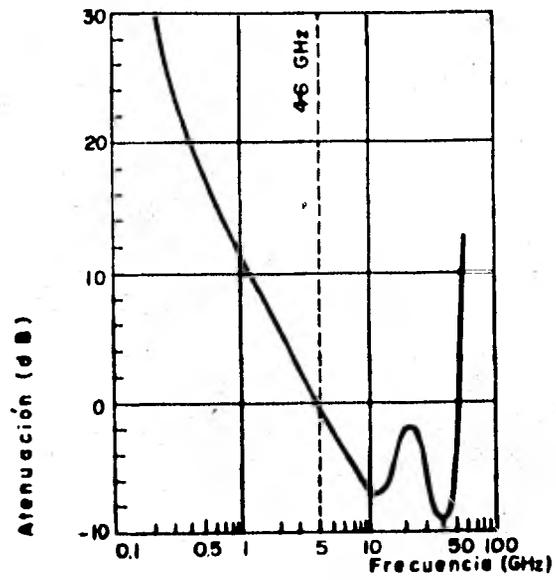


Fig: III.9.2
Características de atenuación-frecuencia de un enlace de comunicación por satélite.

. Ruido. Las antenas de estaciones terrenas están diseñadas y construidas para tener un elevado rendimiento y para reducir las radiaciones espúreas. Especialmente en la recepción, han de captar la menor radiación térmica posible: Del suelo, de la atmósfera, etc.; por este motivo, a menudo se les denomina como "antenas de bajo ruido". Se caracterizan en la recepción por un "factor de calidad" - (relación de: ganancia-temperatura del ruido), que tiene en cuenta a la vez: La ganancia de la antena, la radiación del ruido que capta (caracterizado por una "Temperatura equivalente del ruido de antena") y la sensibilidad del receptor (igualmente caracterizado por una: "Temperatura equivalente del ruido del receptor").

Los problemas de interferencia se deben a que se utilizan las mismas bandas de frecuencia que en las redes terrestres de microondas.

Para evitar éstos, las estaciones terrenas se habían instalado en lugares alejados de los centros urbanos; pero con la utilización de frecuencias elevadas, mayores que las utilizadas en los sistemas de radiocomunicación terrestre; la ubicación de las estaciones terrenas en zonas urbanas ya es posible.

B. Equipo Terminal.

Las características de los equipos utilizados en las estaciones terrenas, son:

	Analógico	Digital
Modulación	AM - FM	MIC
Tipo de información	Voz, datos, televisión	Voz, datos, televisión
Rango de operación (Ghz).	4/6, 12/14, 20/30	4/6, 12/14, 20/30
Capacidad.	24000 canales telefónicos	(INTELSAT V)
Multiplexaje	División en frecuencia.	División en tiempo
Potencia	10 dbw	10 dbw

III.9.3 Configuraciones usuales

Estos sistemas de comunicación son indispensables para hacer frente a la necesidad de expansión considerable de los enlaces de telecomunicación a largas distancias, de alta calidad y confiabilidad. Las configuraciones usadas actualmente las podemos clasificar de acuerdo al área que cubren; en: Sistemas intercontinentales y sistemas regionales o nacionales.

. Sistemas intercontinentales.

- Los sistemas intercontinentales fueron los primeros que se implantaron y con ellos se obtuvieron las primeras experiencias en este campo; hasta que, actualmente, se ha cubierto casi totalmente la superficie terrestre con ellos. Las primeras telecomunicaciones por satélite permitieron establecer enlaces de 240 canales telefónicos. Hoy en día se tienen sistemas con capacidad de 24000 canales telefónicos; y con una vida útil de 7 a 10 años. Para hacer frente a las exigencias del tráfico (índices de crecimiento anual entre 20 y 25%); éstos sistemas deberán recurrir a nuevas técnicas, algunas de las cuales son:

- Utilizar varias veces la misma frecuencia en cada satélite, mediante el empleo de antenas directivas o con polarización ortogonal.
- Emplear nuevos márgenes de frecuencia
- Usar la técnica de modulación digital con acceso múltiple por división en el tiempo.
- Utilizar técnicas de conmutación en los satélites
- Cambiar la estabilización rotacional por la de "tres ejes" en los satélites geoestacionarios.
- Emplear paneles solares desplegados, cubiertos de celdas solares de película fina.
- Usar la propulsión eléctrica para la corrección de órbita.
- Emplear técnicas de almacenamiento de energía, con elevada relación energía/masa.

Pronto vendrá el día en que los satélites serán auténticas centrales con capacidad de: Manejar, conmutar y memorizar la cantidad de información constantemente creciente; que se transmite a la red internacional de telecomunicaciones.

Utilizando la técnica de acceso múltiple, un satélite puede realizar enlaces entre todas las estaciones comprendidas en la zona de cobertura de las antenas del Satélite. De esta forma se aprovecha plenamente su posición nodal con relación a las estaciones terrenas a las que atiende. Existen dos tipos de acceso múltiple: Por división en frecuencia (AMDF) o por división en el tiempo (AMDT).

Se dice que el acceso múltiple es por división en frecuencia; cuando las transmisiones de orígenes distintos llegan al satélite con frecuencia diferente, y con la cual se puede identificar el origen.

En el acceso múltiple por división en el tiempo; cada estación transmite sus señales durante un período determinado, a la misma frecuencia; y el satélite recibe sucesivamente los paquetes de información de las diferentes estaciones para retransmitirlos. En tierra, las estaciones reciben todo el volumen de información; y seleccionan y reconstruyen la que les está destinada.

. Sistemas regionales o nacionales.

Las telecomunicaciones por satélite se pueden utilizar también para el uso exclusivo de ciertas regiones o países. Este tipo de comunicación se caracteriza, fundamentalmente, por emplear: Satélites cuyas antenas son de alcance limitado y estaciones terrenas de dimensiones medias. Se prevee una prodigiosa expansión de estos sistemas; ya que satisfacen las necesidades de poblaciones alejadas de las grandes concentraciones urbanas con una baja o media cantidad de canales telefónicos, de televisión, de datos, etc.. Se ha visto que este tipo de comunicación resulta ser más rápido y confiable que las telecomunicaciones terrestres.

En estos sistemas, el área cubierta por el satélite podrá incluir un número importante de estaciones grandes o medianas, cuyas principales características serán las de estar colocadas dentro o en las inmediaciones de los centros urbanos o industriales. Para estos centros, debido a la contaminación radiolétrica existente y a razones económicas, será necesario que se recurra a las nuevas bandas de frecuencia contratadas que son: 11/14 y 20/30 Ghz.

III.10 Bibliografía

Arifon Pierre- Conocimiento de los Enlaces Hertzianos. Fascículos I a IV, SAT y Thomson CSF.

Cabeza Reséndez L., Tovar M.J.A., Naredo V.J.L. Reporte sobre las Consideraciones para la Utilización Nacional del - Espectro en los Sistemas de Onda Portadora por línea de Alta Tensión.- IIE, Agosto de 1979.

De la Torre M. Antonio, ¿Cable Coaxial o Microondas. Condumex, Div. Telecomunicaciones, Enero de 1978

Freeman Roger L. Telecommunication System Engineering Analog & Digital Network Design.

Freeman Roger L.-Telecommunication Transmission Handbook. John - Wiley & Sons, Inc. 1975.

GTE Lenkurt Inc.-Engineering Considerations for Microwave Communications Systems. 1975.

Hamsher Donald H. -Communication System Engineering Handbook. McGraw Hill Book Company, 1967.

Housin Jean Pierre Malleus Guy, Lombard Didar, Thué Marcel, Le Bihan Alain y Salomon Jean.- Balance de las Telecomunicaciones por satélite. Telecommunications. Revista Francesa de Telecomunicaciones, 3er. Trimestre de - 1974.

López G. R., Cruz F. J, Tovar M.J.A, Ortegón E.A., López S.A. -- Reporte sobre la recopilación de datos, mediciones de atenuación y niveles de ruido de la red de Onda -

Portadora por línea de Alta Tensión del Sistema Noroeste de CFE. IIE Febrero de 1978.

- Martín James - Future Developments in Telecommunications. Prentice Hall Inc., 1977.
- Naredo V.J.L y Tovar M. J.A. - Utilización del hilo de guarda (HGA) como medio de comunicación. Reporte de las entrevistas con usuarios y fabricantes. Instituto de Investigaciones Eléctricas, Septiembre de 1978.
- Naredo V. J.L. y Tovar M.J.A. - Reporte Preliminar respecto al Uso del Hilo de Guarda (HGA) como medio de comunicación (Estado del Arte). IIE, Abril de 1978.
- Pannell William M. - Frequency Engineering in Mobile Radio Bands. Granta Technical Editions in Association with Pyc - Telecommunications Ltd., 1979.
- Pineda Cortés D., Tovar M.J.A. - Análisis de Sistemas a comunicaciones por Fibra Optica. Tomo II de la memoria del MEXICON 80, capítulo de Comunicaciones.
- Pineda Cortés D. - Evaluación de alternativas en Sistemas de Comunicación por Fibra Optica. Tomo II de la memoria del MEXICON 80, capítulo de Comunicaciones.
- Rogers A.J. - Fibre-Optical Communications. Reporte RD/L/R 1908 - de la Central Electricity Research Laboratories, - Inglaterra. Mayo de 1975.
- Siemens Special Issue, Vol. 2, Telcom Report, 1979. Digital Transmission.

Smith Emerson C. - Glossary of Communications.
Telephony Publishing Corp., 1971.

Yamane Noboru - Fundamentos de Propagación de microondas SCT -
México, 1974.

C A P I T U L O I V

SISTEMAS DE TRANSMISION MULTIPLE
Y DE CONMUTACION

IV.1 Introducción

La necesidad de tener una red de telecomunicaciones que proporcione la máxima utilización de los enlaces de comunicación al menor costo posible, trajo como consecuencia que surgieran: tanto los sistemas de transmisión múltiple, como los sistemas de conmutación. Debido a la importancia que tienen estos sistemas en el diseño de la red; se han incluido en esta parte del trabajo, con objeto de proporcionar la información general sobre su funcionamiento e importancia.

Comenzamos con los sistemas de transmisión múltiple; de los cuales se describen: En qué consisten y los diferentes métodos y planes de modulación utilizados actualmente. Se sigue con los sistemas de conmutación. De ellos se comenta: su utilidad, las diferentes técnicas utilizadas, los tipos de conmutación usados; y por último la forma en que pueden organizarse.

IV.2 Sistemas de transmisión múltiple (Multiplexaje).

Consiste en la transmisión conjunta de cierto número de señales sobre el mismo medio; de tal forma que se mantienen separadas - para que no se interfieran unas con otras durante la transmisión y es posible separarlas en el extremo receptor. Este proceso de unión-separación puede ser en frecuencia o en tiempo. En la Fig. IV.2.1 se muestra el concepto del sistema de transmisión múltiple.

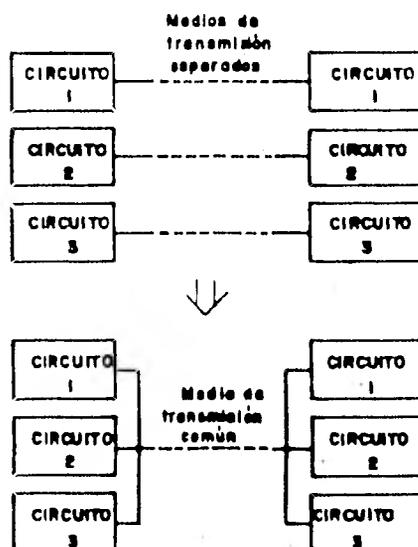


FIGURA IV. 2.1.

El multiplexaje permite que dos o más circuitos de comunicación se combinen sobre un medio de transmisión común

IV.2.1 Multiplexaje por División en frecuencia (MDF).

El sistema de transmisión múltiple por división en frecuen- -

cia es un método por el cual dos o más señales a la frecuencia de voz, se trasladan a bandas separadas, pero adyacentes de frecuencia, utilizando el proceso de modulación; de tal forma que pueden ser combinadas y transmitidas simultáneamente sobre un mismo canal de comunicación. Este concepto se muestra en la figura IV.2.2

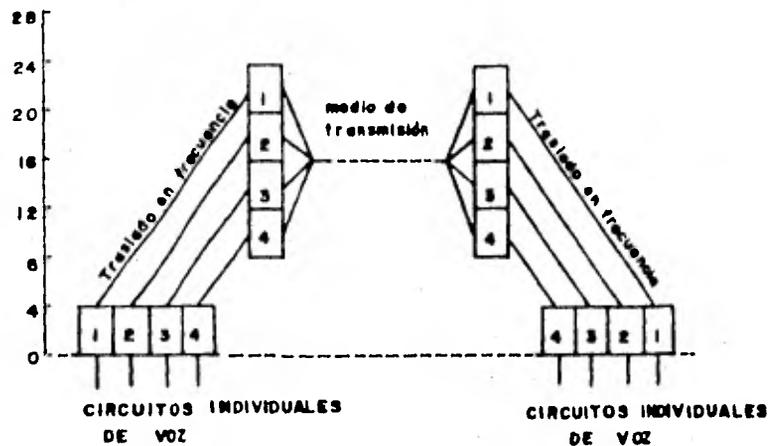


FIGURA IV.2.2

Sistema de transmisión múltiple
por división en frecuencia

Plan de modulación

Los sistemas de transmisión múltiple por división en frecuencia se clasifican en función de su capacidad, es decir, del número de canales que puedan manejar, y es claro que entre más capacidad tenga un sistema, mayor será el espectro de frecuencias que maneje. Con objeto de normar el uso de estos sistemas ha sido necesario establecer frecuencias específicas de modulación para cada canal, según la capacidad

del sistema. Para lograr lo anterior, se formuló un plan de modulación por grupos de canales. Primero se especificó el espaciamiento de portadoras de canal a 4 KHz., que incluye - cierta banda de protección entre canales; pues la anchura de la banda de frecuencias vocales se normó de 300 a 3400 Hz. Esto se ilustra mejor en la figura IV.2.3.

Para tener una idea del número de canales que es posible transmitir por diferentes medios utilizando los sistemas de transmisión múltiple, se incluye también la tabla IV.1.1.

Medio de transmisión	Banda de frecuencia	Capacidad de canales
Línea abierta	4 - 150 KHz	3 - 12
Cable (par simétrico)	6 - 552 KHz	6 - 120
Cable coaxial	60 KHz-60 Mhz	300 - 10800
Cable submarino	20 - 1200 KHz	24 - 125
Atmósfera (onda corta)	2.5 - 30 Mhz	1 - 4
Atmósfera (microonda)	2.0 - 13 Ghz	12 - 1800

Tabla IV.1.1

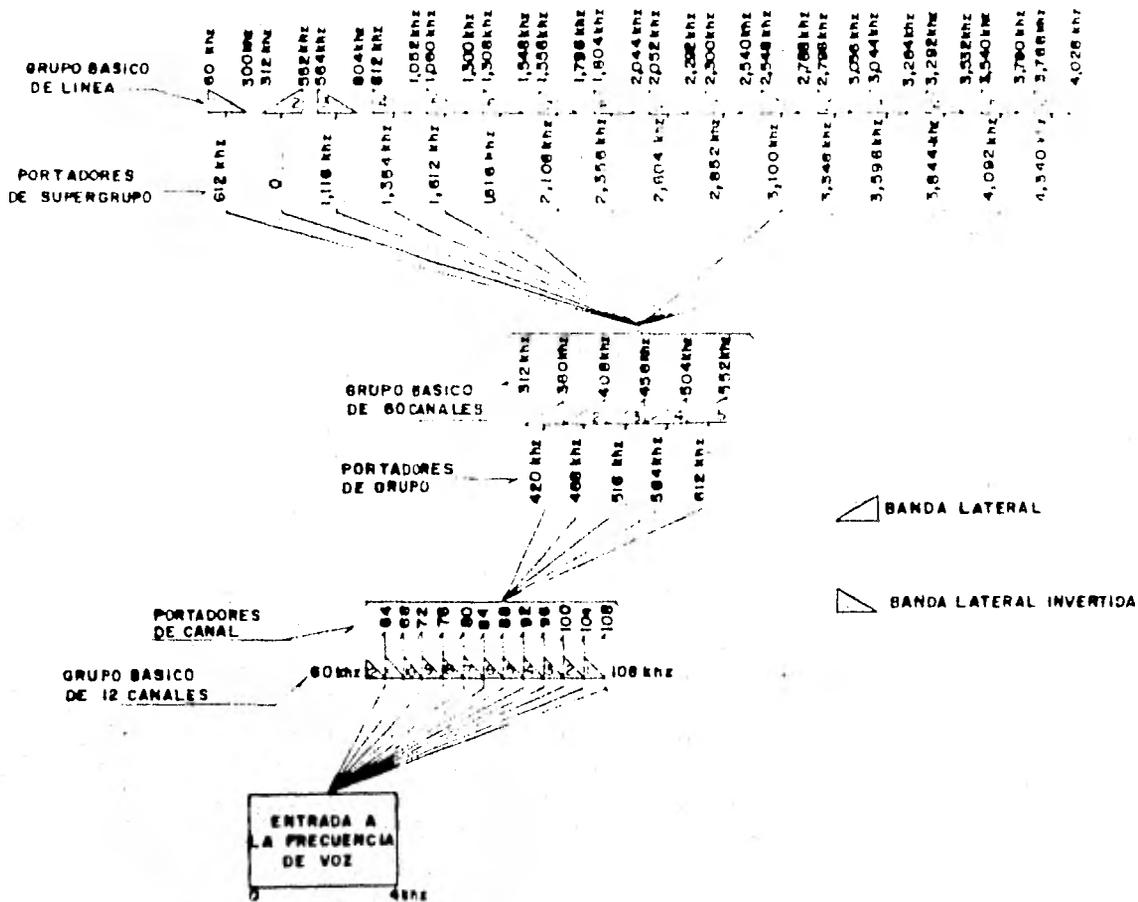


FIGURA IV 2.3

Plan de modulación para un sistema de transmisión múltiple de 960 canales

IV.2.2 Multiplexaje por división en tiempo (MDT).

Consiste en separar los mensajes en el tiempo, muestreando brevemente cada canal en una secuencia regular. El receptor separa las muestras y reconstruye los mensajes originales. El concepto se ilustra en la figura IV.2.4

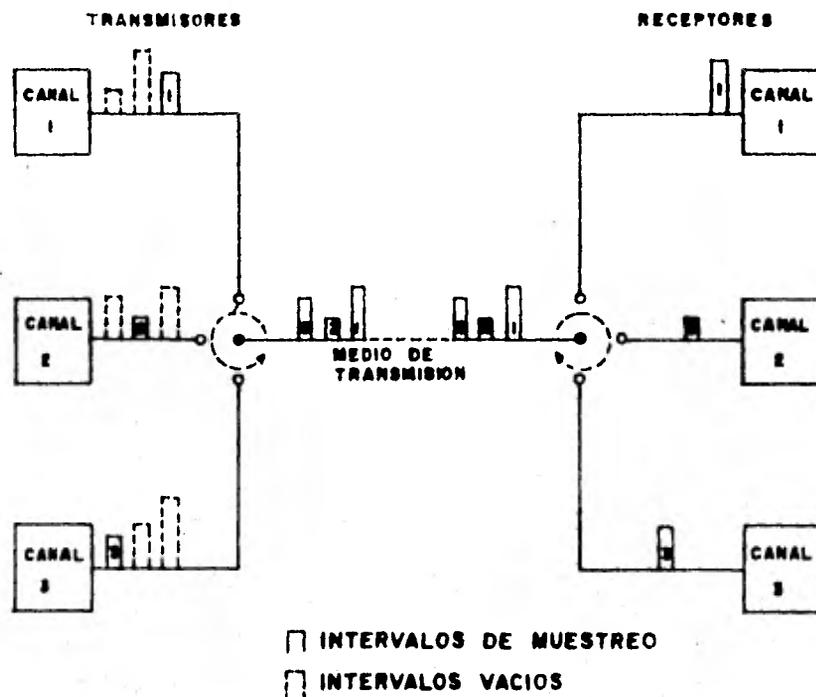


FIGURA IV. 2. 4.

Multiplexaje por división en tiempo

Las muestras de cada mensaje son transmitidas por un tren de pulsos. El tren de pulsos para cada canal, se intercala en otro, que representa a otro canal. El tren de pulsos es el portador de la información, y puede ser modulado variando cualquier característica del pulso tal como amplitud, ancho y posición. Sin considerar el método de modulación usado, la mínima razón de muestreo se deter-

mina por la mayor frecuencia que será transmitida. Una onda senoidal debera muestrearse lo menos dos veces durante cada ciclo para que pueda ser reconstruida exactamente en el extremo receptor. Si en un canal de voz, la mayor frecuencia es de 4000 Hz, la mínima razón de muestreo requerida es de 8000 muestras por segundo. Este muestreo requiere de un pulso - cada 125 μ seg. Si la duración del pulso es lo bastante corta como para ocupar solo una pequeña fracción de este intervalo de 125 μ seg, se puede transmitir el pulso de otro canal en el remanente de ese intervalo, permitiendo la operación del multiplex.

Las cuatro técnicas de modulación por división en tiempo más utilizadas son: modulación por amplitud de pulsos (MAP), modulación por duración de pulsos (MDP), modulación por posición de pulsos (MPP) y modulación por impulsos codificados (MIC).

Niveles Jerárquicos

Los sistemas de transmisión múltiple por división en tiempo tienen planes jerárquicos de grupos, similares a los utilizados en los de división en frecuencia.

La jerarquía de la CCITT esta basada en las terminales MIC de 30 canales telefónicos, con una capacidad de transmisión de - 2.048 Mb/s. Este sistema se utiliza principalmente en Europa. La organización de los niveles jerárquicos se muestran en la figura IV.2.5.

Existe otro tipo de jerarquía basada en el sistema - A.T.T. de 24 canales telefónicos codificados, con capacidad - de transmisión de 1.554 Mb/s. Estos sistemas de comunicación digitales son utilizados en E.U., Canadá y Japón. Su organización jerárquica se muestra en la figura IV.2.6.

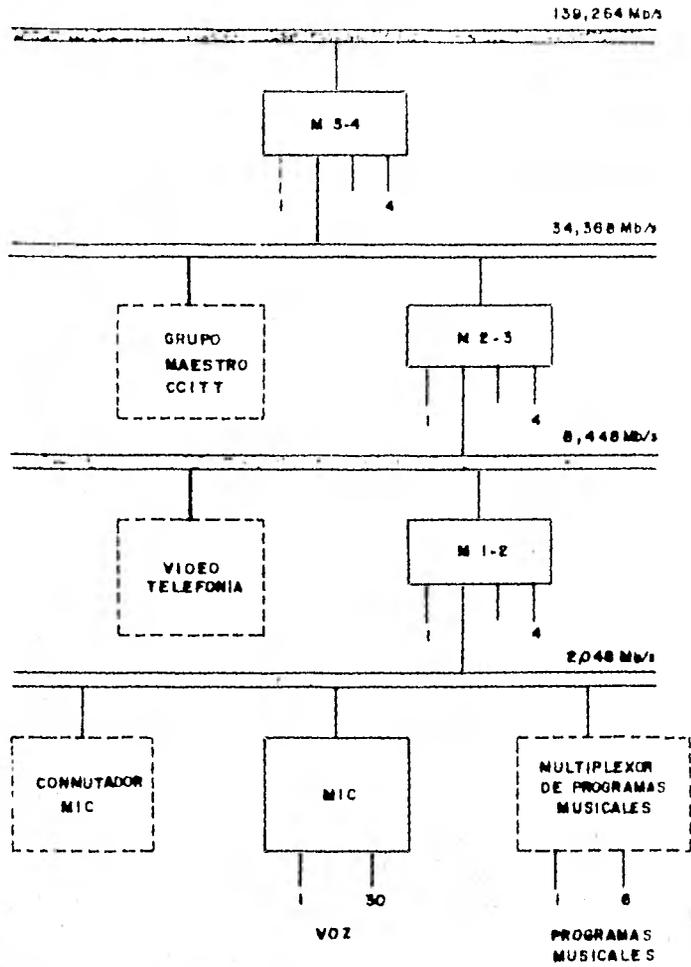


FIGURA IX.2.5

Jerarquía CCITT, basada en el equipo múltiplex primario MIC de 2,048 Mb/s.

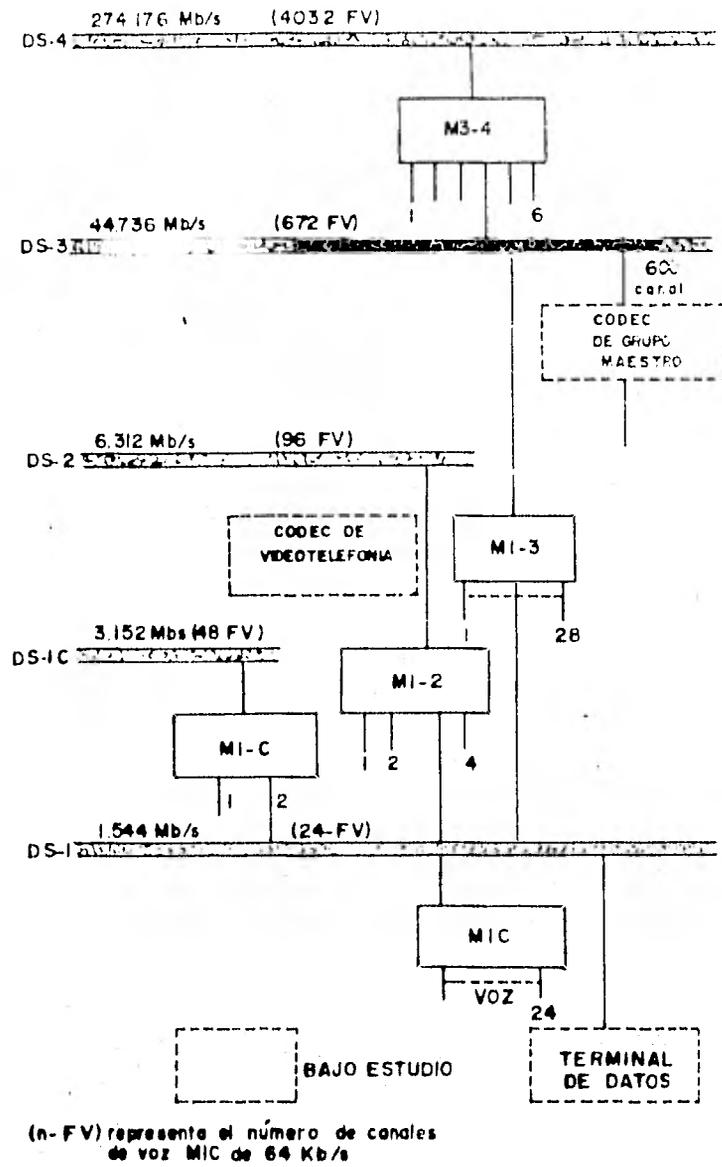


FIGURA IV.2.6

Jerarquía usada en E.U. de norteamérica, basada en el equipo múltiplex primario MIC de 1.544 Mb/s

IV.3 Conmutación

El propósito de los sistemas de conmutación en telecomunicaciones es el de proporcionar el medio para transferir la información de algún dispositivo terminal, a cualquier otro dispositivo terminal seleccionado por el primero.

IV.3.1. Técnicas de conmutación.

Se utilizan dos grandes técnicas para la implantación de los circuitos de conmutación, que son:

en espacio
en tiempo

- Conmutación en espacio

En esta técnica, la conexión física que se establece entre terminales está separada en espacio de las otras conexiones en el sistema. La mayoría de los sistemas de conmutación telefónica comerciales emplean la división en espacio.

El diseño de la red con la división en espacio involucra dos áreas: la topología de la red y la elección del interruptor o punto de cruce.

- Conmutación en tiempo

En un conmutador temporal la información se transfiere mediante la apertura de compuertas semiconductoras. Las compuertas son controladas por un procesador que las abre en el momento apropiado y exacto, para que un grupo de bits de un canal de entrada particular pueda transferirse al canal de salida requerido.

Sin embargo, estos conmutadores digitales todavía requieren - de cierta conmutación espacial.

Hay dos formas básicas de integrar la división en espacio a un conmutador de división en tiempo: tiempo-espacio-tiempo y espacio-tiempo-espacio.

IV.3.2. Tipos de conmutación.

Dentro de las redes de telecomunicación que están en operación, se utilizan diferentes tipos de conmutación: circuitos, mensajes y paquetes. A continuación se describen brevemente cada uno de ellos.

- Conmutación de circuitos.

Consiste en la conexión física de circuitos entre dos terminales para intercambiar información directamente (redes telefónicas y de télex públicas).

- Conmutación de mensajes (almacenaje y envío).

Consiste en formar los mensajes en una cola y posteriormente - enviarlos a la terminal deseada. El objetivo de este tipo de conmutación es maximizar la utilización de los enlaces de comunicación, mediante el almacenamiento de los mensajes y de la espera hasta que los enlaces estén disponibles para usarse.

- Conmutación de paquetes

Consiste en tomar los datos de las terminales o computadoras, y transmitirlos en forma de paquetes cortos de información - hacia el destino requerido o solicitado.

IV.3.3. Sistemas de conmutación

Un modo sencillo de estructurar una red conmutada, consiste en tener un arreglo en el cual cada terminal utilice un enlace directo para comunicarse con cada una de las demás terminales. Esto se muestra en la figura IV.3.1.

Cada terminal necesita de un interruptor para conectarse con el enlace requerido, y de otro interruptor para conectarse con el enlace que la solicitó. Para "N" terminales se necesitan $N(N-1)/2$ enlaces de comunicación.

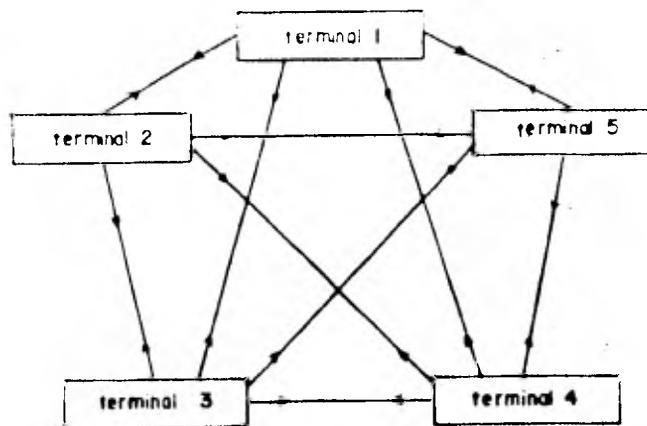


FIGURA IV.3.1

Conexión completa entre terminales

Otra alternativa, es disponer de "N" enlaces de comunicación para proporcionar un enlace por cada terminal; y lograr que todas las otras terminales tengan acceso a él. Esto se muestra en la figura IV.3.2. Lo anterior simplifica el equipo terminal, porque elimina la necesidad de conectar una terminal con un enlace cuando esta terminal es solicitada. Este es un arreglo práctico para sistemas de intercomunicación en donde se tienen terminales relativamente cercanas. Sin embargo, cuando se incrementa el número de terminales o se incrementa su separación geográfica, los altos costos de cableado lo hacen incosteable.

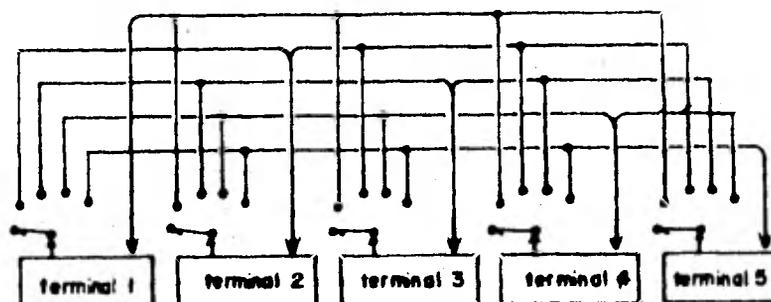


FIGURA IV 3.2.

Un canal por terminal

Es posible, también, tener un arreglo similar al anterior pero que utilice menos de "N" enlaces de comunicación, - como se muestra en la figura IV.3.3. En este arreglo es necesario que cada terminal que desea comunicación, seleccione un enlace que esté desocupado; y que además, la terminal solicitada se conecte a ese enlace. Una técnica muy usada en radiotelefonía involucra a un canal común, al - cual están conectadas todas las terminales. Se transmite una señal de llamada por este canal, y se recibe en todas las terminales desocupadas. Esta señal informa a la terminal llamada, que deseó comunicación con ella; y le indica el canal al cual debe conectarse para establecer el enlace. El reconocimiento de la señal de llamado y las operaciones de conmutación pueden hacerse automáticamente utilizando señales codificadas.

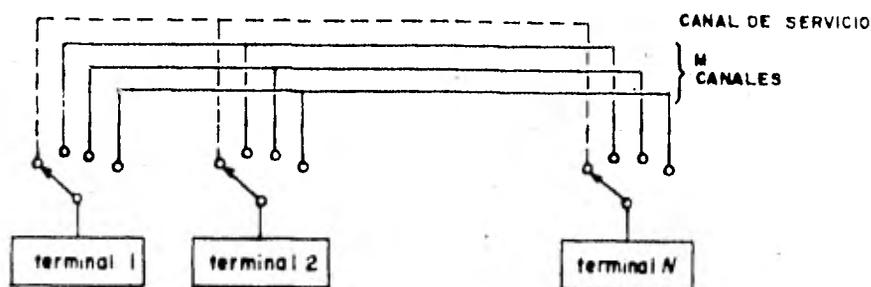


FIGURA IV 3.3

Arreglo con menor cantidad de canales

A. Conmutación en redes telefónicas

Una red telefónica consiste de trayectorias conectadas a nodos de conmutación, de tal forma que cada teléfono en la red pueda conectarse con cualquier otro que este servido por esa red.

La conmutación establece una trayectoria entre dos terminales determinadas, las cuales en telefonía se llaman abonados. Estos sistemas pueden trabajar con señales de información diferentes a las telefónicas, como son: telegráficas, datos, etc.

Un sistema de conmutación telefónica satisface los siguientes requerimientos de los usuarios:

- Cada usuario tiene la capacidad para comunicarse con cualquier otro.
- La velocidad de conexión no es crítica, pero el tiempo de conexión deberá ser relativamente pequeño comparado con el tiempo de conversación.
- El grado de servicio o la probabilidad de que no se logre una llamada, no es crítica pero deberá ser baja. El porcentaje mínimo aceptable de llamadas logradas durante las horas de máximo tráfico tendrá un promedio tan bajo como 95%, aunque el grado de servicio general para el sistema deberá ser de 0.01.
- Los usuarios esperan y asumen privacidad en la conversación; pero generalmente no la solicitan. Solo en casos especiales puede ser garantizada.
- El principal modo de comunicación para la mayoría de los usuarios será la voz.
- El sistema deberá estar disponible a los usuarios siempre que deseen utilizarlo.

A.1. Sistemas Centralizados

En la mayoría de las redes de conmutación práctica, generalmente es muy económico proporcionar un enlace entre cada terminal y un centro local, en donde se ejecuten todas las operaciones de conmutación; como se ilustra en la figura - IV.3.4.

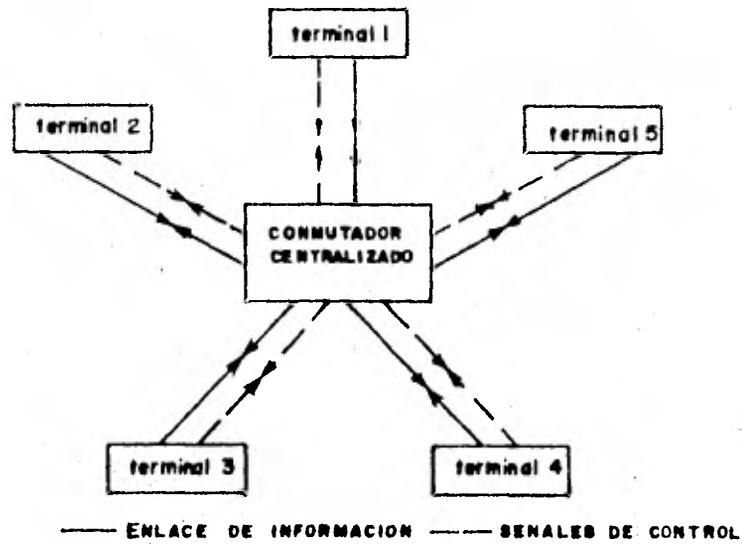


FIGURA IV 3.4.

Conmutación centralizada

Este arreglo reduce significativamente los costos de transmisión en la red; sin embargo se incrementan los costos de conmutación, debido a que las centrales de conmutación serán operadas a control remoto desde las terminales.

El costo total de transmisión puede reducirse aún más si se utilizan centros de conmutación local en vez de un centro nacional; debido a que se reduce la longitud promedio de las conexiones entre una terminal y el centro de conmutación más cercano. Esto se muestra en la figura IV.3.5. Los centros de conmutación local estarán intercomunicados por enlaces de comunicación (troncales), que serán compartidos por todas las terminales conectadas a cada central local; y por lo tanto, el número de troncales será mucho menor que el número de terminales.

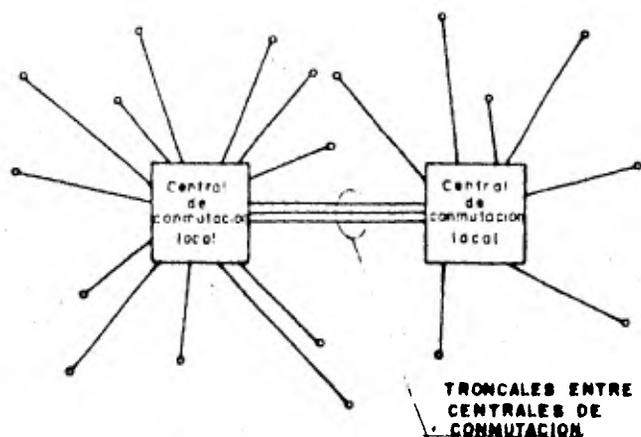


FIGURA IV.3.5

Uso de troncales entre centrales de conmutación

El uso de las técnicas de multiplexaje para largas distancias de transmisión, hace menores los costos por unidad de distancia para este tipo de conmutación, que para los enlaces entre terminal y su centro de conmutación local.

Por lo tanto, aumentando el número de centros se reducen los costos totales de transmisión, aunque esto implica un incremento de los costos de conmutación; debido a lo cual se tiene que encontrar el número óptimo de centrales locales para los mínimos costos de transmisión y de conmutación. Este número de centrales depende de los costos relativos de los equipos de transmisión y de conmutación, y de la distribución geográfica de las terminales.

A.2. Sistemas Jerárquicos

Conforme crece el número de centros de conmutación separados, se incrementa la cantidad de rutas troncales entre ellos.

Cuando se tienen 10 centros, el número de rutas troncales se hace muy grande y las rutas tienden a contener pocos circuitos, lo cual hace incosteable la red.

El mismo argumento que guió para centralizar la conmutación local, ahora se aplica a las rutas de troncales, tal que se introducen los centros de conmutación para la conmutación entre troncales. La figura IV.3.6. muestra como los centros de troncales reducen la longitud total de circuitos troncales. Sin embargo estos arreglos introducen mayores costos debido a los centros de conmutación .

El proceso de centralizar la conmutación puede ocurrir en varios niveles; tendiendo hacia lo que es llamado una "red jerárquica".

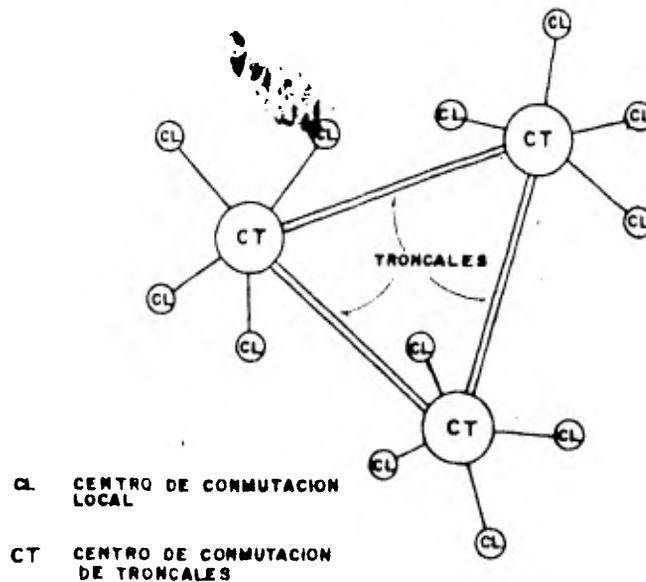


FIGURA IV 3.6

Malla de troncales

En este sistema, las centrales locales proporcionan servicio a una gran cantidad de terminales que se encuentran dentro de cierta área. Esas centrales locales son reunidas en grupos; y cada grupo es servido por una central de troncales, la cual puede conectar llamadas entre los centros locales dentro del grupo. Para llamadas entre terminales de un grupo de centrales locales con las de otro grupo, los mismos centros de troncales tienen que ser interconectados por centros de troncales superiores; cada uno de los cuales cubre una área que contiene muchos grupos locales. Generalmente hay cierto número de esas grandes áreas, que también deben de estar interconectadas por centros de troncales de nivel superior. Este principio se extiende hasta el nivel donde el número de centros troncales en ese nivel es bastante pequeño para que sea práctico interconectarlos completamente con una red de rutas troncales similar a la mostrada en la figura IV.3.6. La red resultante se muestra en la figura IV.3.7.

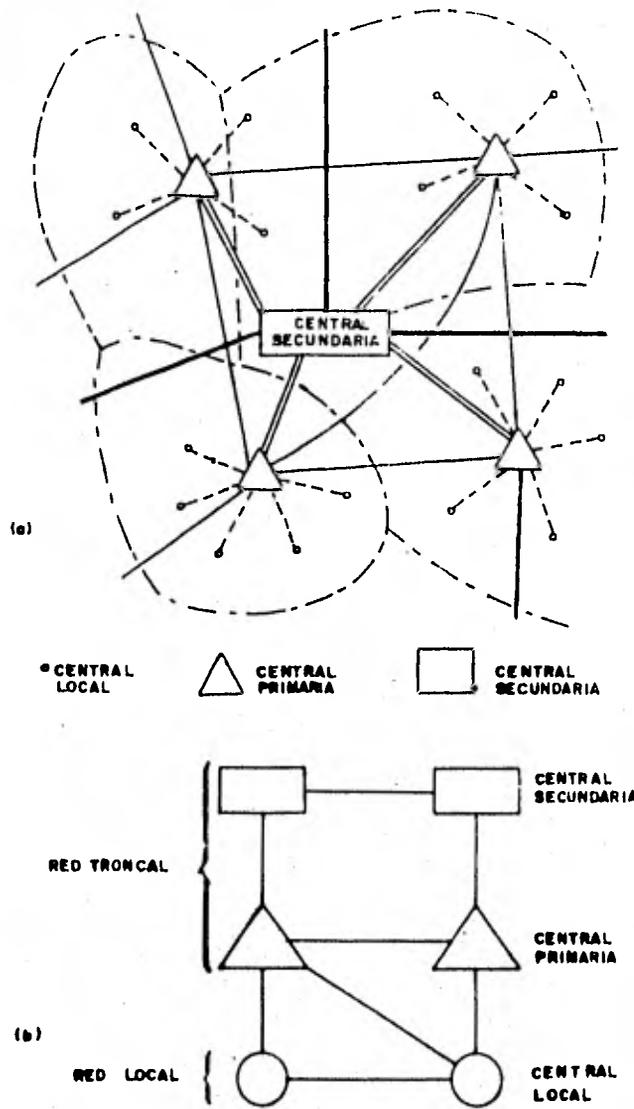


FIGURA IV 3.7

- (a) Red jerarquica de centros de conmutacion
- (b) Representación convencional

De lo anteriormente expuesto, puede verse que una red jerárquica garantiza la posibilidad de una conexión entre dos terminales cualesquiera. También pone límite al número de enlaces requerido en el peor de los casos. En la práctica la situación es más compleja; ya que si el nivel del tráfico lo justifica, se proporcionan gran cantidad de enlaces directos entre conmutadores. En la figura IV.3.8. se muestra la jerarquía de la CCITT.

B. Conmutación de mensajes y de paquetes

No puede pasarse por alto que los usuarios de computadoras tienen fundamentalmente características y requerimientos diferentes a los de telefonía.

Forzar el tráfico de computadoras dentro de los canales telefónicos con conmutación telefónica, limita severamente el potencial de las computadoras, y es probable que se desperdicie la capacidad del canal. Cuando una línea telefónica es usada por una terminal interactiva de computadora, la línea está vacía la mayor parte del tiempo debido a los intervalos entre transmisiones.

Para sobreponerse de estas desventajas, se necesita una red que esté diseñada para manejar "explosiones" esporádicas de transmisión en vez de canales telefónicos continuos.

La conmutación de paquetes es una forma de conmutación de "almacenaje y envío", en la que los mensajes se almacenan en los nodos de conmutación, y después se transmiten a su destino. La conmutación de "almacenamiento y envío" ha existido por décadas en telegrafía, en donde es llamada "conmutación de mensajes". Hay, sin embargo, diferencias mayores entre la conmutación de paquetes y la conmutación de mensajes convencional. La conmutación de mensajes está destinada, primordialmente, para tráfico entre personas en tiempo no real; la conmutación de paquetes se destina a tráfico en tiempo real

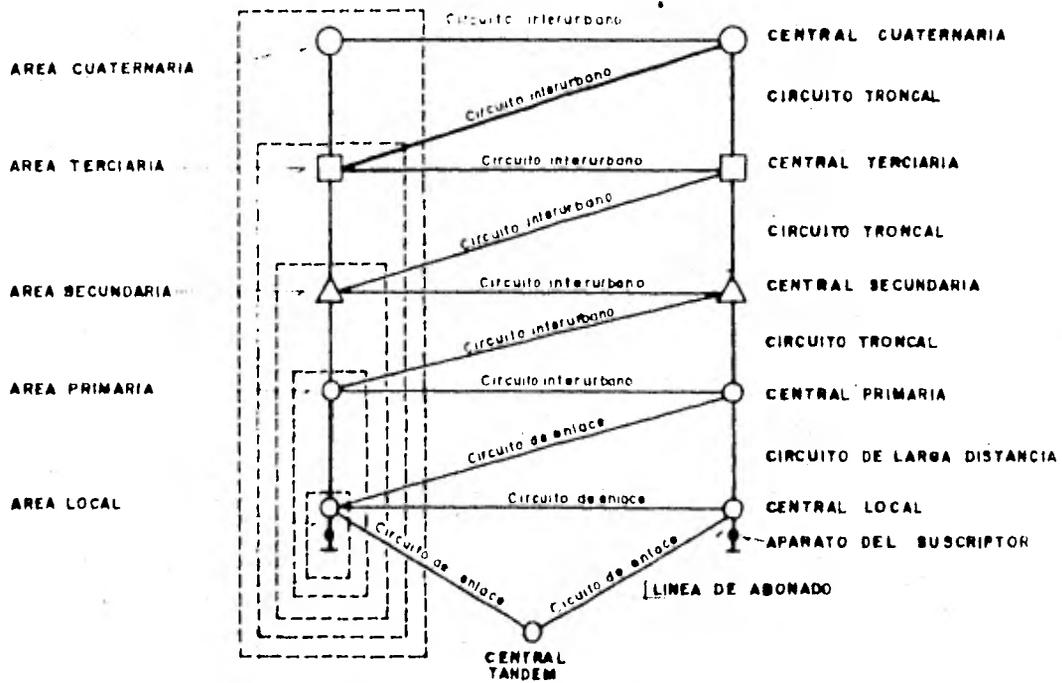


FIGURA IV. 3.8

Plan de enrutamiento CCITT (jerarquía de la red.)

entre máquinas, incluyendo las conexiones de terminal a -- computadora; y se emplea para construir redes de computadoras. Esas diferencias en propósito son tales, que las diferencias en operación entre las redes de conmutación de mensajes y de paquetes son mayores. Una diferencia importante es la velocidad de la red. Una red de conmutación de paquetes se espera que libere su paquete en una fracción de segundo, mientras que un sistema de conmutación de mensajes se espera que lo haga típicamente en tiempos de fracción de hora.

Otra diferencia importante es que un sistema de conmutación de mensajes almacena un mensaje para posible recuperación posterior. Un sistema de conmutación de paquetes borra el mensaje de memoria tan pronto como "sabe" de su recepción correcta.

Debido a que un sistema de conmutación de mensajes los almacena, usualmente en una localidad, tiende a usar redes centralizadas de estructura estrella o de estructura árbol. Una red de conmutación de paquetes tiene usualmente una estructura amorfa sin alguna localidad particular que domine.

En muchos sistemas de conmutación de mensajes, los mensajes largos se envían como una transmisión simple. En sistemas de conmutación de paquetes, los mensajes largos se "desmenuzan" en relativamente pequeñas "rebanadas" de 1008 bits por paquete en los E.U. (el sistema TELENET) 255 bytes de 8 bits en el sistema DATAPAC de Canadá. Debido a que los paquetes son de tamaño limitado, pueden colocarse en una cola en la memoria principal de los nodos de conmutación, y pasarse rápidamente de nodo a nodo. En su destino, los mensajes originales tienen que ensamblarse nuevamente a partir de las "rebanadas".

IV.4 Bibliografía.

Freeman Roger L.-Telecommunication system Engineering Analog-
& Digital Network Design.

Hamsher Donald H.-Communication System Engineering Handbooks.
Mc Graw Hill Book Company, 1967.

Hills M.T.-Telecommunications Switching Principles . The MIT-
Press, 1979

Martín James.-Future Developments in Telecommunications. - -
Prentice Hall Inc., 1977.

Smith Emerson C.-Glossary of Communications. Telephony Publi-
shing Corp.,1971.

CAPITULO V

EL DISEÑO DE LA RED DE
COMUNICACION PARA LA EMPRESA
ELECTRICA

V.1 Introducción

Para caracterizar a una red, es necesario hablar de sus nodos y enlaces. Al hablar de una red de comunicación, se necesita hablar de los medios de transmisión (enlaces) y de los sistemas de conmutación (nodos).

En capítulos anteriores se han tratado ambos: En el capítulo III, los sistemas de transmisión; y en el IV, los de multiplexaje y conmutación. En este capítulo se tratará de la integración de esos elementos para el diseño de la red de la empresa eléctrica.

Cuando se va a diseñar una red de telecomunicación para una empresa eléctrica; se debe contar ya, con la información sistematizada de las necesidades (mencionadas en el capítulo II).

Por otro lado, cuando se piensa en el diseño, normalmente se piensa en ampliaciones y/o modificaciones a una red ya existente; red que bien puede estar siendo empleada ineficientemente.

Es importante, pues, contar con la información sistematizada de las necesidades y de la red existente. Esta sistematización consiste en la creación de grupos de archivos de datos en disco y en el diseño de un sistema computarizado de información, bien organizados; sobre los cuales puedan basarse tomas de decisión confiables.

En la primera parte de este capítulo se trata de la información básica, con la que es necesario contar para satisfacer esta necesidad primaria.

Una vez que se dispone de buena información, hay que confi-

gurar la red. Para configurarla es indispensable tomar en cuenta ciertos principios y analizar las alternativas para su estructuración. La segunda parte del capítulo trata acerca de ésto.

En la última sección se mencionan los elementos que van a permitir, una vez configurada la red, dimensionar sus nodos y detallar sus enlaces; es decir, determinar el tamaño de los conmutadores y los medios de transmisión a utilizarse en los enlaces. Allí trata de las consideraciones para la selección de los sistemas de transmisión, de las opciones que se tienen para el manejo de la señal por la red, del problema importantísimo de la conmutación y del enrutamiento alternativo de los mensajes; y de una herramienta verdaderamente valiosa para el análisis de las alternativas de cambios y/o modificaciones a la red: La simulación

V.2 Información a recopilar.

Se analizaron en el capítulo II los diferentes tipos de canal: voz, datos y teleprotección.

Las fuentes que utilizan los canales de protección, son fijas; pero las que utilizan las de voz y datos pueden ser fijas o móviles.

En esta sección se menciona la información que es necesario recopilar de los usuarios potenciales de la red. Ellos podrán informar de su estado actual, lo mismo que de los planes de crecimiento.

Con esta información bien podría determinarse, tanto las necesidades cuantitativas actuales como hacerse un primer pronóstico del crecimiento de las necesidades para un corto y/o un mediano plazo futuros.

Se menciona primero la información a recopilar para los canales - de voz, para los de datos y para los de teleprotección; y en seguida, la que es necesario obtener de los usuarios móviles, independientemente del tipo de canal que utilicen (voz o datos).

Finalmente se enlista la información que es necesario recopilar acerca de la red actual.

V.2.1. Información para los Canales de Voz.

Deberá obtenerse la siguiente información, con objeto de determinar posteriormente, el tráfico de voz.

- . Determinación de si el abonado requerirá de la alta prioridad o de la prioridad normal.
- . Número promedio de llamadas en un "t" tiempo de observación.
- . Duración promedio de las llamadas.
- . Grado de servicio requerido.

V.2.2 Información para los Canales de Datos.

Es necesario contar con la siguiente información de los usuarios, si no exactamente, si del orden de magnitud bastante aproximada:

- . Actividad del usuario. Uso que se le va a dar al mensaje descrito (operación, etc.)
- . Ruta del mensaje.
- . Nivel de jerarquía: Nivel Superior.
Nivel inferior.
- . Longitud del mensaje del usuario en bits (M).
- . Tiempo de transmisión permisible (T_T) en minutos. Es el tiempo que el usuario especifica como máximo para la transmisión de - cierto mensaje.
- . Relación de transmisión del usuario. Esta cantidad se deriva del contenido del mensaje y del tiempo de transmisión permisible.
- . Tiempo al siguiente mensaje. Tiempo mínimo entre los tiempos deseados de inicio de mensajes sucesivos para el mismo uso, - y que vayan a compartir equipos en tiempo.
- . Número de mensajes por año. Número promedio de mensajes indicando el nivel de tráfico medio usado en la determinación - -

- de P_R (probabilidad de retardo excesivo) y P_E (oportunidad de que ocurra un error sin detección).
- . Retardo máximo permisible (T_R). Retardo máximo debido a interrupciones de comunicación que permite que la acción final en el ciclo de decisión esté aún a tiempo.
 - . Probabilidad de retardo excesivo (P_R). Es la probabilidad permisible de exceder T_R cuando el usuario desee enviar su mensaje. Es una medida de: Qué tanto las actividades del usuario resultarán obstruidas por alguna falla de comunicación antes de que sea tarde.
 - . Oportunidad de que ocurra un error sin detección (P_E). Es el inverso del número promedio de bits de usuario transmitidos, antes de que pase un bit erróneo sin detección en el sistema.

V.2.3 Información para los Canales de Teleprotección.

Es necesario contar con información acerca de:

- . La ubicación de los puntos extremos de cada una de las líneas de transmisión a proteger (coordenadas geográficas).
- . La importancia de las líneas.
- . Longitud de las líneas.
- . Las consecuencias potenciales por falla del canal.
- . Tiempo de transmisión permisible.

Lo anterior, con el objeto de que el diseñador tenga información suficiente para la determinación de las características del sistema de transmisión.

V.2.4 Información de los usuarios móviles.

Las cuadrillas de trabajo de construcción y de operación - - están en continuo movimiento, y necesitan cruzarse rápidamente mensajes verbales; ya sea entre ellos, o entre cada una de las cuadrillas y sus centros de coordinación. El sistema de transmisión más adecuado para la satisfacción de esta necesidad es radio móvil.

La información con la que es necesario contar es la siguiente:

- . Ubicación del centro de coordinación (Coordenadas geográficas).
- . Número de cuadrillas en el área del centro de coordinación.
- . Determinación de si se requerirá que el sistema móvil se integre o no al resto de la red.
- . Determinación del modo (simplex, dúplex) de la comunicación.

V.2.5 Información necesaria acerca de la red existente.

Cuando se diseña una red de comunicación para empresas eléctricas; no se parte generalmente de cero. Se cuenta ya, con alguna red que normalmente está integrada de la siguiente manera:

Sistemas de Transmisión:

- . OPLAT
- . Radio en las bandas de HF, VHF y/o UHF.
- . Hilo piloto
- . Algunas veces microondas

Sistemas de conmutación:

- . Conmutadores del tipo PAX o PABX en lugares de alta concen

tración de personas.

- . Centrales locales
- . Centrales tándem para enrutamiento de circuitos.

Es importante recopilar esa información, pues será necesario considerarla en el diseño de la nueva red.

Para el caso de los sistemas de transmisión, es conveniente contar -para cada uno de los sistemas-; tanto con información de los puntos, como con información de los saltos que integran las redes.

Información de los puntos

- . Nombre
- . Ubicación geográfica (coordenadas)
- . Información acerca de la infraestructura de comunicación-existente.
- . Información acerca del clima y de los accesos.

Información de los saltos

- . Identificación de los puntos que lo componen
- . Longitud
- . Tipo y cantidad de información que es posible cruzar en él.

De los sistemas de conmutación es conveniente contar con la siguiente información:

- . Ubicación geográfica
- . Capacidad en el manejo de abonados y/o de troncales.
- . Planes de enrutamiento.

V.3 La configuración de la red.

Al momento de configurar la red, es importante tomar en cuenta

el hecho de que se manejará tráfico tanto de voz como de datos. Esto coloca la disyuntiva de elegir redes separadas de telefonía y de datos; o el diseño de una red telefónica que incluya el manejo del tráfico de datos. En el capítulo anterior se mencionaron las ventajas del empleo de sistemas de conmutación separados; pero la decisión deberá tomarse con base en consideraciones económicas, tomando en cuenta: las instalaciones existentes, la proporción del tráfico, las tendencias técnicas al momento de tomar la decisión, entre otras cosas.

V.3.1 Principios generales a los que debe ajustarse el diseño de la futura red de comunicación.

La futura red de comunicación debe apegarse a los siguientes principios generales :

1. Ser compatible con la red actual para superponerse a ella sin muchas modificaciones al equipo existente.
2. Ser lo suficientemente flexible y con tal potencial de crecimiento, que permita posibles extensiones a la red para la satisfacción de necesidades futuras conforme vayan apareciendo.
3. Ser altamente segura, no solo contra fallas naturales; - sino contra interferencia deliberada y uso no autorizado.
4. Por razones de economía, proporcionar canales dedicados solo en casos especiales. La red dispondrá de un número - mayor de canales compartidos, de tal manera que cumplan - con los requisitos de retardo tolerable especificado.

Además es importante que se tome en cuenta lo siguiente:

- . El tráfico de voz depende principalmente del número de gentes empleadas en la industria y del número de centros de trabajo.
- . El tráfico digital tiende a crecer en una proporción mayor

que el tráfico de voz.

V.3.2. Alternativas para la estructuración de la red.

La red deberá cumplir esencialmente con dos requisitos:

- . Alta confiabilidad para la función de operación del sistema.
- . Baja relación de error para mensajes digitales.

De los requisitos anteriores, el primero es el más difícil de cumplir; y en la síntesis de una red con esas características, existe la alternativa de una aproximación topológica formal, - que deberá tomar en cuenta:

- . La conectividad de la red
- . El tráfico
- . La confiabilidad
- . El costo
- . La ubicación geográfica de los nodos

Con este enfoque se consigue una síntesis, "casi óptima" pero se requiere de una gran cantidad de esfuerzo y de cómputo; aún en redes pequeñas.

Otra posibilidad es la de considerar únicamente patrones de red simples, tales como redes radiales y redes de anillo.

Estos patrones pueden superponerse, y algunas veces llegan a formar redes muy fuertes. Es común en redes de comunicación - para sistemas de potencia, el usar una red malla que una a los centros de área con el puesto central de control (nivel superior); y redes radiales para enlazar cada centro de área con las instalaciones de esa área (nivel inferior). Esto se ilustra en la figura V.3.1.

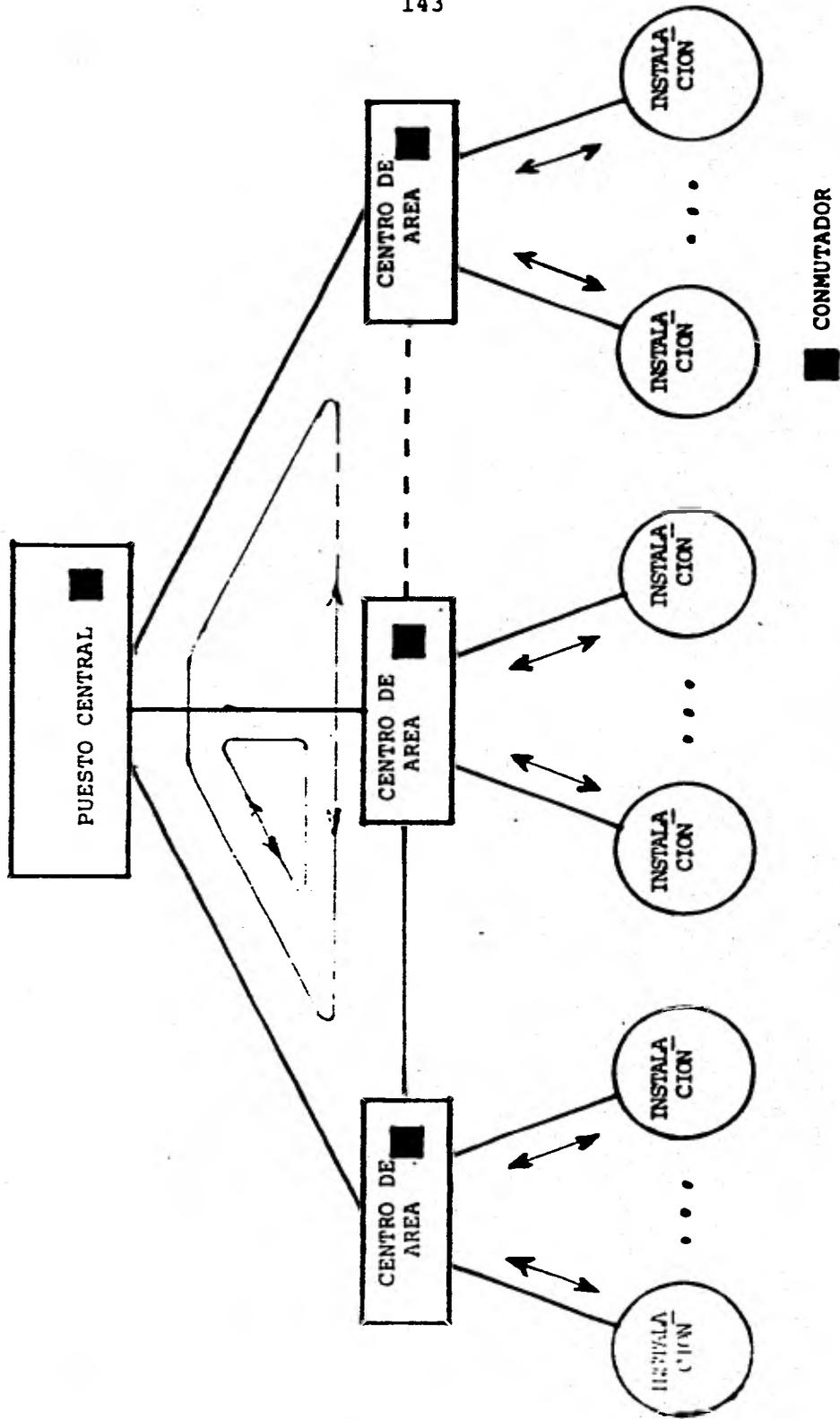


FIGURA V.3.1 ESTRUCTURACION COMUN DE UNA RED DE COMUNICACION EN EMPRESAS ELECTRICAS

V.4 El diseño de la red.

En el proceso de diseño de la red, es importante hacer un análisis cuidadoso de las posibilidades técnicas que ofrecen los diferentes sistemas de transmisión; y analizar, por otro lado, las alternativas del tipo de red.

V.4.1 Consideraciones en la selección de los sistemas de Transmisión.

A. Sistemas de Transmisión disponibles

Se habló en el capítulo III acerca de los diferentes sistemas de transmisión que se pueden usar en empresas eléctricas. Así pues, la elección habrá de hacerse de entre los siguientes sistemas:

- Propios del Sistema de Potencia
 - . Onda portadora por línea de alta tensión (OPLAT).
 - . Comunicación por hilo de guarda aislado.
 - . Comunicación por dos de los conductores de una misma fase.

- Redes privadas de:
 - . Radio punto a punto (UHF, microondas).
 - . Radio móvil
 - . Cable (hilo piloto, cable aéreo)
 - . Fibras ópticas

- Sistemas rentados a la(s) organización(es) encargada(s) de las comunicaciones. Estas organizaciones proporcionan los enlaces por los sistemas de transmisión que ellos manejen (cable, microondas, satélites, etc.)

B. Factores a considerar en la elección de los sistemas

Para la elección del sistema; es importante considerar, esencialmente, los siguientes aspectos para los puntos que requieren comunicación:

- Ubicación de los puntos
- Tipo y densidad del tráfico
- Funciones del sistema de potencia para cuya adecuada realización se piensa usar la información a transmitir.
- Especificaciones de seguridad (del tipo de inmunidad a contingencias tales como sabotaje y bandalismo).

Y los siguientes de los sistemas de transmisión:

- Propios del Sistema de Potencia
 - . Onda portadora por línea de alta tensión (OPLAT).
 - .. Capacidad limitada.
 - . Comunicación por hilo de guarda aislado
 - .. No se usa extensamente.
 - .. Costo alto cuando las líneas de transmisión ya están instaladas.
 - .. Problemas cuando se usa para protección.
 - . Comunicación por los multiconductores de una misma fase.
 - .. Sistema actualmente en prueba
 - .. Costo alto cuando las líneas de transmisión ya están instaladas.
- Redes privadas de
 - . Radio punto a punto (UHF, microondas)
 - .. Problemas legales de obtención de bandas de frecuencia.
 - . Radio móvil
 - .. No es práctico para operación

- .. Limitado a bajo tráfico
- . Hilo piloto
 - .. Económico solo para distancias cortas
 - .. Seguridad no muy alta (altamente sujeto a vandalismo).
- . Fibras ópticas
 - .. Costoso aún, para ser usado extensamente en empresas - eléctricas.
- Sistemas rentados
 - .. No garantizan la confiabilidad requerida
 - .. Costo elevado de las rentas

De lo anterior se puede concluir entre otras cosas que:

- La comunicación por hilo de guarda aislado y la que utilizan los multiconductores de una misma fase, es conveniente considerarla cuando se está pensando en comunicar dos puntos entre los cuales aún no existe; pero se piensa instalar línea de transmisión.
- Hilo piloto es conveniente en zonas urbanas donde las distancias son cortas.
- Se justifica el uso de fibras ópticas en donde se tiene alto tráfico en distancias cortas y/o se requiere inmunidad a interferencias electromagnéticas.
- Para cubrir las necesidades de comunicación de cuadrillas de construcción y de mantenimiento, es conveniente el uso de radio móvil; ya que éstas están en continuo movimiento y el tráfico requerido es bajo.
- Los enlaces de comunicación rentados, debe exigirse sean de alta calidad; o emplearse solo para actividades "No vitales", de la empresa eléctrica.

V.4.2 Opciones del tipo de red.

Existen las siguientes opciones en cuanto al manejo de las señales:

- . Red analógica total
- . Red digital total
- . Red híbrida

La decisión se hará con base en:

- . La proporción de crecimiento del tráfico: voz-datos -
- . Tendencias mundiales de fabricación de equipos
- . Costo

V.4.3 La conmutación y el enrutamiento alternativo .

En general, los centros de conmutación se localizan en los "Centros de masa" de los lugares que serán comunicados. Sin embargo, también influyen consideraciones tales como: disponibilidad y confiabilidad de facilidades del tipo: vías de acceso al lugar, alimentación de energía, seguridad, personal y ubicación con respecto a centros de supervisión y mantenimiento.

El tamaño de los centros dependerá de un análisis de los centros de conmutación, de los costos de transmisión y de la importancia del área. Para conocer estos costos se requiere tener un conocimiento de los patrones de tráfico, para determinar el número de troncales entre los centros de conmutación.

Una vez establecida la topología general del sistema, la configuración se define más precisamente en términos del número, del tipo de centros de conmutación, de sus funciones y características especiales, del plan de numeración, y del plan de troncales.

El plan de troncales determina la manera en la cual las llamadas se enrutan a través del sistema. Para cada combinación de llamadas abonado a abonado, se deberán establecer rutas -

primaria y alterna. Los centros de conmutación deberán programarse para seleccionar las troncales de acuerdo con ese plan. Los requerimientos de transmisión de las troncales serán gobernadas por el mismo. Este plan deberá considerar: El tráfico, el costo de medios de comunicación, y la confiabilidad de la operación en el caso de falla.

El plan de troncales tenderá a maximizar el tamaño del grupo troncal y a minimizar el número de grupos troncales. Esto puede ser completado usando los puntos de conmutación tándem y de sobreflujo o rutas alternas.

Las rutas alternas proporcionan un medio para maximizar la eficiencia del uso de las troncales, y para mejorar la confiabilidad de la red.

La ruta directa entre centrales puede idearse considerando las horas de menor tráfico, tal que se incremente su ocupación cuando se promedie en un período de 24 horas. La máxima carga de tráfico se maneja enrutándola a través de un centro de conmutación o de una ruta de respaldo. Como una ruta alterna puede actuar como ruta secundaria para muchos circuitos conmutados diferentes, cuyo pico de tráfico no se presenta simultáneamente; puede encontrarse su uso más eficiente. Se mejora la confiabilidad haciendo una ruta puente que esté disponible cuando falle la ruta primaria.

El enrutamiento alterno introduce: Complejidad en los centros de conmutación, mayores requerimientos en las características de transmisión de troncales y mayores detalles en la planeación del sistema.

El problema básico en el enrutamiento alternativo es el de optimizar la eficiencia del grupo de circuitos. Entonces debemos encontrar la cantidad de circuitos que resulte en un mínimo costo para un grado de servicio dado; o encontrar el

número de circuitos directos óptimo, enviando el sobretráfico por una ruta alterna.

V.4.4 Modelado de la red.

La simulación ha llegado a ser, actualmente, una herramienta administrativa valiosa para la toma de decisiones en lo referente a cambios, ampliaciones y reconfiguraciones a una red de telecomunicación existente.

Una simulación, realmente, no es más que una representación matemática de un sistema del mundo real que permite su manipulación en una computadora, y de este modo se pueden determinar las implicaciones de cambios al sistema antes de llevarlos a la red real.

Una vez que se ha contruido un modelo de simulación, y que éste ha sido probado como una buena representación de una red de telecomunicación; se pueden variar cualquiera de los parámetros del sistema, y predecir los efectos potenciales de tal variación. Con algoritmos de costo y servicio contruidos dentro de un modelo de simulación, es posible variar las entradas específicas de un sistema particular y determinar los costos y beneficios de hacer un cambio antes de intentarlos en el sistema actual. Esta posibilidad: 1) Ayuda a evitar decisiones incorrectas y 2) Amplia las posibilidades en cuanto a llevar a cabo pruebas efectivas. El cambio de un parámetro en una simulación y la determinación de su impacto sobre el funcionamiento de la red, es llamado "análisis de sensibilidad".

Se requieren dos piezas de información para llevar a cabo una simulación:

- 1) Las características de tráfico de la empresa
- 2) Una configuración de la red

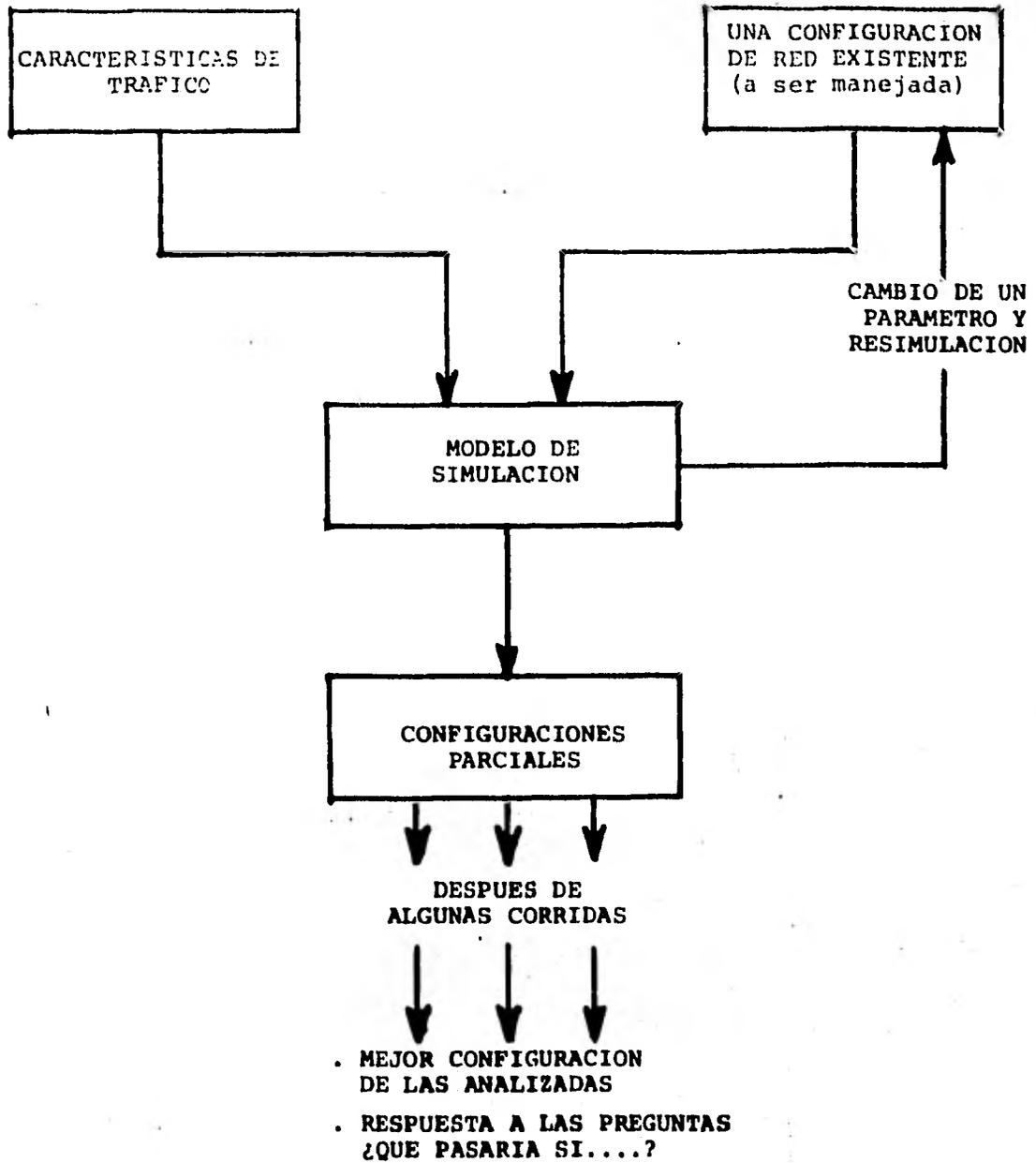


FIGURA V.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE SIMULACION

Esto se ilustra en la Figura V.4.1

El modelo se corre varias veces, y se cambian los parámetros para cada corrida. De esta manera se puede hallar una configuración óptima, basada en los impactos de costo y servicio generados en cada corrida de la simulación.

V.5 Bibliografía.

- Bially Theodore, McLaughling Alan L., Weinstein Clifford J.,
-Voice Communication in Integrated Digital Voice
and Data Networks. IEEE Transactions on Communi-
cations, Vol. Com. 28, No. 9, Sept. 1980.
- Bingham John E. & Davies Garth W.P. -Planning for Data Communica-
tions . The Mcmillan Press Ltd., 1977.
- Hedderly D.L. & Hooper J.-Planning The C.E.G.B. Communication
Network for 1980 .Reporte No. RD/L/R 1527 de los
Central Electricity Research Laboratories de In-
glaterra, Junio de 1968.
- Jewett J, Shrago J., Yomtov B.- Designing Optimal Voice Networks-
for Businesses, Government, and Telephone Compa-
nies.
Telephony Publishing Corp., 1980.
- Roberts J.A.-The Telecommunication Needs of the C.E.G.B. in 1980.
Reporte No. RD/L/M de los Central Electricity - -
Research Laboratories de Inglaterra, 1967.
- Smith Emerson C.-Glossary of Communications. Telephony Publishing
Corp., 1971.

C O N C L U S I O N E S

CONCLUSIONES

Se ha hablado en este trabajo de una empresa eléctrica, de sus necesidades de comunicación, de las altas exigencias que impone para la satisfacción de esas necesidades, de los sistemas de transmisión, del multiplexaje y de la conmutación, elementos, estos últimos, con que se satisfarían esas necesidades. Se mencionaron, también, las herramientas de que es posible disponer para el diseño de una red de comunicación.

Pero cada uno de los puntos mencionados requiere de un desarrollo amplio para contar con la infraestructura que permita que el análisis de alternativas de adiciones, y/o cambios a la red, se desarrolle sobre bases sólidas. Es indispensable mucho trabajo de investigación.

El crecimiento en el número de instalaciones de la empresa conlleva un crecimiento en la complejidad de la red de comunicación. Los recursos tiene que usarse más eficientemente, y los cálculos requieren de herramientas matemáticas más complicadas. Problemas ya existentes, son por ejemplo: uso ineficiente del espectro de OPLAT, deficiencia en el número de bandas de frecuencia disponibles en VHF y UHF, errores en la toma de decisiones que afecten a la red de comunicación.

Para la solución de esos problemas, es importante conocer, además de los desarrollos en campos como la electrónica, de herramientas matemáticas y de computación. Hay herramientas tales como la teoría de gráficas, la programación matemática, la Ingeniería Económica, la Simulación, etc., que pueden contribuir a la solución de los problemas mencionados.

Además del enfoque de redes, hay otros puntos de los aquí tratados que requieren también, de desarrollo. Estos puntos se

pueden agrupar en los siguientes grupos:

- . Sistemas de transmisión
- . Análisis de señales
- . Sistemas de conmutación.

Hay otro tipo de necesidades no tratadas en este trabajo, tales como las comunicaciones que permiten el control directo sobre la carga de los usuarios individuales o de grupos de usuarios. Para la satisfacción de estas necesidades, en países donde han surgido, se emplean sistemas de transmisión no tratados aquí, tales como: la radiodifusión, la T.V. o la misma red de distribución. Acerca de como poder emplear dichos sistemas, existen ya trabajos importantes en algunas compañías de países desarrollados.

Es importante entonces, no perder de vista los problemas que ya se vislumbran como posibles, con objeto de empezar a trabajar en ellos. Bien puede empezarse a adquirir información de la experiencia acumulada.

Conviene cuidar, en el aspecto de planeación a largo plazo, lo mismo el desarrollo de la Tecnología de Potencia, como el de las telecomunicaciones.

El desarrollo y uso de los nuevos avances tales como las líneas compactas, los superconductores, el uso de las guías de onda para transportar la energía generada a altas frecuencias, el uso de voltajes más altos, la transmisión de energía eléctrica desde el espacio exterior, generarán necesidades de comunicación y nuevos problemas para los sistemas de transmisión conocidos.

Pero estos mismos desarrollos bien pueden proporcionar nuevos

sistemas de transmisión propios de las empresas eléctricas, semejándose a las actuales OPLAT o HGA.

Las comunicaciones también están desarrollándose: Los avances en los sistemas de transmisión de radio móvil, de satélites, de la transmisión digital, de la conmutación de paquetes, del procesamiento de las señales, de la electrónica; proporcionarán herramientas nuevas para la satisfacción de esas necesidades crecientes.

De lo anteriormente expuesto puede verse que la cantidad de trabajo a realizar es enorme, que se requiere de una gran cantidad de recursos tanto materiales como humanos. Pero los recursos son limitados, más aún si se habla de un país subdesarrollado como el nuestro.

Es importante, entonces, jerarquizar las necesidades, incluidas las de investigación, para las que se destinarán los satisfactores.

Esta jerarquización debe hacerse con base en las necesidades de comunicación del sector eléctrico nacional y con base en las grandes políticas nacionales en lo referente a telecomunicaciones, que tomen en cuenta el impacto social y económico de las decisiones.

Conviene hacer notar aquí, lo que las compañías eléctricas de otros países han hecho: No tener necesariamente una red privada para la compañía; sino sumar esfuerzos con compañías similares, tales como las del gas, petroleras, etc., para tener redes conjuntas.

Una jerarquización auténtica de los problemas solo se logra mediante la interrelación de gentes representativas de grupos

interesados en el problema: Personas de un alto nivel académico, y personas de un gran conocimiento de la realidad nacional, de los grandes problemas de telecomunicaciones y eléctricos.

A P E N D I C E

Apendice A . Glosario

Abonado - Usuario de una red telefónica que comparte las troncales con otros usuarios.

Angulo sólido (w) - Es la relación del área de la superficie de una esfera al cuadrado del radio de la esfera. Se expresa en esteroradianes.

$$w = \frac{A_p}{D^2} \text{ Ap y } D^2, \text{ en unidades iguales.}$$

Baud - Una unidad de velocidad de transmisión de señales digitales. Es el recíproco de la longitud en segundos del elemento más corto del código digital.

Bit - Acrónimo del inglés "binary digit" (dígito binario).

C.A. - Corriente alterna.

Canal Telefónico - Trayectoria de transmisión apropiada para señales de voz analógica. Cubre una banda de frecuencia de 250 - 3400 Hz.

CCITT - Comité Consultatif International Télégraphe et Téléphone

C.D. - Corriente directa.

Central Tándem - Central de Conmutación cuya función principal es actuar como punto de conmutación central para llamadas entre centrales locales, permitiendo entonces la consolidación de grupos de troncales para una operación más eficiente.

Circuito - Trayectoria eléctrica completa entre terminales, sobre la que se proporciona telecomunicación.

- Cola - (1) Una serie de llamadas esperando por servicio.
(2) Una serie de mensajes esperando por trayectorias para transmisión.

Conmutación - Un método de manejar tráfico, en el que "n" número de usuarios comparten "m" cantidad de recursos de telecomunicación, siendo $n > m$.

Conmutación tiempo-espacio-tiempo. - Configuración en la que existen:

- . Una memoria en cada puerto de entrada (tiempo) con capacidad suficientemente larga para acomodar a todos los usuarios de ese puerto.
- . Un procesador con memoria que controla el almacenamiento y la liberación a la matriz espacial, lo mismo que el cierre de las compuertas apropiadas en el intervalo de tiempo correcto; la distribución se lleva a cabo en la matriz (espacio).
- . Memorias, una en cada puerto de salida, todas ellas controladas por el procesador, en las que se constituye por almacenamiento y liberación, cada vía digital de salida (tiempo).

Conmutación espacio-tiempo-espacio. - Tipo de conmutación en el que la memoria temporal se localiza entre una entrada y un espacio de salida, y donde solo se requiere suficiente capacidad de almacenamiento para manejar picos de tráfico. Se requiere de alguna memoria en cada puerto de entrada para ajustar la sincronización de las cadenas de bits a la del conmutador digital.

Dato - Elemento básico de información, usualmente expresado numéricamente, que puede ser procesado por computadoras.

6 máquinas.

Esteroradián - Angulo sólido que teniendo su vértice en el centro de una esfera, intersecta una área de la superficie de la esfera, igual a un cuadrado de lados de longitud igual al radio de la esfera.

Frecuencia de muestreo de Nyquist - Es la mínima frecuencia de muestreo de una onda que permita su completa reproducción posterior. Es igual a dos veces el ancho de banda de la onda muestreada.

MDF - Multiplexaje por División en Frecuencia.

MDT - Multiplexaje por División de Tiempo.

MIC - Modulación por impulsos codificados.

Multiplexar - La acción de combinar un cierto número de circuitos individuales de mensajes, para su transmisión sobre una trayectoria común.

Nodo - (1) Una terminal de cualquier rama de una red, o una terminal común a dos o más ramas de una red.

(2) Un punto en una red de conmutación del cual radian muchas troncales. Puede o no ser una central de conmutación.

PAX - (Private Automatic Exchange). Una pequeña oficina central desatendida localizada donde un usuario lo desea y que sirve solamente a sus estaciones con servicio local y de troncales.

PBX - (Private Branch Exchange)

(1) Un tablero de conmutación telefónica, privado.

(2) Una pequeña oficina central y privada y manual.

PABX- (Private Automatic Branch Exchange). Una pequeña oficina central privada, con facilidades de discado (para marcar) y que tiene un tablero para operador(es).

Red Digital - Red de Telecomunicación en la que los mensajes se cruzan mediante señales digitales.

Señal Analógica - Señal eléctrica nominalmente continua que varía en amplitud o en frecuencia, en respuesta a cambios de sonido, luz, calor, posición o presión.

Señal Digital - Señal compuesta de pulsos, en la que la información está contenida en la duración, períodos y/o amplitudes de estos últimos.

Sistema asíncrono - Sistema no síncrono.

Sistema síncrono - Sistema en el que el transmisor y el receptor operan en la misma frecuencia y son mantenidos, por corrección si es necesario, en una relación de fase uniforme.

Troncal - Un canal de comunicación telefónica entre:

- a) Dos clases de equipo de conmutación en la misma oficina central.
- b) Unidades de oficina central en el mismo centro de conmutación.
- c) Dos centros de conmutación.

VFCT - (Voice Frequency carrier Telegraph), portadora telegráfica a la frecuencia de voz. Técnica en la que se manejan relaciones de transmisión de datos de hasta 1200 bits/seg., por una aplicación simple de modulación FSK.