

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

PLAN DE TRANSMISION TELEFONICA

PROYECTO DE PLAN DE TRANSMISION EN TELEFONIA PARA
EL ECUADOR

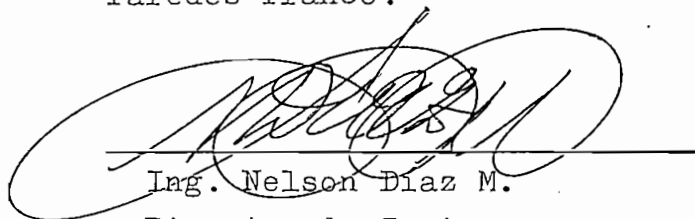
TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL
TITULO DE INGENIERO EN LA ESPE-
CIALIZACION DE ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES.

MARCELO PAREDES FRANCO

Quito, Noviembre 1.980

CERTIFICACION:

Certifico que el presente tra
bajo ha sido realizado en su
totalidad por el señor Marcelo
Paredes Franco.

A large, stylized handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nelson Diaz M.', is written over a horizontal line.

Ing. Nelson Diaz M.

Director de Tesis.

AGRADECIMIENTO

A mi Padre, por su ejemplo e invalorable consejos.

A distintos compañeros de Teléfonos Ericsson C.A., por su ayuda y datos, sin los cuales hubiera sido difícil completar esta Tesis.

A la Compañía LM Ericsson, por el apoyo y valiosa información que me ha brindado.

I N D I C E

PLAN DE TRANSMISION TELEFONICA

PROYECTO DE PLAN DE TRANSMISION EN TELEFONIA PARA EL ECUADOR

	Pag.
I. DESCRIPCION DEL SISTEMA EXISTENTE	1
I.1 Telefonía Urbana	1
I.1.1 Centrales	1
I.1.2 Redes Urbanas	16
I.1.3 Aparatos Telefónicos	20
I.2 Telefonía Interurbana	25
I.2.1 Centrales Interurbanas	25
I.2.2 Medios de Transmisión	31
I.3 Telefonía Internacional	36
I.3.1 Central de Tránsito Internacional	36
I.3.2 Sistema de Transmisión	36
II. BASES TECNICAS DEL PLAN	38
II.1 Definiciones	45
II.1.1 Unidades	45
II.1.2 Red Telefónica	55
II.1.3 Puntos Virtuales de Conmutación	70
II.2 Recomendaciones Internacionales	71
II.2.1 Responsabilidades Internacionales	71
II.2.2 Recomendaciones	74
II.3 Consideraciones Técnicas y Pro blemas a Resolver	87
II.3.1 La Información que se Transmite	87

II.3.2 Medios de Transmisión	94
II.3.3 Líneas Pupinizadas	96
II.3.4 Perturbaciones en Circuitos Físicos	105
II.3.5 Circuitos Inalámbricos	121
II.3.6 Transmisión Digital	126
II.4 Equivalente de Referencia y Niveles Relativos	167
II.4.1 Generalidades	167
II.4.2 Cálculo de los Equivalentes de Referencia para Distin - tas partes de la Red	175
II.4.3 Definición de los Niveles Relativos de Transmisión	192
 III. APLICACION AL SISTEMA DE TELEFONIA DEL ECUADOR	204
III.1 Sistema Total	204
III.1.1 Principios Fundamentales	205
III.1.2 Normas Fundamentales	208
III.2 Aplicación del Plan en una Zona en Particular	227
III.2.1 Primera Etapa: Comunica ciones de Larga Distan- cia	227
III.2.2 Primera Etapa: Comunica ciones Urbanas	237
III.2.3 Segunda Etapa	252
 IV. FACTORES ECONOMICOS	257
IV.1 Aspectos Generales	257
IV.2 Comparación Económica entre PCM y Cables de Pares	260
IV.3 Comparación Económica entre PCM en Cable y Sistemas de PCM en Radio Enlaces	266
 BIBLIOGRAFIA	268

C A P I T U L O I

DESCRIPCION DEL SISTEMA EXISTENTE

I.1 TELEFONIA URBANA

I.1.1 CENTRALES

En Ecuador, únicamente las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca, tienen varias centrales dentro de sus zonas urbanas, constituyéndose por eso en las tres únicas zonas multicentrales del País.

Todas las demás ciudades, pueblos y poblaciones que tienen servicio telefónico, están servidas por una sola central urbana.

Tipos de Centrales

Todas las centrales que existen actualmente en el Ecuador, son centrales electromecánicas, y la gran mayoría han sido fabricadas por Telefonaktiebolaget LM Ericsson. De esta marca existen los siguientes tipos:

a) AGF: es un sistema electromecánico, con selectores de 500 líneas que para su funcionamiento se acoplan mediante embragues a motores.

Este tipo de centrales utiliza registradores que al-

macenan las cifras para poder realizar las selecciones usando pulsos decádicos como método de señalización.

Datos Técnicos de AGF

- Puente de alimentación: Consta de bobinas de $2 \times 400 \Omega$
- Desequilibrio: La atenuación de desequilibrio es menor de 35 dB a 800 Hz.
- Atenuación: La atenuación máxima entre dos aparatos telefónicos conectados a la central con líneas de resistencia cero, no excede de 0,5 dB a 800 Hz.
- Diafonía: La atenuación por Diafonía entre dos comunicaciones es mayor de 74 dB.
- Tensión de Funcionamiento: La tensión normal es de 48 V, pero puede variar entre -10% y +15%.
- Velocidad de impulsos: Acepta velocidades del disco dactilar entre 8 y 12 impulsos por segundo y relaciones de corte y cierre de 30/70 y 50/50.
- Resistencia de Línea: Permite una resistencia de línea de abonado de máximo 1500Ω y tiene una resistencia de aislamiento de mínimo $15 K\Omega$.

- Capacidad: Las centrales AGF están diseñadas para servir centros medianos y grandes, su capacidad varía desde 500 hasta 10.000 líneas de abonado.

- b) Tipo ARF 102: Es un sistema automático electromecánico de selectores de coordenadas tipo crossbar; controlados por registradores y marcadores comunes. Como sistema de señalización utiliza el MFC (Multy - Frequency Code) de secuencia obligada tipo Ericsson o sistema de señalización R2 del CCITT.

Datos Técnicos

- Puente de alimentación: Tiene bobinas de alimentación de $2 \times 400 \Omega$.
- Desequilibrio: La atenuación de desequilibrio, medida en el distribuidor principal con terminales de resistencia de 600Ω según el método del CCITT, recomendación Q.45 tiene los siguientes valores:

Para frecuencias entre 300 - 600 Hz: más de 40 dB

Para frecuencias entre 600 - 3400 Hz: más de 46 dB

- Atenuación: La atenuación a través de la central entre dos aparatos telefónicos conectados a líneas con terminales de $600\ \Omega$ es menor de 0.6 dB a 800 Hz. La variación de la atenuación en la banda de frecuencias de 300-3400 Hz con relación a 800 Hz es menor a 1,0 dB.
- Ruido: El valor medio psfométrico del ruido de la central medido durante cualquier hora es menor de -64,0 dBmp.
- Diafonía: La atenuación de Diafonía (medido de acuerdo al CCITT en su recomendación G.134) en el distribuidor principal con terminales de resistencia de $600\ \Omega$, entre cualquiera de dos conexiones tiene los siguientes valores:
 - 99% de todas las comunicaciones: más de 80 dB
 - 100% de todas las comunicaciones: más de 75 dB
- Tensión de Funcionamiento: La tensión normal de trabajo es de 48 V, pero acepta tensiones entre 44-54 V; co -

- rriente continua.
- Velocidad de Impulsos: Acepta velocidades del disco dactilar entre 8 y 22 impulsos por segundo y velocidades de corte a cirre entre 30/70 y 50/50 y entre 27/ 73 a 68/32. El sistema acepta también marcación por teclado de multifrecuencia.
 - Resistencia de Línea: Permite una resistencia de línea de abonado de hasta 1800 Ω incluido el aparato telefónico, y tiene una resistencia de aislamiento de mínimo 20 K Ω . Para líneas troncales permite una resistencia de 2000 Ω .
 - Capacidad: Las centrales ARF 102 están diseñadas para servir centros medianos y grandes. Su capacidad varía desde 200 hasta 10.000 líneas de abonado.
- c) Tipo ARK: Es un sistema automático, electromecánico, de selectores de coordenadas tipo crossbar, controlados por registradores. Como sistema de señalización utiliza el MFC de secuencia obligada de tipo Ericsson o el sistema R2 del CCITT.

Datos Técnicos

- Puente de Alimentación: Tiene bobinas de alimentación de $2 \times 400 \Omega$.
- Desequilibrio: El desequilibrio en la central medido de acuerdo con el método del CCITT, para frecuencias entre 300-3400Hz es menor que 1%.
- Atenuación: La atenuación a través de la central, entre dos aparatos telefónicos conectados a líneas con terminales de 600Ω es menor a 0,9 dB a 800 Hz. La variación de la atenuación en la banda de frecuencias de 300-3400 Hz, con relación a 800 Hz es menor a 1,0 dB.
- Ruido: El valor medio del ruido, medido sofométricamente en una hora cualquiera, es menor a 1 mw.
- Diafonía: La atenuación de la Diafonía (medida de acuerdo al CCITT en su recomendación G.134 - del Libro Naranja) en el distribuidor principal con ter-

minales de resistencia de $600\ \Omega$ entre cualquiera de dos conexiones, tiene los siguientes valores:

99% de todas las conexiones: más de 80 dB

100% de todas las conexiones: más de 75 dB

- Tensión de Funcionamiento: El voltaje normal de trabajo es de 48 V, pero acepta variaciones entre 44-54 V, corriente continua.
- Velocidad de Impulsos: Acepta velocidades de 8 a 10 impulsos por segundo y relaciones de corte a cierre entre 28/72 y 68/32. El sistema está preparado para aceptar marcación por teclado de multifrecuencia
- Resistencia de línea: Permite una resistencia de línea de abonado de $1800\ \Omega$ incluyendo el aparato telefónico y tiene una resistencia de aislamiento mínima de $20\ K\ \Omega$. Para líneas troncales, está diseñado para trabajar con una resistencia de bucle de máximo $200\ \Omega$.

- Capacidad: Este sistema está diseñado para servir - en centros pequeños. Su capacidad es de 30 hasta 2000 líneas de abonado.

Para completar el esquema de Centrales Urbanas del Ecuador, a continuación presento la siguiente lista; la cual sigue la división administrativa que tiene IETEL, es decir en su Región 1 y Región 2:

Centrales Urbanas en el Ecuador

1) Región 1

<u>CENTRAL</u>	<u>TIPO</u>	<u>LINEAS EXISTENTES</u>
Quito:		
Quito Centro I	AGF	10.000 líneas
Quito Centro II	ARF 102	10.000 líneas
Quito Centro III	ARF 102	2.000 líneas
Mariscal Sucre I	AGF	10.000 líneas
Mariscal Sucre II	ARF 102	10.000 líneas
Mariscal Sucre III	ARF 102	10.000 líneas
Mariscal Sucre IV	ARF 102	5.000 líneas
Iñaquito I	AGF	10.000 líneas
Iñaquito II	ARF 102	10.000 líneas
Iñaquito III	ARF 102	3.000 líneas
Cotacollao	ARF 102	10.000 líneas
Villa Flora I	AGF	10.000 líneas
Villa Flora II	ARF 102	<u>4.000 líneas</u>
	SUB TOTAL:	104.000 líneas

<u>CENTRAL</u>	<u>TIPO</u>	<u>LINEAS EXISTENTES</u>
Ambato	ARF 102	10.000 líneas
Riobamba	PENTACONTA	8.000 líneas
Esmeraldas	ARF 102	4.000 líneas
Ibarra	ARF 102	4.000 líneas
Tulcán	AGF	2.000 líneas
Latagunga	ARF 102	2.000 líneas
San Rafael	ARF 102	2.000 líneas
Cumbayá	ARF 102	<u>1.000 líneas</u>
	SUB TOTAL:	33.000 líneas
Sangolquí	ARK	800 líneas
Sto. Domingo	ARK	800 líneas
Conocoto	ARK	800 líneas
Machachi	ARK	400 líneas
Tambillo	ARK	200 líneas
Amaguaña	ARK	200 líneas
Cayambe	ARK	<u>200 líneas</u>
	SUB TOTAL:	3.400 líneas
T O T A L REGION 1:		140.400 líneas

No están en servicio todavía las siguientes líneas:

<u>Central</u>	<u>Cantidad de Líneas</u>
Quito:	
Quito Centro III	1.000 líneas
Mariscal Sucre IV	3.000 líneas

<u>Central</u>	<u>Cantidad de Líneas</u>
Iñaquito III	3.000 líneas
Cotocollao	2.000 líneas
Ambato	5.000 líneas
Riobamba	6.000 líneas
Latacunga	2.000 líneas
San Rafael	2.000 líneas
Cumbayá	<u>1.000 líneas</u>
TOTAL:	25.000 líneas

2) Región 2

Guayaquil:

<u>CENTRAL</u>	<u>TIPO</u>	<u>LINEAS EXISTENTES</u>
Centro I	AGF	10.000 líneas
Centro II	AGF	8.000 líneas
Centro III	ARF 102	5.000 líneas
Boyacá I	ARF 102	10.000 líneas
Boyacá II	ARF 102	4.000 líneas
Norte	ARF 102	10.000 líneas
Urdesa	ARF 102	8.000 líneas
Oeste I	ARF 102	10.000 líneas
Oeste II	ARF 102	4.000 líneas
Sur I	ARF 102	10.000 líneas
Sur II	ARF 102	5.000 líneas
Los Ceibos	ARF 102	<u>4.000 líneas</u>
	SUB TOTAL:	88.000 líneas

<u>CENTRAL</u>	<u>TIPO</u>	<u>LINEAS EXISTENTES</u>
Alborada	ARF 102	5.000 líneas
Febres Cordero	ARF 102	8.000 líneas
Portete	ARF 102	3.000 líneas
El Guasmo	ARF 102	<u>6.000 líneas</u>
	SUB TOTAL:	22.000 líneas
Total Guayaquil:		110.000 líneas

<u>CENTRAL</u>	<u>TIPO</u>	<u>LINEAS EXISTENTES</u>
Machala	ARF 102	3.000 líneas
Milagro	ARF 102	2.000 líneas
Quevedo	ARF 102	2.000 líneas
Portoviejo	ARF 102	5.000 líneas
Manta	ARF 102	4.000 líneas
Huaquillas	ARF 102	400 líneas
Babahoyo	ARK	800 líneas
Loja	ARF 102	3.000 líneas
Salinas	ARF 102	2.000 líneas
La Libertad	ARF 102	1.000 líneas
Bahía	ARF 102	1.000 líneas
Chone	ARF 102	1.000 líneas
Azóquez	ARF 102	<u>1.000 líneas</u>
	SUB TOTAL:	26.200 líneas

T O T A L REGION 2: 136.200 líneas

De la lista de la Región 2, se encuentran fuera de servicio las siguientes:

Sur II 1.000 líneas

Alborada	3.000 líneas
Portoviejo	1.000 líneas
Manta	1.000 líneas
Bahía	1.000 líneas
Chone	1.000 líneas
Azóquez	<u>1.000 líneas</u>
SUB TOTAL:	8.000 líneas
TOTAL :	9.000 líneas

Todos estos datos han sido actualizados hasta el 15 de Mayo de 1.980.

3) Cuenca

En Cuenca el servicio está explotado por la Empresa Municipal de Teléfonos Agua Potable y Alcantarillado ETAPA.

Existen las siguientes centrales:

Central	Tipo	Líneas Existentes	Líneas Contratadas
Cuenca Centro I	AGF	9.000	-----
Cuenca Centro II	ARF 102	1.000	-----
Totoracocha		1.000	1.000
El Ejido		<u>1.000</u>	<u>1.000</u>
	TOTALES	12.000	2.000

Las centrales Totoracocha y El Ejido son nuevas y estarán en servicio a finales de 1.980 y su ampliación contratada, en 1.981.

A más de las centrales mencionadas, en algunas ciudades y pueblos, existen pequeños conmutadores automáticos y manuales de los siguientes tipos:

Conmutador Manual ABG de hasta 20 abonados de Ericsson:

Provincia de Esmeraldas:	Atacames
Provincia del Carchi:	San Gabriel, El Angel, Julio Andrade.
Provincia de Imbabura:	Achupallas, Apuela, Atuntaqui, Cotacachi, Juncal, Pimampiro, San Pablo, Tumbabiro, Urcuqui, Chota.
Provincia de Pichincha:	Alangasí. Guallabamba, Malchinguí, Nono, Pintag, Fullaro, Tabacundo.
Provincia de Cotopaxi:	Lasso.
Provincia de Tungurahua:	Baños, Pelileo, Píllaro, Mocha, Quero.
Provincia de Chimborazo:	Alausí.

Conmutador semiautomático de hasta 250 abonados tipo AKD

860

Provincia de Manabí:	Calceta.
Provincia de los Ríos:	Junín, Catarama, Vinces, Ven-

tanas, Puebloviejo.
 Provincia del Guayas: Balzar, Ballenita, Daule, El
 Empalme, Ancón, San Carlos, -
 Santa Elena, Yaguachi.
 Provincia del Oro: Arenillas, El Guabo, Pasaje,
 Santa Rosa, Piñas, Zaruma.
 Provincia del Carchi: San Gabriel, El Angel.
 Provincia de Imbabura: Atuntaqui, Cotacachi.
 Provincia de Cotopaxi: Pujilí, Salcedo, Saquisilí.
 Provincia de Tungurahua: Baños, Píllaro.
 Provincia de Chimborazo: Alausí.
 Provincia del Azuay: Gualaceo, Paute.
 Provincia de Loja: Catamayo.
 Provincia de Pastaza: Puyo.
 Provincia de Morona -
 - Santiago: Macas
 Provincia de Zamora -
 - Chinchipe: Zamora

Conmutador semiautomático General Telephone en:

Provincia de Manabí: Jipijapa.

Conmutador semiautomático G.E. General en:

Provincia de Imbabura: Otavalo.

Conmutador semiautomático Automatic Electric:

Provincia de Bolívar: Guaranda (600 líneas).

Conmutador semiautomático Telenorma en:

Provincia de Manabí: Santa Ana.

Conmutador manual tipo ABH Ericsson en:

Provincia de Imbabura: Otavalo.

Provincia de Pichincha: Quinche, El Tingo.

Conmutador manual Ericsson tipo ABK en:

Provincia de Pichincha: Calderón, La Merced, Pifo, Puen
bo.

Provincia de Tungurahua: Pelileo.

I.1.2 REDES URBANAS

En las redes urbanas de zonas multicentrales es necesario hacer distinción entre la red de líneas de enlace , (entre las centrales de la zona) y la red de líneas de a bonado, que conecta los abonados a su central local correspondiente. La estructura de esta red es semejante en todas las ciudades del país.

Red de líneas de Abonado:

En general tiene la siguiente estructura:

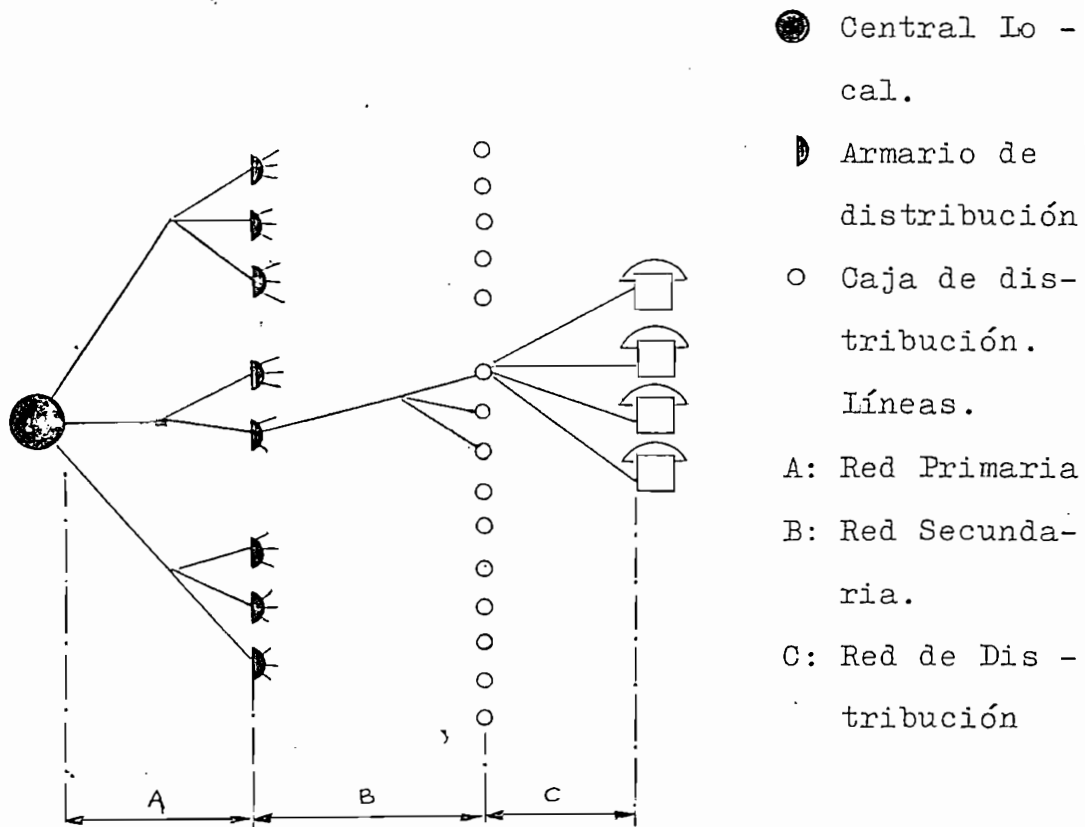


Figura # I.1

Estas líneas son cables de hilos de cobre de un diámetro de 0,4 - 0,6 milímetros.

En cuanto a la distribución de abonados en función de la distancia a que estos se encuentran se puede considerar como real lo siguiente:

TABLA I.1

<u>Distancia a la Central</u>	<u>Porcentaje de Abonados</u>
0 - 500 m	15%
500 - 1000 m	14%
1000 - 1500 m	23%
1500 - 2000 m	32%
2000 - 2500 m	10%
2500 - 3500 m	4%
3500 m y más	2%

De esta distribución se puede concluir que aproximadamente el 50% de los abonados se encuentra a 1800 metros de la Central.

Red de Líneas de Enlace

Los enlaces entre las centrales se realizan en general en cables de pares, de los siguientes diámetros de conductores:

0,4 milímetros.

0,5 milímetros.

0,6 milímetros.

0,7 milímetros.

0,9 milímetros.

Estos pueden ser pupinizados, usando bobinas de carga de 74 mH separadas 1850 metros entre sí.

En la figura # I.2 siguiente se muestra la red de líneas de enlace de la ciudad de Quito, allí se indican las distancias entre las centrales y el tipo de cable usado en cada ruta.

Para determinar una distancia promedio, ponderada según el tráfico, podemos considerar las distancias de las centrales de Quito hacia la central Quito Centro en donde se encuentra un centro de tránsito:

CENTRAL	DISTANCIA	FACTOR DE TRAFICO	DISTANCIA PONDERADA
MARISCAL SUCRE	3.2 Km.	4.0	12.8 Km.
IÑAQUITO	8.0 Km.	2.0	16.0 Km.
COTOCOLLAO	13.4 Km	1.0	13.4 Km.
VILLAFLORA	3.7 Km	2.0	7.4 Km.
		9.0	49.6 Km.

$$\bar{D} = 5.51 \text{ Km.}$$

TABLA I-2

FIGURA I.2

MATRIZ DE ENLACES - RED DE LINEAS DE ENLACE DE QUITO

CENTRALES		VILLA-FLORA	QUITO CENTRO	MARISCAL SUCRE	INÁQUITO	COTOCOLLAO	CS
VILLA FLORA	—	A1: 4.1 B1: 0.4 mm	4.1 0.4 mm	7.3 0.6 mm	12.1 0.6 mm	17.5 0.7 mm	4.1 0.6 mm
QUITO CENTRO	A2 B2	4.1 —	A1 B1	3.2 0.4 mm	8.0 0.6 mm	13.4 0.6 mm	0.0 —
MARISCAL SUCRE	A2 B2	8.0 0.5 mm	3.9 0.4 mm	A1 B1	4.8 0.4 mm	10.2 0.6 mm	3.2 0.4 mm pupinizado
INÁQUITO	A2 B2	12.8 0.6 mm	8.7 0.5 mm	— —	A1 B1	5.4 0.4 mm	8 0.6 mm pupinizado
COTOCOLLAO	A2 B2	18.2 0.7 mm	14.1 0.6 mm	10.2 0.5 mm	5.4 —	A1 B1	13.4 0.7 mm pupinizado
CS	A2 B2	4.1 0.4 mm pupinizado	0.0 —	3.9 0.6 mm pupinizado	8.7 0.6 mm pupinizado	14.1 0.7 mm pupinizado	—

ADEMAS : ENLACE
 VILLA FLORA - CONOCOTO : 7.6 Km, 0.7 mm Pupinizado
 CONOCOTO - SANGOLQUI : 2.5 Km, 0.7 mm Pupinizado
 MARISCAL SUCRE - CUMBAYA : 6.3 Km, 0.7 mm Pupinizado
 CUMBAYA - TUMBACO : 2.6 Km, 0.7 Pupinizado
 COTOCOLLAO - POMASQUI : 7.2 Km ; 0.7 mm. Pupinizado
 Pomasqui - San Antonio : 3.8 Km ; 0.9 mm.

A = DISTANCIA EN KM.
 B = TIPO DE CABLE
 A1, B1 = Primera Alternativa
 A2, B2 = Segunda Alternativa

CABLE SIN PUPINIZAR:
 CONDUCTANCIA 40 nF/km

CABLE PUPINIZADO:
 CONDUCTANCIA = 40 nF/km
 IMPEDANCIA = 1.090 Ω
 INDUCTANCIA DE BOBINA = 88 mH
 DISTANCIA ENTRE BOBINAS : 1.850 m

I.1.3 APARATOS TELEFONICOS

Los siguientes son los tipos de aparatos telefónicos existentes en el Ecuador:

Suministrados por Ericsson: DIALOG, DBH 15, DBN 140, y ERICFON.

Suministrados por ITT: K-500.

A más de estos, algunos aparatos de varias marcas. De todos modos, el tipo de aparato que puede considerarse estandar es el DIALOG y de éste el que posee regulación de niveles; sus características principales son las siguientes:

- Circuito de transmisión

Los equivalentes de referencia con relación al NOSFER tienen los siguientes valores:

Equivalente de Referencia de Transmisión:

para una resistencia de 0 - 1000 Ω : +3,5 dB

Equivalente de Referencia

de Recepción a 0 Ω : -2,0 dB

Equivalente de Referencia

de Recepción a 1000 Ω : -6,5 dB

En la figura # I.3 se muestran curvas de las equivalentes en función de la resistencia de la línea.

DATOS PRINCIPALES DE TRANSMISION
PARA EL INSTRUMENTO TELEFONICO

Figura # I.3

1

TIPO DIALOG

Equivalentes de referencia de emisión
(SRE) y de recepción (RRE)

Tillhor

Godkänd (tjst och sign)

Korr

Sistema de alimentación: 48 V; 2 x 400

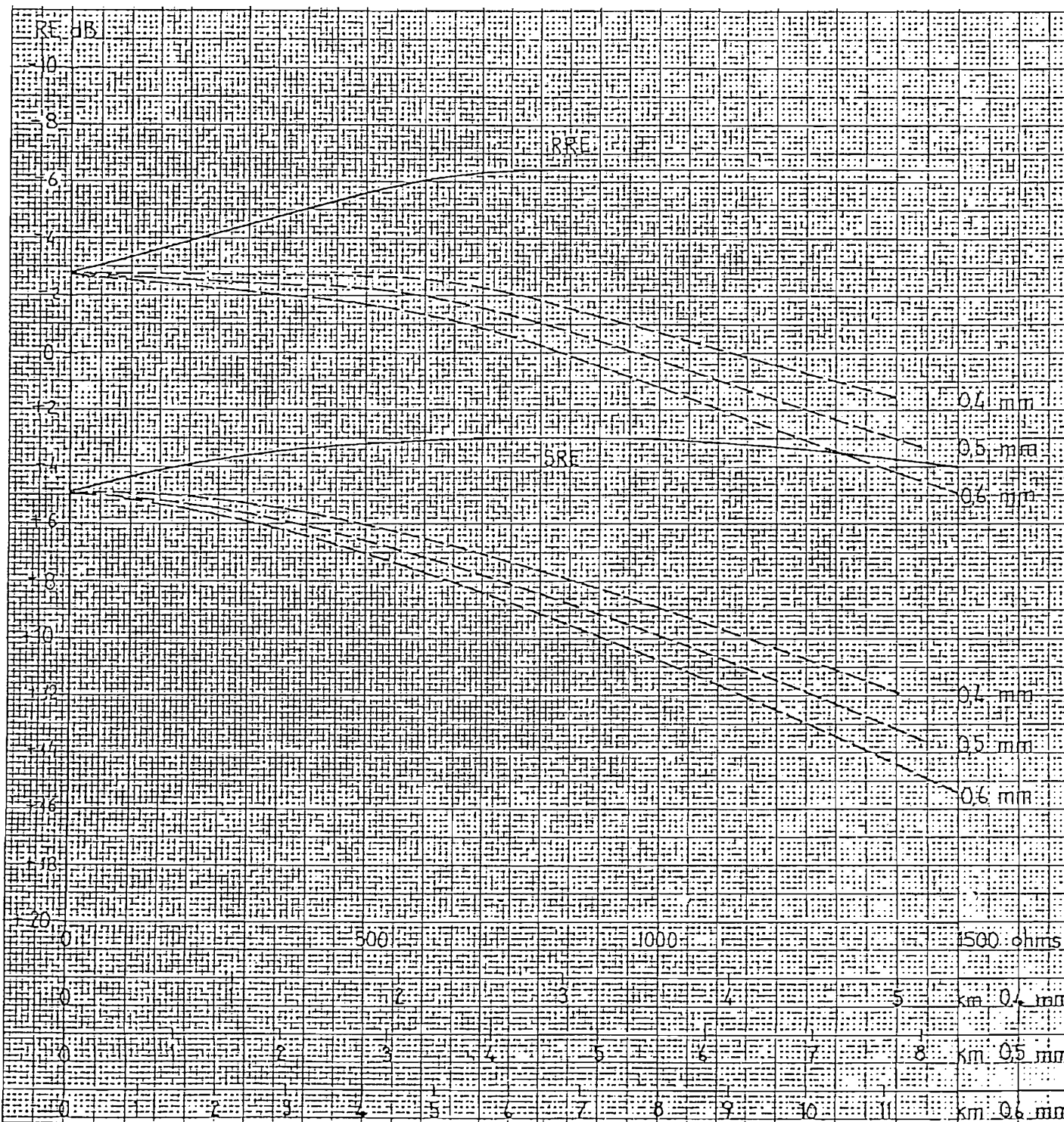
Cables: 0,4 mm, $r = 280 \Omega/\text{km}$, $c = 40 \text{ nF}/\text{km}$, $\alpha = 1,62 \text{ dB}/\text{km}$

0,5 mm, $r = 180 \Omega/\text{km}$, $c = 40 \text{ nF}/\text{km}$, $\alpha = 1,22 \text{ dB}/\text{km}$

0,6 mm, $r = 125 \Omega/\text{km}$, $c = 40 \text{ nF}/\text{km}$, $\alpha = 0,95 \text{ dB}/\text{km}$

———— Exclusive atenuación de cable

----- Inclusive atenuación de cable



Origram	Oversatt	Andra utgavor	Uppgj. (tjst och sign)	Kontr. (tjst och sign)
---------	----------	---------------	------------------------	------------------------

- Regulación de Nivel

Para resistencias de línea mayores de 1000Ω tiene una resistencia de 270Ω para c.a y para una línea de 0Ω , tiene una resistencia de 27Ω para c.a.

- Respuestas de Frecuencia para la Transmisión y Recepción

De las figuras # I.4 y I.5 se puede ver que para la transmisión hay un aumento de 15 dB entre 400 y 3000 Hz mientras que para la recepción, la respuesta es casi lineal con la frecuencia.

- Impedancia del aparato telefónico

En la figura # I.6 se muestra la impedancia del aparato en función de la resistencia de la línea.

- Efecto Local

La atenuación efectiva del efecto local se puede apreciar en la figura # I.7.

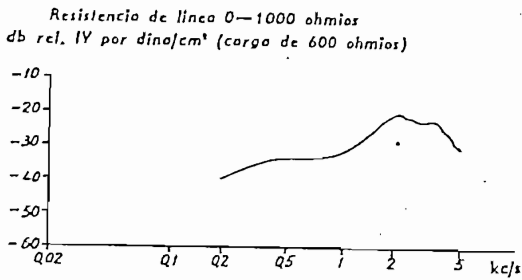


Figura I.4
Respuesta de Frecuencia
para la Transmisión

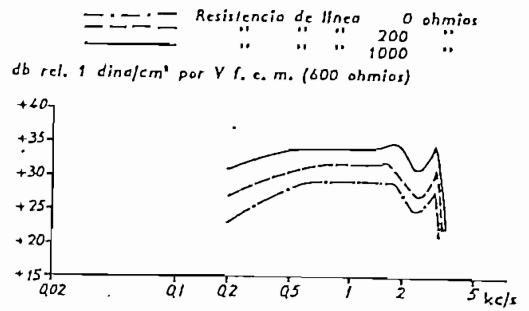


Figura I.5
Respuesta de Frecuencia
para la Recepción

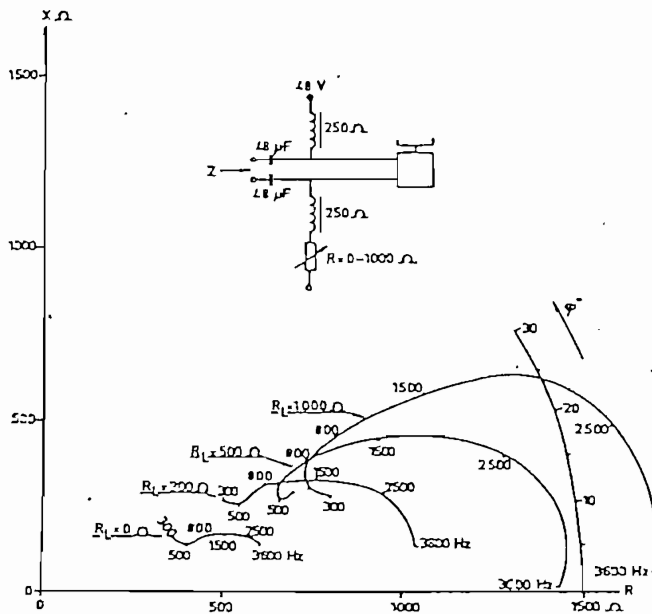


Figura I.6

Impedancia de Entrada del Aparato Telefónico para una Resistencia de línea variable

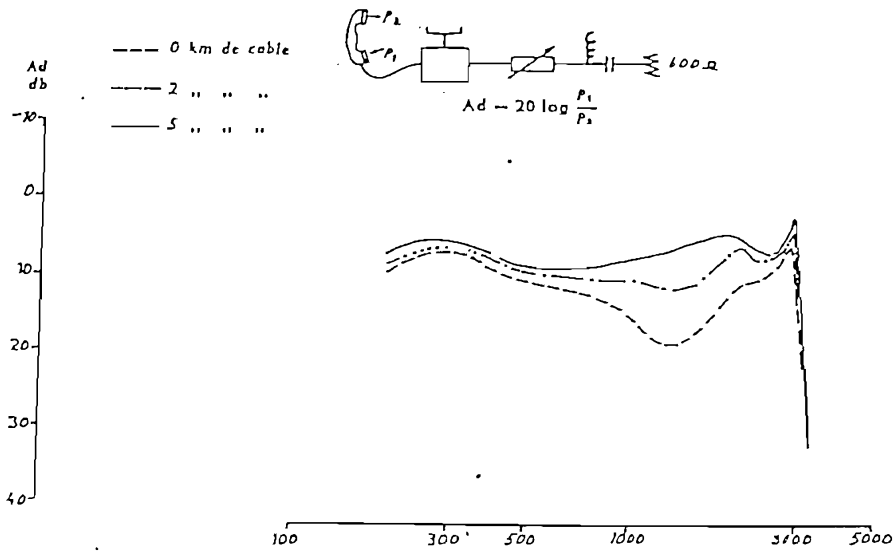


Figura I.7

Atenuación del efecto local desde la boca hasta la oreja en función de la Frecuencia.

I.2 TELEFONIA INTERURBANA

I.2.1 CENTRALES INTERURBANAS

Para hacer factible el servicio automático de larga distancia nacional, el país cuenta con dos centrales de tránsito interurbano, instaladas, una en Quito con una capacidad de 2.000 terminales, y otra en Guayaquil, con una capacidad instalada actual de 1.600 terminales, de las cuales se encuentran en servicio 1.640 en Quito y 1.600 en Guayaquil.

Adicionalmente, se encuentran en servicio Pasos de Selección Especiales (L.D. Terminales) para cursar tráfico interurbano directo entre ciudades con elevado grado de interés. En las ciudades de Quito y Guayaquil se encuentran instalados dos pasos de 80 terminales en cada una de ellas, los que se utilizan exclusivamente para el tráfico entrante.

El tipo de Centrales existentes es el llamado ARM201/2 de Ericsson y tiene las siguientes características:

- Conmutación a 4 hilos
- Accesibilidad Completa
- Acepta todos los tipos de señalización existentes (Como estándar se usa el sistema de señalización MFC de secuencia obligada R2 del CCITT)

001911

- Usa selectores de coordenadas controladas por registros y marcadores.
- Voltaje Nominal: 48 V pero puede trabajar con una variación de voltaje entre 44 y 54 V
- Tiempo de conexión: 700 ms
- Atenuación de Transmisión: la atenuación a través de la central no excede de 0,2 dF a 800 Hz. La desviación estándar de los valores medios de atenuación a 800 Hz no excede de 0,2 dB.

- Distorción de Frecuencia.

La desviación de la atenuación de los valores medios a 800 Hz, en la banda de 300 - 3400 Hz está entre -0,2 y +0,5 dB.

- Ruido.

- La potencia del ruido medio a largo plazo, medido psométricamente, para cualquier conexión a través de la central no excede de -67 dBmCp.

- Diafonía.

La atenuación de Diafonía entre dos conexiones cualquiera, a través de la central, con terminaciones de 600 Ω y empleando el método recomendado por el CCITT, es mayor de 80 dB; y mayor de 65 dB entre dos conexiones cualquiera que formen los canales de ida y vuelta de una vía tetrafilar.

- Impedancia: 600 Ω nominal

- Desequilibrio de Impedancia a Tierra:

Medida de acuerdo a las recomendaciones del CCITT, es mejor de 40 dB para frecuencias entre 300 y 600 Hz y mejor de 46 dB para frecuencias entre 600 y 3400 Hz.

- Resistencia de Línea:

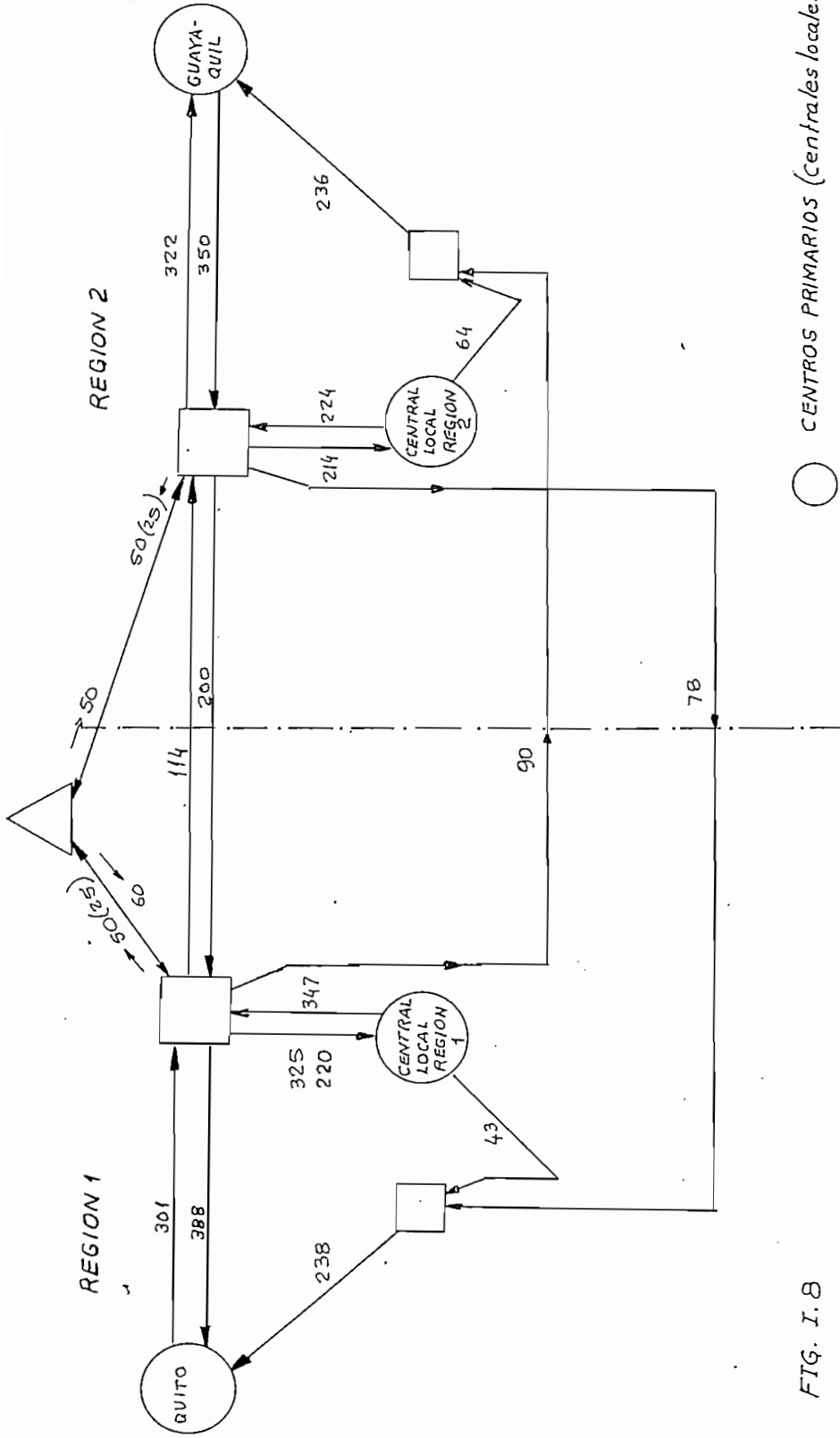
Cuando se usan señales de corriente continua, está diseñada para trabajar con una resistencia máxima de bucle de 2000 Ω y una resistencia de derivación de mínimo 20.000 Ω .

Los pasos LD Terminales, son selectores de Grupo de tipo ARF 102 pero con selección a 4 hilos, con las mismas características de transmisión indicadas en el punto I.1.1 para ARF 102.

Para mayor comprensión, a continuación presento en la figura # I.8 y en el Mapa I.1 el enrutamiento de larga distancia.

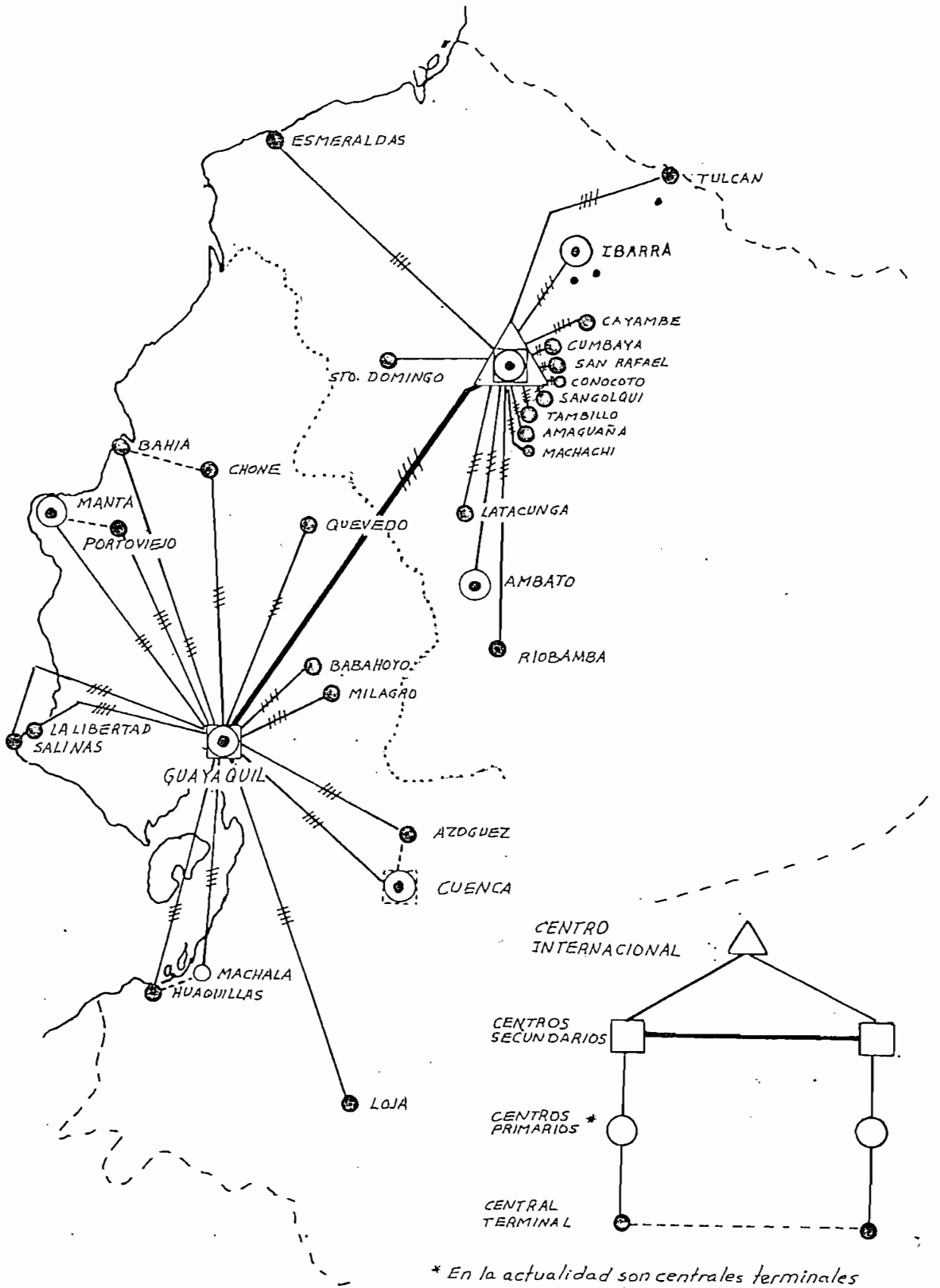
Sin embargo el IETEL, para aliviar la congestión que existe en la central de tránsito, ha previsto abrir rutas directas entre las centrales locales de Quito y Guayaquil hacia las centrales LD/Terminales de Quito y Guayaquil de este modo el esquema de la figura I.8 quedaría modificado, ver la figura # I.9.

Constituyendo esto último el llamado "Proyecto Interme-



- CENTROS PRIMARIOS (Centrales locales)
- CENTROS SECUNDARIOS (Centrales de tránsito tipo ARM 201)
- CENTROS SECUNDARIOS DE TRANSITO TERMINAL
- △ CENTRO TERCIARIO (Central Internacional)

FIG. I. 8
 ENRUTAMIENTO DE LARGA DISTANCIA
 ECUADOR (JULIO 1980)
 (los valores indican la cantidad de circuitos)



MAPA I.1

RED DE LARGA DISTANCIA - ECUADOR (Junio 1980)

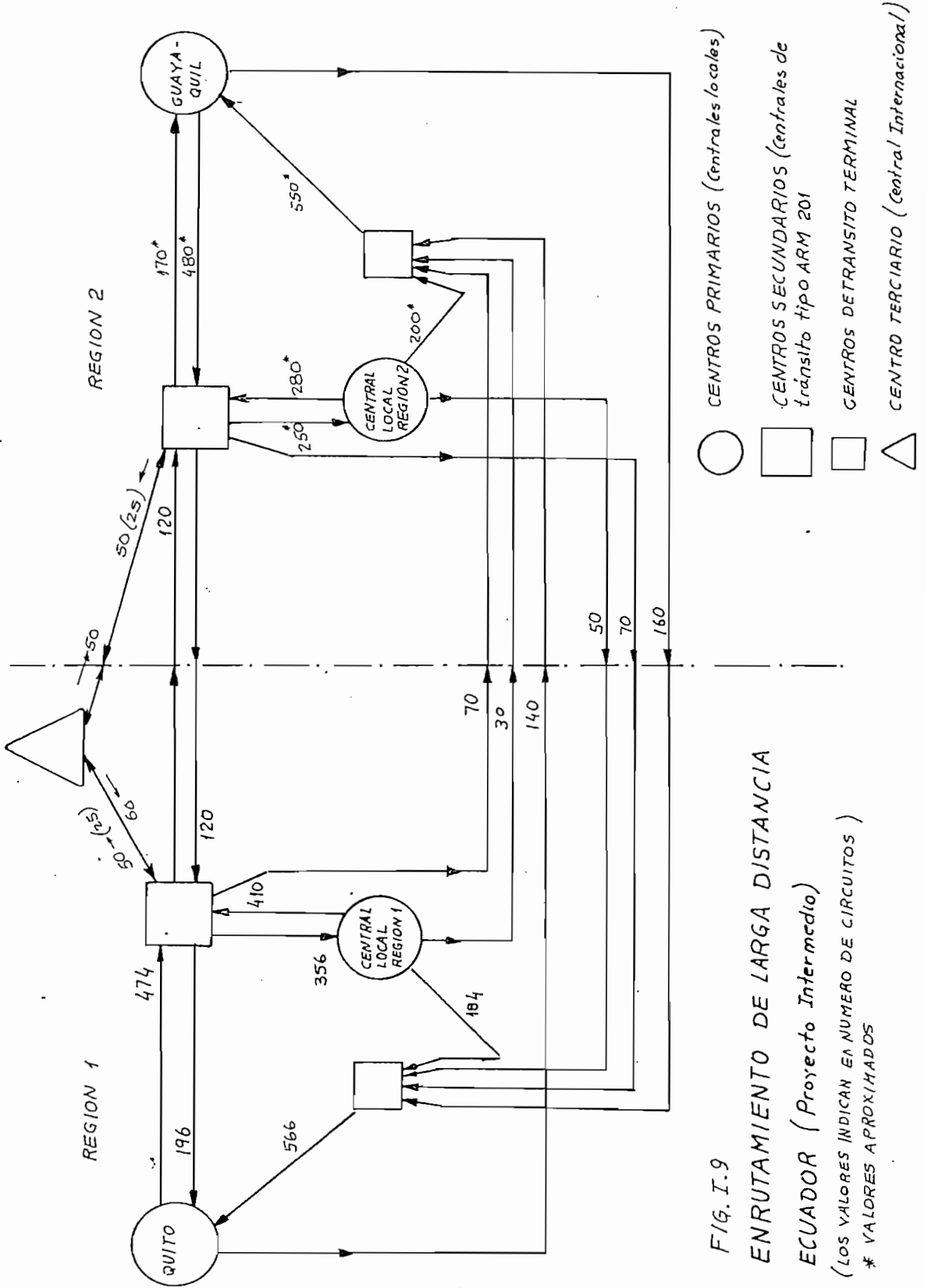


FIG. I.9
ENRUTAMIENTO DE LARGA DISTANCIA
ECUADOR (Proyecto Intermedio)

(LOS VALORES INDICAN EN NUMERO DE CIRCUITOS)
* VALORES APROXIMADOS

dio".

A Diciembre de 1979, a excepción de 9 capitales provinciales, las 11 restantes y 14 ciudades más tienen acceso al servicio automático de larga distancia nacional lo que representa el 95% del total de líneas instaladas

I.2.2 MEDIOS DE TRANSMISION

En lo que se refiere a transmisión, la red de larga distancia está constituida por los siguientes sistemas o rutas de microondas:

- Ruta de la Costa: Actualmente fuera de operación.
- Ruta Troncal de Microondas: Capacidad de 960 canales protegidos, más una vía para transmisión de televisión en dos sentidos; esta ruta se la ha dividido - en los siguientes sistemas:

1) Red Norte:

Sirve a: Colombia, Tulcán, San Gabriel, Ibarra, Ayora, Atuntaqui, Otavalo.

2) Red Centro Oriente:

Sirve a: Riobamba, Ambato, Latacunga, Esmeraldas, Tambillo, Machachi, Sangolquí, Amaguaña, Santo Domingo.

3) Red de Interconexión:

Sirve a Quito y Guayaquil.

4) Red Animas:

Sirve a: La Libertad, Salinas, Naranjal, Playas,
Ancón.

5) Red Cuenca:

Sirve a: Cuenca, Cañar, Azoguez.

6) Red Sur:

Sirve a: Loja, Cariamanga, Macará, Celica, Perú,
Sta. Rosa, Huaquillas, Machala, Pasaje,
Guabo.

7) Red Manabí:

Sirve a: Bahía, Chone, Jipijapa, Calceta, Portoviejo
Manta.

8) Red Cochabamba:

Sirve a: Pueblo Viejo, Catarama, Vinces, Quevedo,
Ventanas, Guaranda, Babahoyo, Milagro.

En las Figuras # I.10 a I.17 siguientes y en el Mapa -
I.2 se pueden apreciar cada uno de estos sistemas.

Figura # I.10
RED NORTE:

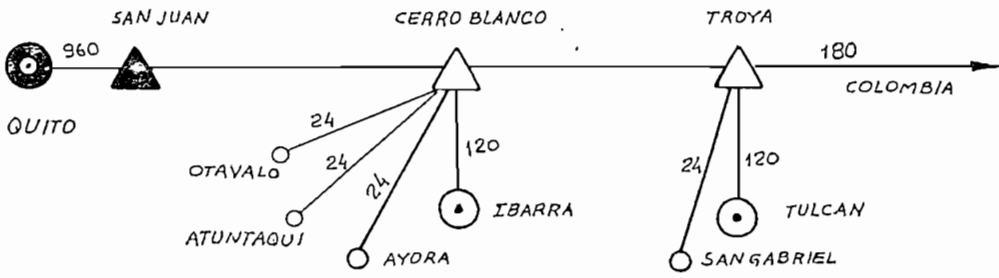


Figura # I.11
RED CENTRO ORIENTE

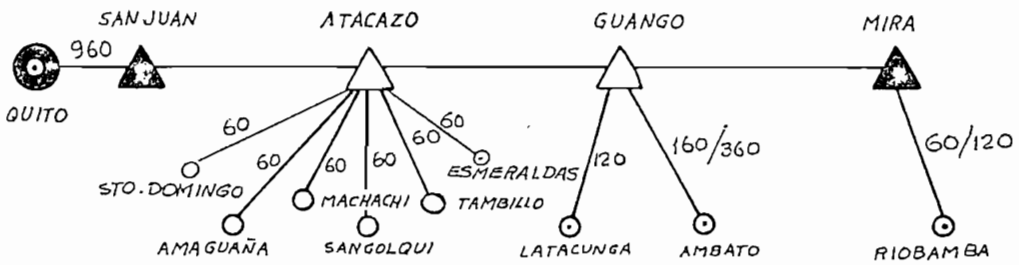


Figura # I.12
RED DE INTERCONEXION



Figura # I.13
RED ANIMAS

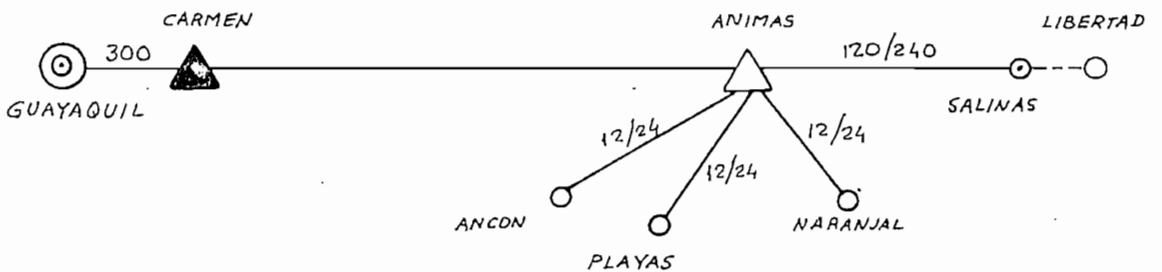


Figura # I.14
RED CUENCA

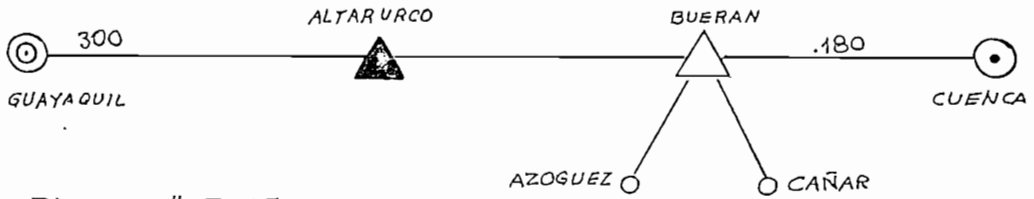


Figura # I.15
RED SUR

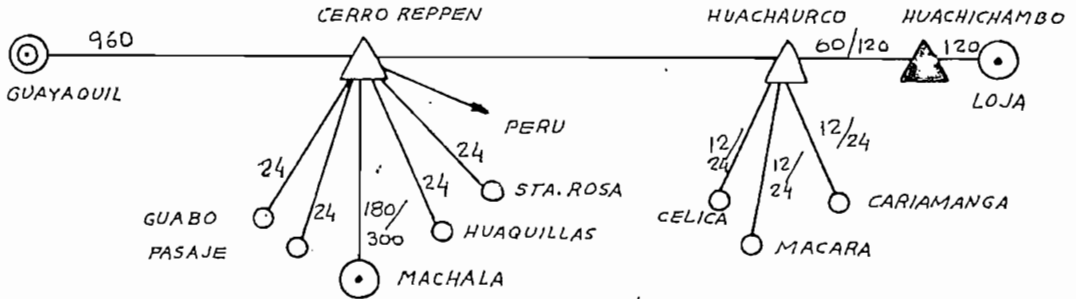


Figura # I.16
RED MANABI.

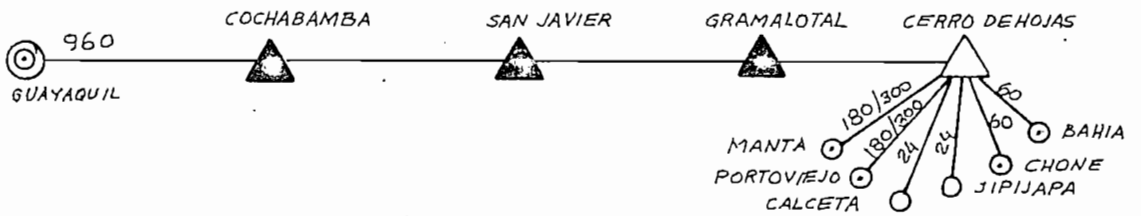
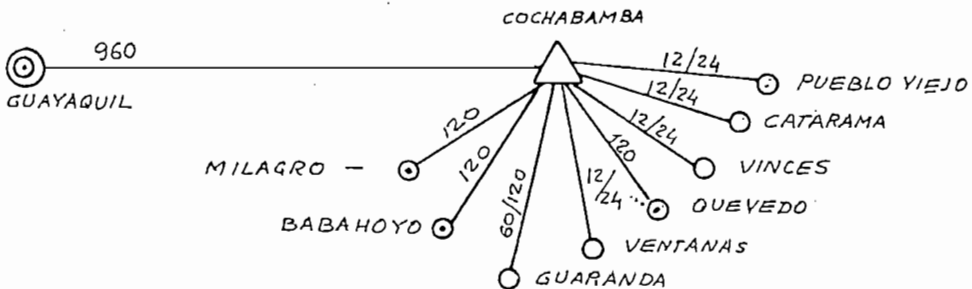
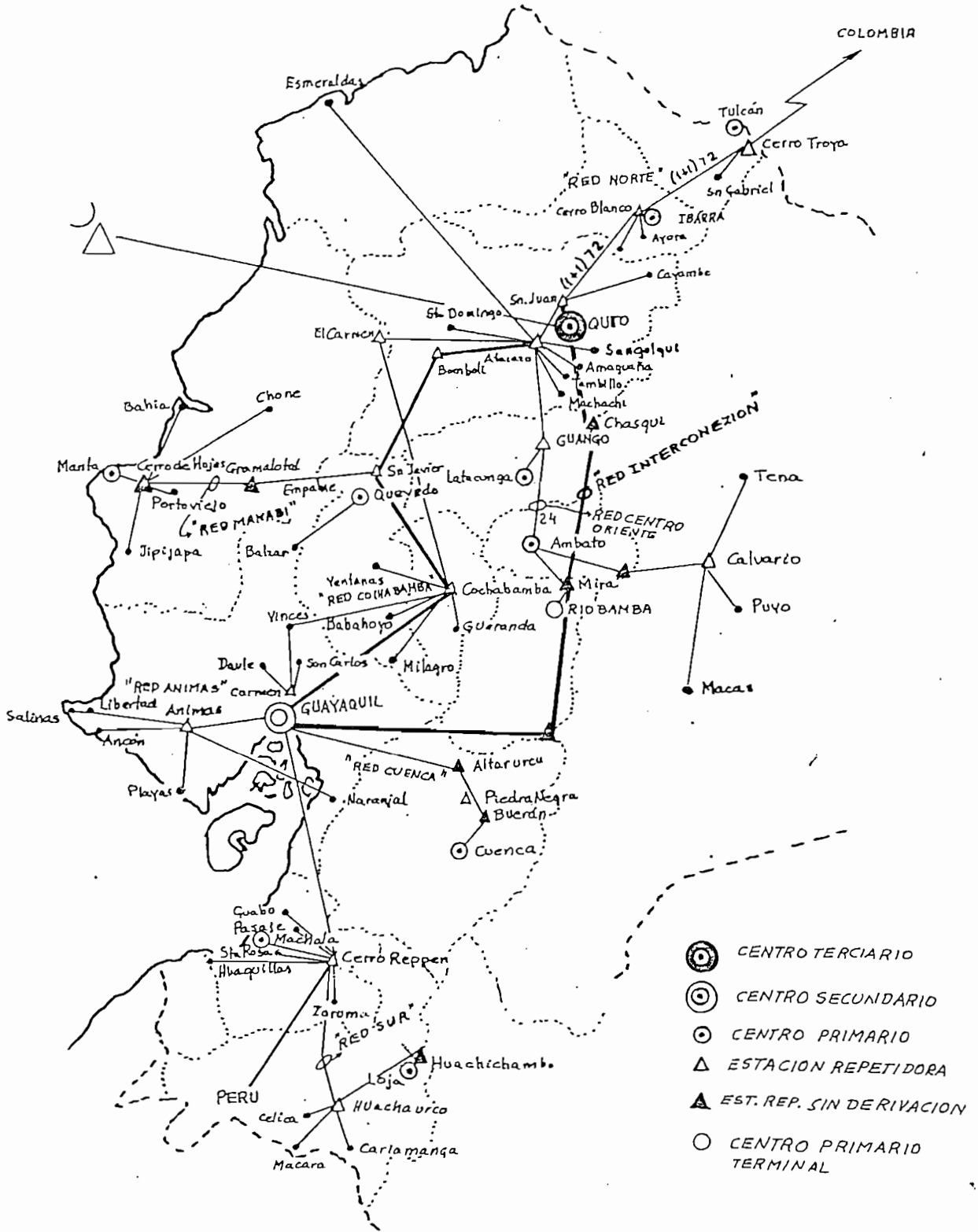


Figura # I.17
RED COCHABAMBA





M A P A I.2

I.3 TELEFONIA INTERNACIONAL

La Telefonía Internacional opera actualmente de modo se miautomático para unas relaciones y manual para otras. En el año 1.981 entrará en funcionamiento el servicio - automático con aquellos países cuyas disponibilidades - técnicas lo permitan.

Para ofrecer este servicio se utiliza la central de - tránsito internacional y los medios de transmisión que en unos casos son sistemas terrestres, y en otros vía - satélite.

I.3.1 CENTRAL DE TRANSITO INTERNACIONAL

Ubicada en Quito, con una capacidad actual de 600 líneas.

Es marca Ericsson del tipo ARM 202 y tiene las mismas - características que las mencionadas en el punto I.2.1.

I.3.2 SISTEMA DE TRANSMISION

Respecto a las comunicaciones vía terrestre se disponen de circuitos directos con Colombia y Perú ocupando los sistemas Norte y Sur respectivamente.

Respecto a los circuitos vía satélite, se dispone de u-

na Estación Terrena, ubicada en Quito que permite comunicar a nuestro país con cualquiera otro del mundo.

A Diciembre de 1.979, 135 circuitos estaban en servicio de los cuales 152 eran para telefonía, y 13 para datos y telegrafía, disponiendo de circuitos directos con los siguientes países: Estados Unidos, Venezuela, Brasil, Chile, España, Italia, Argentina, Panamá y Perú.

Según la siguiente lista:

Circuitos Internacionales

<u>RUTA</u>	<u>EN SERVICIO</u>	<u>PROGRAMADO</u>
E.E.U.U.	96	96
España	22	24
Italia	6	6
Brasil	6	6
Chile	6	6
Venezuela	10	12
Panamá	6	7
Francia	---	2
Argentina	---	4
Canadá	---	3
	<hr/>	<hr/>
TOTAL:	152	166

C A P I T U L O I I

BASES TECNICAS DEL PLAN

PROCESO DE PLANIFICACION TELEFONICA

Debido a la creciente necesidad de telecomunicaciones de la sociedad moderna, se plantean constantemente - nuevos requerimientos y desafíos a los sistemas de co municaciones y a las personas encargadas del diseño, planificación y administración.

Actualmente las telecomunicaciones son el sistema in terconectado más grande y complejo del mundo y a la vez el más caro y uno de los que presta mayores servici os.

Con el vertiginoso avance tecnológico en todo campo, y especialmente en la electrónica, se presentan ac - tualmente nuevos métodos para resolver directa o indirectamente el antiguo problema y meta de las telecomu nicaciones, que es lograr que dos personas puedan co municarse.

Digo directamente porque las nuevas técnicas en sí mo difican los sistemas mismos de comunicaciones; e indirectamente porque existen ahora nuevas herramientas ;

para ayudar a resolver problemas, hacer cálculos y administrar las entidades que manejan esta enorme industria.

Por razones naturales, cada país es responsable de su parte de telecomunicaciones, a través de empresas estatales, particulares o seccionales, y cada una de estas entidades tiene la urgente necesidad de planificar, o revisar seriamente los planes anteriores precisamente debido a las nuevas técnicas que van apareciendo, y con ellas nuevas técnicas de organización y planificación, etc.

Como base puedo decir que esta revolución técnica y científica ha hecho modificar la filosofía de planificación tradicional, de tal manera que los nuevos métodos y filosofías se hacen necesarios incluso al planificar usando equipos de tecnología vieja.

En primer lugar se plantea una INTEGRACION de la planificación de manera que todos los campos de Telecomunicaciones, telefonía, telegrafía, telex, Datos, TV, etc. sean tratados por planes comunes a todos; haciendo que los equipos y circuitos sean también semejantes a todos estos campos y así mismo la administración, de estos servicios debe ser semejante.

La planificación Integrada significa también que todas

las partes de una red Nacional de telecomunicaciones deben estar integradas en un mismo plan.

De esta manera, un plan Nacional de Telecomunicaciones se puede descomponer en planes Nacionales Fundamentales integrados entre sí.

Estos Planes básicos son:

- 1.- Plan Nacional de enrutamiento y Conmutación (*).
- 2.- Plan Nacional de Transmisión (*).
- 3.- Plan Nacional de Señalización (*).
- 4.- Plan Nacional de Numeración (**).
- 5.- Plan Nacional de Tarifas (*).
- 6.- Plan Nacional de Sincronización (***)
- 7.- Plan Nacional de Grados de Servicio (**).
- 8.- Plan Nacional de Servicios de Abonados (**).
- 9.- Plan Nacional de Operación y Mantenimiento (*).
- 10.- Plan Nacional de Entrenamiento (*).

NOTAS: * Planes que deben ser revisados periódicamente (o por algún cambio de tecnología).

 ** Planes que no necesitan ser modificados sino después de períodos largos.

 *** Nuevo plan necesario con nuevas técnicas.

Explicación de lo que es un Plan de Transmisión.-

Cualquier administración de Telecomunicaciones como

IETEL en el caso del Ecuador, debe tratar de asegurar que su sistema telefónico sea lo mejor posible, lo que se traduce en calidad, velocidad y corrección de una comunicación entre dos abonados cualquiera dentro del país. El costo de implementar un sistema está directamente relacionado a la calidad de transmisión del mismo, por lo tanto se debe propender a lograr un equilibrio óptimo entre un sistema de calidad razonablemente aceptable, y una inversión también aceptable. Este óptimo es el que determina los parámetros y normas standard de transmisión a seguir.

Debido a que en el Ecuador hay una tarifa general e igual para todos los abonados, es de suponer que cada uno de ellos tiene derecho a tener una calidad igual también; sin embargo esto es prácticamente imposible, y por eso los parámetros de transmisión deben determinar cuantas llamadas serán calificadas como buenas por los abonados y cuantas llamadas serán calificadas como malas.

El Plan de Transmisión entonces debe tratar de que:

- a) La mayor proporción de llamadas sea considerada como buena.
- b) Aún las llamadas de calidad regular, tengan un cierto standard mínimo.

Cualquier organización o administración de telecomuni

caciones, tiene siempre cierta cantidad de equipos y redes, conformando diferentes circuitos, de diferente calidad entre sus centros de conmutación. El Plan de Enrutamiento establece como se usarán estos circuitos para hacer la conmutación y conexión para los diferentes tipos de llamadas.

Las metas del Plan de Transmisión son las siguientes:

- a) Debe establecer reglas en cuanto a las ganancias o pérdidas de los circuitos especificando valores en puntos de tránsito preferiblemente, y así obtener las mejores condiciones de transmisión, usando los equipos existentes, para cualquier conexión dentro de la Red Nacional.
- b) Debe establecer métodos para controlar que estas reglas sean respetadas.
- c) Debe establecer parámetros para interfaces para llamadas que van o vienen de otras redes administrativas por otros países u organizaciones.
- d) Debe mostrar standards y valores adecuados, mediante los cuales el comportamiento de la red, pueda ser evaluado en cualquier momento. Esto permitirá analizar: 1) si las normas tomadas están de verdad satisfaciendo las necesidades. 2) si es necesario alguna modificación, ampliación o implementación y cómo puede hacerse esto de la manera más económica posible, por ejemplo, podría ser necesario mejorar es sí una red, o hacer cambios en el Plan de Enru-

tamiento, o en el mismo Plan de Transmisión.

Debe tomarse en cuenta que un Plan de transmisión no es una cosa estática, fijada para siempre, necesariamente debe ser revisado periódicamente o cuando haya cambios de demanda de tráfico o cuando se incorporen nuevos equipos o tecnologías por ejemplo.

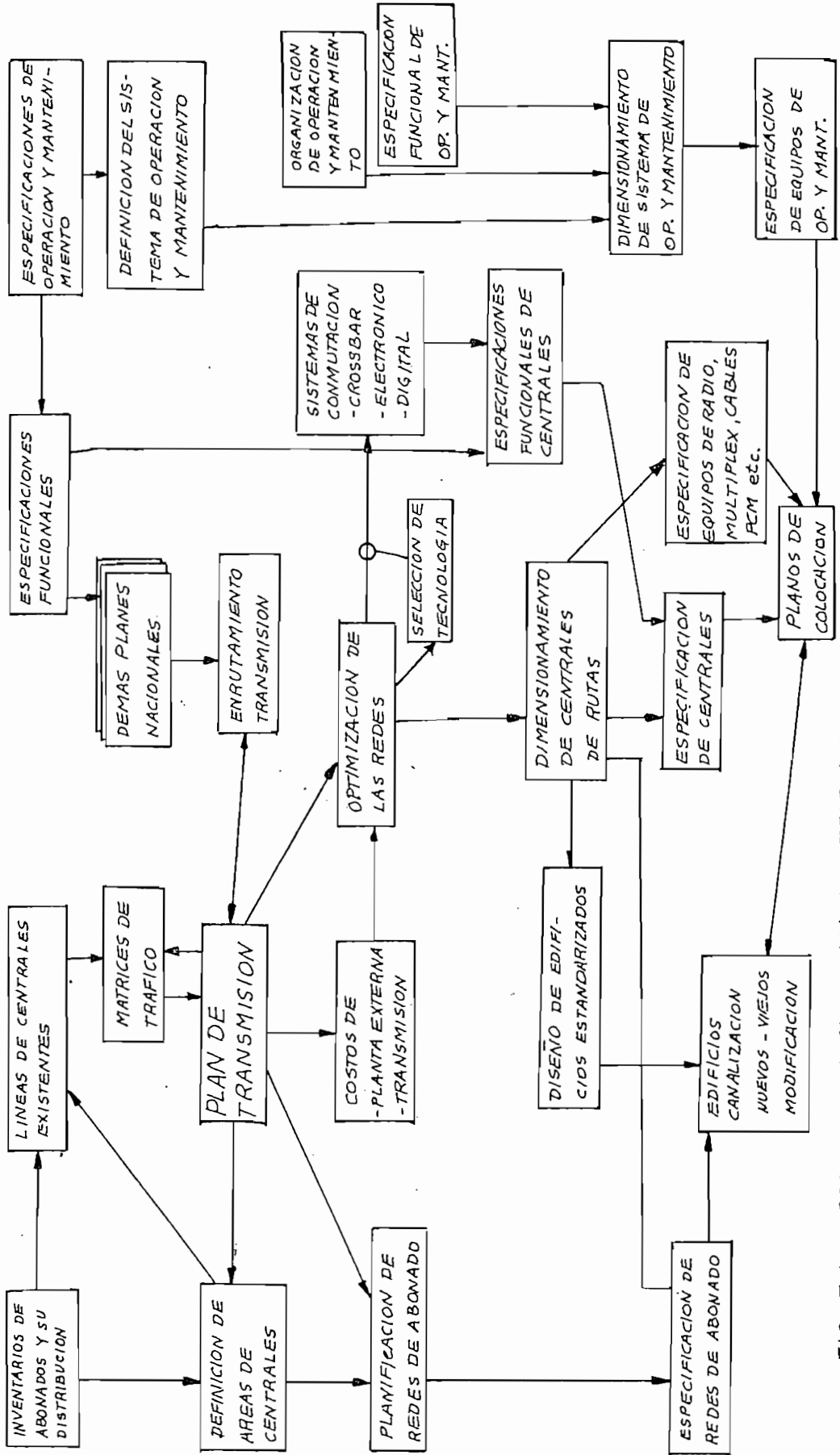


FIG. II.1 PROCESO DE PLANIFICACION TELEFONICA

II.1 DEFINICIONES

II.1.1 UNIDADES

a) Relaciones de Potencia y Voltaje

Ya que los sistemas de transmisión son en su mayoría una cadena de cuadripolos puestos en serie, es necesario revisar las relaciones más generalmente usadas.

Se puede partir del circuito simple de la Fig. II.2

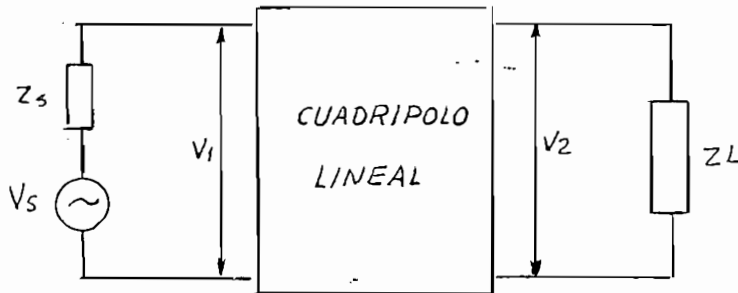


Figura # II.2

Un generador caracterizado por su voltaje V_s y su impedancia característica Z_s , y la carga representada por la impedancia Z_L .

Tomando en cuenta que es un cuadripolo lineal (es decir que las relaciones entre la señal de salida y la señal de entrada, están representadas por ecuaciones diferenciales lineales)

En un circuito lineal, las señales pueden ser repre-

sentadas, según las series de Fourier como una suma de términos de la forma:

$$V_k = E_k \cos(\omega t + \varphi_k) \quad \text{Ec. 1}$$

o también:
$$V_k = E_k \cdot e^{j(\omega t + \varphi_k)} \quad \text{Ec. 2}$$

Para el circuito de la figura # II.2

$$V_s = E_s e^{j\omega t} \quad \text{Ec. 3}$$

La relación
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{E_1 e^{j(\omega t + \phi_1)}}{E_2 e^{j(\omega t + \phi_2)}} \quad \text{Ec. 4}$$

En telefonía, generalmente hay muchas relaciones, y es conveniente usar expresiones logarítmicas.

El logaritmo Natural de la ecuación 4 es un número complejo:

$$\theta = \alpha + j\beta = \ln \frac{E_1}{E_2} + j(\phi_1 - \phi_2) \quad \text{Ec. 5}$$

Identificando partes reales e imaginarias:

$$\alpha = \ln \frac{E_1}{E_2} \quad \gamma \quad \beta = (\phi_1 - \phi_2) \quad \text{Ec. 6}$$

α se expresa en Nepers y β en radianes.

Decibel

Si dos potencias P_1 y P_2 se expresan en las mismas unidades, entonces su relación es una cantidad sin dimensión. Por definición:

$$D = 10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \text{ dB} \quad \text{Ec. 7}$$

D es una medida de la diferencia en dB entre P_1 y P_2 .

1 dB corresponde aproximadamente a la mínima variación de sonido que el oído humano puede percibir.

Relación entre dB y Neper

$$1 \text{ neper} = 2 \log e(\text{Bel}) = 20 \log e(\text{decibel}) = 8,686\text{dB}$$

$$1 \text{ Bel} = 0,5 \ln 10(\text{neper}) \approx 1,151 \text{ Neper}$$

$$1 \text{ dB} \approx 0,1151 \text{ Neper}$$

Para convertir una relación de potencias, se emplea normalmente monogramas y tablas, tales como el de la figura # II.3 y II.4

Cuando un voltaje $V_K = E_K \cos(\omega t + \phi_K)$, se aplica a una impedancia $Z_K = R_K + jX_K$, la potencia disipada por esta impedancia es:

$$P_K = \frac{E_K^2}{2 R_K (1 + X_K^2/R_K^2)} = \frac{1}{2} R_K I_K^2 \quad \text{Ec. 8}$$

donde

$$I_K = \frac{E_K}{|Z_K|}$$

Reemplazando en Ec. 7 da:

$$D = 20 \log \left(\frac{E_1}{E_2} \right) - 10 \log \left(\frac{R_1}{R_2} \right) - 10 \log \left(\frac{1 + X_1^2/R_1^2}{1 + X_2^2/R_2^2} \right) \quad \text{Ec. 9}$$

$$D = 20 \log \left(\frac{E_1}{E_2} \right) + 10 \log \left(\frac{R_1}{R_2} \right) \quad \text{Ec. 10}$$

Haciendo

$$D_E = 20 \log \left(\frac{E_1}{E_2} \right) \quad \text{Ec. 11}$$

$$D_R = 10 \log \left(\frac{R_1}{R_2} \right) \quad \text{Ec. 12}$$

$$D_X = 10 \log \left(\frac{1 + X_1^2/R_1^2}{1 + X_2^2/R_2^2} \right) \quad \text{Ec. 13}$$

Pérdida, defasaje y ganancia

Pérdida de inserción y corrimiento de fase:

Refiriéndonos otra vez a la figura #II.2, supongamos - que para un valor particular de voltaje V_s , se obtiene una potencia P_2 disipada en la impedancia Z_L . Supongamos luego que el cuadripolo es una línea sin pérdidas - de modo que la fuente queda directamente conectada a la carga es P_o , la diferencia en dB entre P_o y P_2 se llama PERDIDA DE INSERCIÓN y es:

$$\text{Pérdida de Inserción} = 10 \log \left(\frac{P_o}{P_2} \right) \quad \text{Ec. 14}$$

$$\text{Si } V_o = E_o e^{j(\omega t + \phi_1)} \quad \gamma \quad \alpha = \ln \frac{E_1}{E_2} \quad \gamma \quad \beta = \phi_1 - \phi_2 \quad \text{Ec. 15}$$

$$V_2 = E_2 e^{j(\omega t + \phi_2)} \quad \text{Ec. 16}$$

$$\Rightarrow \text{Pérdida de inserción} = 20 \log \frac{E_o}{E_2} \text{ dB} \quad \text{Ec. 17}$$

$$\text{Fase de inserción} = 57.3 (\phi_1 - \phi_2) \text{ grados} \quad \text{Ec. 18}$$

Si $E_2 > E_o$ entonces se habla de Ganancia de inserción,

$$\text{Ganancia de Inserción} = 20 \log \frac{E_2}{E_o} \quad \text{Ec. 19}$$

Nivel de Potencia

Una potencia P puede expresarse en relación a una potencia de referencia. En la técnica de transmisión se ha elegido una potencia de referencia de 1 mw.

Esta relación expresada en dB se llama:

"Nivel de Potencia" L_p

$$L_p = 10 \log \frac{P}{1mW} \quad dBm \quad \text{Ec.20}$$

Para esta unidad se emplea la abreviación dBm.

Esta relación puede verse gráficamente en la figura #π.5

dBw, dBK, dBRAP

Se usan a veces otras potencias de referencia

Para dBw Pref. es 1W

Para dBK Pref. es 1KW

Para dBRAP Pref. es 10^{-16} W (RAP = Reference
Acoustic
Power)

X dBW = (X + 30) dBm Ec.21

X dBK = (X + 60) dBm Ec.22

X dBRAP = (X - 130)dBm Ec.23

Nivel de Tensión

El nivel de potencia se determina principalmente midiendo "indirectamente". En el punto en cuestión se "termina" con una resistencia, la tensión que aparece en los bornes de la resistencia se observa en un "nivel de tensión". El valor de la resistencia deberá coincidir con la "impedancia nominal" en el punto de medición. ,

El valor más común es de 600 Ω .

En el caso que nos interesa, el nivel de tensión se de-

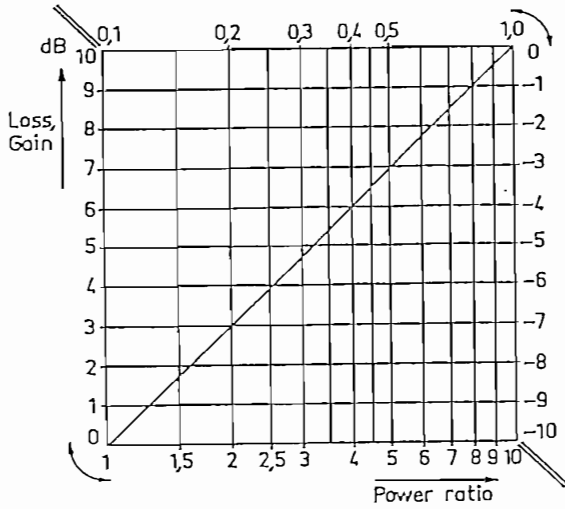


FIG. II.3

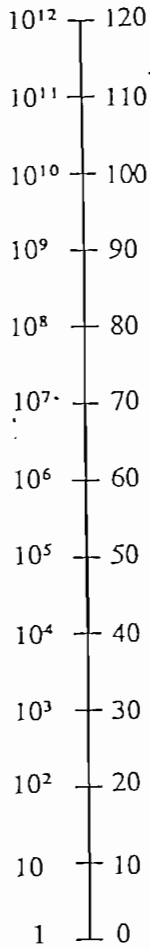


FIG. II.4

Power P Level of power
dBm

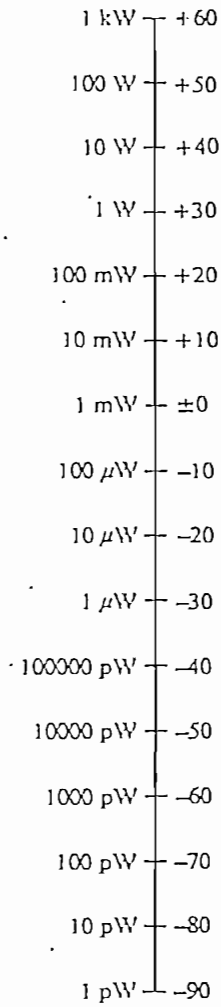


FIG. II.5

fine con 600Ω y es igual al nivel de Potencia, eligiendo como valor de referencia del nivel de tensión justamente la tensión que aparece en la resistencia de 600Ω a la que se le aplica 1 mw .

$$\text{Nivel de Tensión} \quad L_u = 20 \log \frac{U}{775 \text{ mV}} \quad \text{dBu} \quad \text{Ec. 24}$$

Si la impedancia no es 600Ω , hay que aumentar un factor de corrección K

$$\text{Nivel de Pot.} = L_u + K \quad \text{Ec. 25}$$

$$K = 10 \log \frac{600 \Omega}{Z} \quad \text{dB}$$

En la siguiente tabla se recopilan valores de K para algunos valores típicos de impedancia;

$Z =$	600	300	150	75	60
$K \text{ dB} =$	0	3	6	9	10

Ejemplo: sobre 150Ω se mide un nivel de tensión -35 dBm

El nivel de Potencia es

$$-35 \text{ dBu} + 6 \text{ dB} = -29 \text{ dBm} \quad \text{Ec. 26}$$

Nivel relativo, dPr

Por "nivel relativo" se entiende al nivel en relación a un punto de referencia y se emplea como nivel de transmisión en un circuito.

Cuando se empezaba a trabajar con las primeras líneas -

amplificadas, surgió la necesidad de comprobarlas constantemente para lo cual había puntos de medición en forma de jacks. En el sentido de salida cada jack era el punto de referencia del "nivel relativo" ya que este se expresa en dBr, estos puntos se llamaron puntos OdBr.

La medición se hacía con un tono de prueba (800 Hz). Actualmente el tono de prueba que se usa es de 1 mw = 0dBm valor que satisface necesidades de acuerdo a la voz humana.

Es una coincidencia entonces que $1mW = 0dBr = 0dBm$

Si la voz humana fuera 10 dB más potente, seguramente se hubiera elegido un tono de prueba de +10 dBm en el punto OdBr.

A medida que el desarrollo fue progresando, el dBr se modificó de la siguiente manera:

a) El jack OdBr ya no existe normalmente, por lo que se necesita un nuevo punto de referencia, además los antiguos amplificadores han sido substituídos por canales de portadoras. Se ha encontrado que los puntos de nivel de un sistema de un canal de portadoras constituye un nuevo punto de referencia adecuado; pero no coincide que estos puntos tengan un nivel OdBr, por eso cada fabricante establece un valor dBr en el sentido de trans-

misión y otro en el sentido de recepción (Por ejemplo: para emisión -14dB y para recepción $+8\text{dB}$, lo cual significa que el punto de referencia "FICTICIO" tiene un nivel de emisión, 14 dB superior que el punto "REAL" de referencia; y un nivel 8dB menor.

b) En relación con los esquemas modernos de transmisión, con una atenuación de tránsito de por ejemplo $0,5\text{dB}$ por sección de enlace; esta atenuación de tránsito se introduce en forma de diferencia de nivel en ambos lados de los puntos de conexión. En este caso cada sección de enlace está relacionada a sus puntos de referencia propios de modo que algún punto de referencia en el comienzo de la comunicación, es innecesario y no tiene significado.

c) Para un canal de portadora, un nivel de tono de prueba de 0dBm en un punto de 0dB es muy adecuado. Si se inyecta este tono de prueba en por ejemplo 50 canales de un sistema de 120 canales, el sistema resultaría tan sobrecargado que los 70 canales restantes se bloquearían. Por eso el CCITT ha recomendado el uso de tonos de -10dBm , desde Enero de 1.975.

dBm_0 ; dBm_p

En un sistema, a más de la información propiamente dicha, se transmiten algunas señales útiles, en otras bandas de frecuencia, como por ejemplo: señales, pilotos y

además otras indeseables como, ruidos, diafonías, interferencias, etc.

Para poder indicar el nivel de estos fenómenos, en relación al nivel relativo de la información, se ha definido el dBm0. Si se dice que un piloto tiene un nivel de -20 dBm0, significa que tiene un nivel de potencia de -20 dBm en un punto 0dBr.

"En un punto con nivel relativo ZdBr en el que un fenómeno tiene un nivel absoluto de potencia YdBm, puede afirmarse

$$X \text{ dBm0} = Y \text{ dBm} - Z \text{ dBr} \quad \text{Ec. 27}$$

Cuando se trata de perturbaciones tales como ruido, diafonía ininteligible o similares, se acostumbra a medir los con un "SOFOMETRO", el mismo que tiene en cuenta la dependencia de la frecuencia y reacciones del auricular y del oído humano. Si se ha usado este aparato se escribe dBmOp simplemente.

Ejemplo: En un punto de + 8 dBr, un sofómetro indica un nivel de perturbación de -44 dBm esto es:

$$-44 \text{ dBm} - 8 \text{ dBr} = -52 \text{ dBmOp}$$

II.1.2 RED TELEFONICA

La finalidad de la red telefónica es conectar a un abonado con otro:

- En el momento en el que el abonado que llama lo decida.
- Mediante simples instrucciones.
- A la velocidad más rápida posible.
- Con alta probabilidad de éxito.
- Con un alto grado de calidad.
- A un bajo costo para el abonado y para la administración Telefónica.

El diseño de la red telefónica es principalmente cuestión de encontrar la óptima solución a los tres siguientes aspectos:

- Nudos de conmutación.
- Transmisión entre estos nudos.
- Las reglas necesarias para el desempeño de la red.

Para empezar a afrontar estos problemas se puede decir que la red telefónica de un país se divide en tres partes:

- La Red Local que conecta y distribuye el tráfico telefónico.
- La Red Nacional de larga distancia que conecta las diferentes Redes Locales.

- La red Internacional que conecta las diferentes redes Nacionales.

Se establece así una cierta jerarquía:

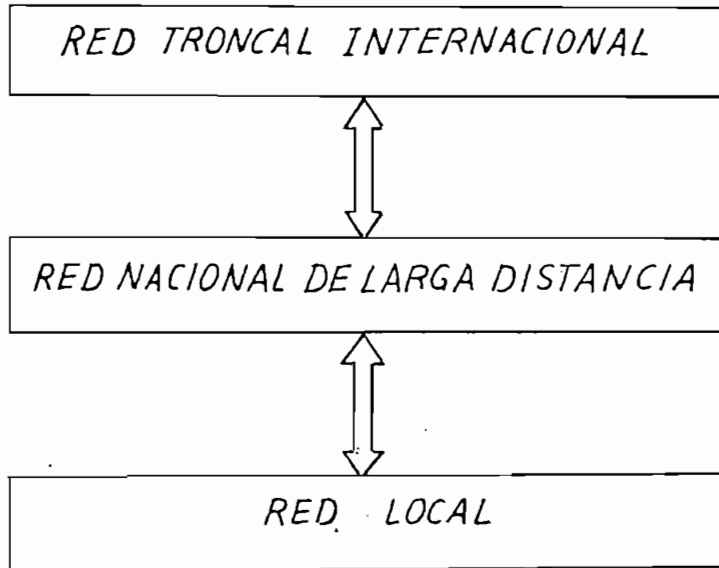


Fig. # II.6 La Red Telefónica

Si observamos cada una un poco más detenidamente tendremos los siguientes esquemas:

- Para la red Internacional (*).
- Para la red Nacional de Larga Distancia (*).
- Para la red Local (*).

(*) Ver páginas siguientes.

a) Para la Red Internacional.

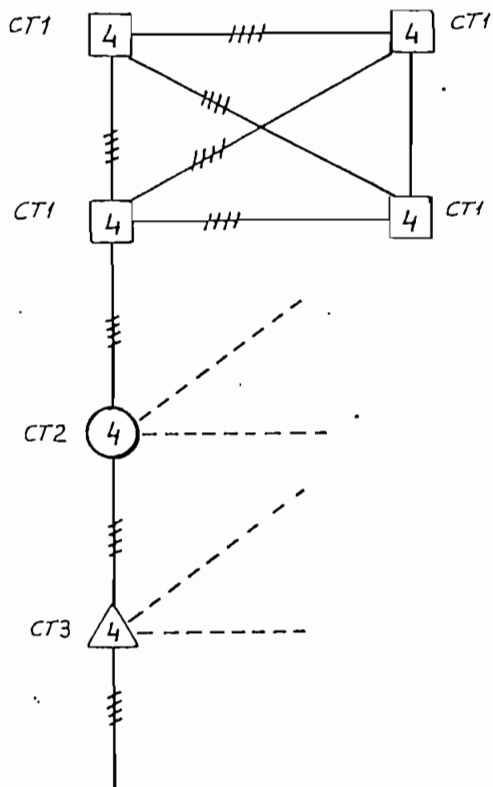


Fig. #II.7 La Red Internacional de
Larga Distancia

- ||— Línea a cuatro hilos.
- CT1 Centro de Tránsito Internacional 1.
- CT2 Centro de Tránsito Internacional 2.
- △ CT3 Centro de Tránsito Internacional 3.
- 4 Conmutación a 4 hilos.

b) Para la Red Nacional de Larga Distancia.

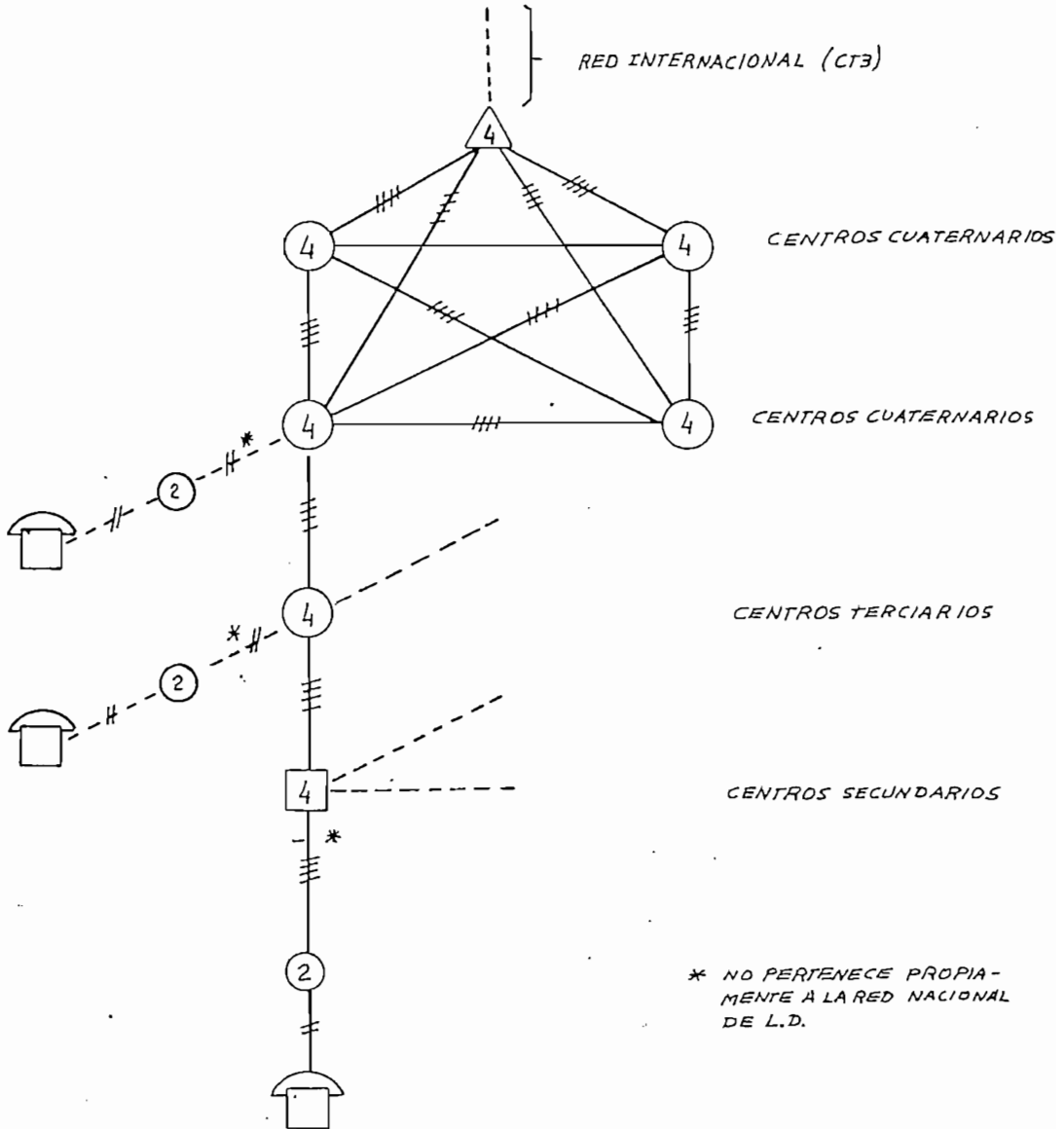


Fig. # II.8 Red Nacional de Larga Distancia

- ###— Línea a 4 hilos.
- ##— Línea a 2 hilos.
- 4 Conmutación a 4 hilos.
- 2 Conmutación a 2 hilos.

c) Para la Red Local.

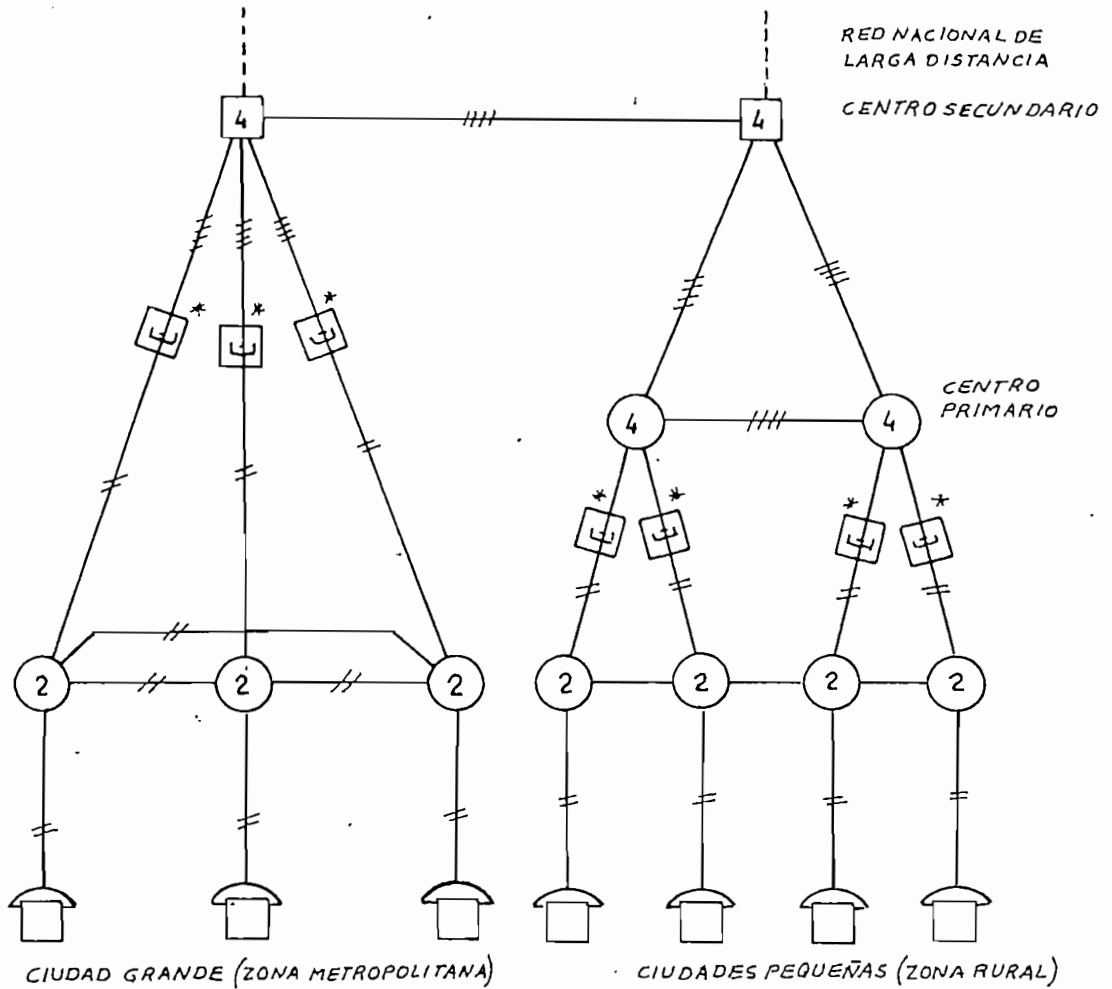


Fig. #1.9 La Red Local

4 Conmutación en 4 hilos.

2 Conmutación en 2 hilos.

/// Línea de 4 hilos.

// Línea de 2 hilos.

[E] Bobina híbrida para paso de 2 a 4 hilos y viceversa.

* El cambio de 2 a 4 hilos se hace normalmente en un centro primario o en uno secundario.

Como se ve en la Figura #11.9; la red Local puede ser dividida en tres diferentes estructuras:

- Para áreas Metropolitanas.
- Para ciudades con una sola central local.
- Para áreas rurales.

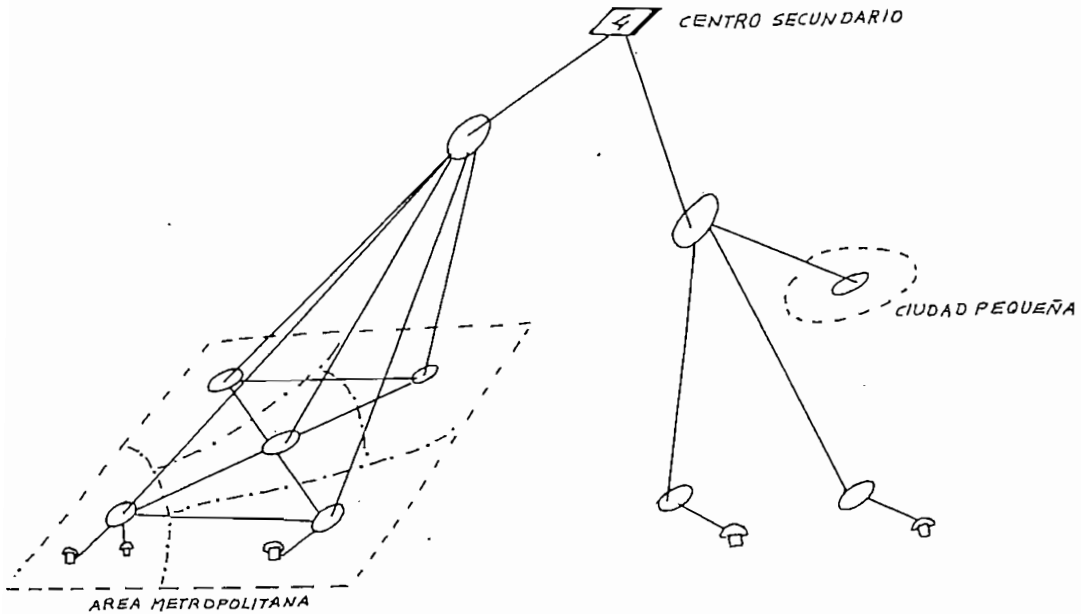


Fig. # 11.10 Redes Locales

La figura # 11.10 es un ejemplo ilustrativo.

Explicaciones y definiciones relacionados a los diagramas anteriores.-

1.- CT1, CT2, CT3:

En 1.960, el CCITT, designó un grupo de estudio especial para conciderar los pasos necesarios para establecer una red mundial totalmente automática. Un prá

mer resultado de este estudio fue el desarrollo de un nuevo plan internacional de enrutamiento que fue publicado en 1.963. Está basado en una estructura jerárquica bien establecida. Los principales puntos de este plan son los siguientes:

- a) Se designaron 3 clases de centros internacionales de conmutación denominados como CT1, CT2 y CT3 normalmente una central CT3 conecta los circuitos internacionales a la red Nacional. En principio, las centrales CT1 y CT2 conectan entre sí únicamente - circuitos internacionales entre sí, aunque no hay diferencia esencial y física entre una central CT1 y otra CT2; las centrales CT1 estarán totalmente - conectadas entre sí, pero las CT2 no.
- b) Cada CT3 estará conectada a una CT2 por lo menos. Igualmente cada CT2 se conectará al menos a un CT1. Cuando las centrales CT1 están totalmente interconectadas entre sí, debe establecerse las conexiones de modo que la comunicación entre dos centrales CT3 sea a través de no más de 5 circuitos.

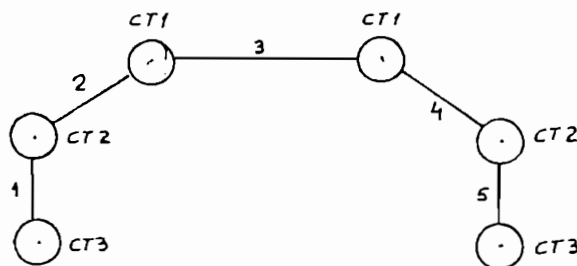


Fig. # II:41

c) Las centrales pueden ser interconectadas por otras rutas suplementarias, por ejemplo dos centrales CT3 pueden tener rutas directas sin pasar por una CT2; igualmente la conexión entre 2 CT2 puede no pasar a través de un CT3.

2.- Clases de Centrales y Circuitos.-

Central Local: Central a la que se conectan los abonados.

Central Tandem: Central usada para conectar varias centrales locales en una zona de varias centrales.

Centros Primarios: Centros a los cuales están conectadas las centrales locales, y a través de los cuales se establecen las comunicaciones de larga distancia.

Centros Secundarios: Centros a los que se conectan los centros primarios para establecer comunicaciones de larga distancia.

Centros Terciarios	Si son necesarios (según el
Centros Cuaternarios	tamaño del país), pueden ser
Centros Quinarios	definidos de manera similar a
	los centros secundarios.

Todas estas denominaciones son relativas a su posición en la jerarquía establecida, ya que en muchos casos -

prácticos una central local puede estar conectada a un centro secundario. En este caso y para esta central local se dice que está conectada a un centro primario.

Igualmente un centro CT2 puede ser visto como CT1 ya que la jerarquía se considera diferente de llamada a llamada mirando desde el punto de vista de transmisión.

Línea a 2 hilos: Línea de transmisión telefónica en donde los dos hilos (par) se usan tanto para la transmisión como para la recepción de la conversación y la transmisión de señales.

Línea a 4 hilos: Línea de transmisión telefónica en donde se usan 2 hilos (1 par) para la transmisión y otros 2 hilos (1 par) para la recepción de la conversación.

Los diferentes circuitos telefónicos se definen como sigue:

Sistema telefónico Local: se define así al circuito compuesto por el aparato telefónico, la línea de abonado y el puente de alimentación asociado.

Circuito de Enlace Directo:

Circuitos directos entre dos centrales locales.

Circuito de Enlace Local-Tandem:

Circuitos entre una central local y una Tandem.

Circuito de Enlace Inter-Tandem:

Circuito entre dos centrales Tandem.

Circuito Local:

Circuitos entre Centrales locales y un equipo primario los cuales pueden ser parte de una red de larga distancia (o incluso internacional).

Circuito Interurbano:

Circuitos que interconectan los centros primarios, secundarios, terciarios, etc.

Las diferentes áreas en que un país se puede dividir, en cuanto a la telefonía se refiere son:

Area de Central Local: Se define como una central local junto con las líneas de abonado y teléfonos e instrumentos asociados a esta central.

Zona de Varias Centrales (Zona Metropolitana). Es un grupo de centrales locales

y sus áreas de central local correspondientes, servidas por una o más centrales Tandem.

Zona Primaria: Un grupo de centrales locales y sus áreas de central local correspondiente, servidas por un centro primario junto a los circuitos locales.

Zonas Secundaria Terciaria, etc. Se pueden definir de una manera similar a la zona primaria.

Nota: Todas estas denominaciones han sido tomadas del CCITT.

Es evidente que la meta a seguir es conseguir un equilibrio entre la necesidad que tienen los usuarios de comunicarse, y el equipo necesario para cubrir esta necesidad.

La necesidad de los abonados de comunicarse se traduce en lo que se llama Tráfico Telefónico, y en este caso el equipo telefónico corresponde a la red telefónica que es de lo que estamos tratando en esta parte.

A continuación trataré brevemente sobre tráfico telefónico.

Ya que el tráfico presenta variaciones en el tiempo, (durante el día y la noche por ejemplo), es engañoso usar un promedio de conversaciones para definir y medir el tráfico telefónico; por esto se ha llegado al acuerdo de que para los cálculos de cálculo se emplee el tráfico promedio durante lo que se llama hora pico.

La hora pico se define como los sesenta (60) minutos consecutivos durante el día, en que el tráfico sea mayor.

El tráfico telefónico se define como el valor medio - de la cantidad de conversaciones telefónicas simultáneas y se mide en Erlangs.

El tráfico telefónico (A) se calcula según su fórmula

$$A = Y \cdot S \quad \text{Ec.28}$$

donde Y = a la cantidad de llamadas por espacio de - tiempo; y

S = tiempo medio de ocupación de una conversa - ción.

Y y S se indicarán en la misma unidad de tiempo

Supongamos que Y = 3600 llamadas/hora y que S = 2 minutos.

El tráfico A sera: $A = 3600 \times \frac{2}{60} = 120$ erlangs

Si un abonado hace una llamada de 2 minutos en una hora, y recibe una que dura tres minutos; en su línea de abonado se transmite un tráfico inicial de $2/60 = 0,033$ erlangs, y un tráfico terminal de $3/60 = 0,05$ erl., o sea un total de 0,083 erl.

Influencia del tráfico Telefónico en la Red.-

En general se puede decir que las estructuras de las redes presentadas anteriormente se deben a razones de tráfico Telefónico. Así tenemos:

La Red Local con sus centrales y las líneas de abonados correspondientes; tiene la función de conectar y/o distribuir el tráfico desde/hacia los abonados entre ellas; y desde los abonados hacia el resto de la red nacional y viceversa.

El dimensionamiento de la red (diferentes circuitos de enlace, interurbanas, etc y la existencia de rutas directas o tandem) depende en gran medida del Tráfico telefónico que es necesario soportar durante la hora pico; y en gran parte también de factores económicos. Es necesario aquí también llegar a un balance.

Estructura de la Red.-

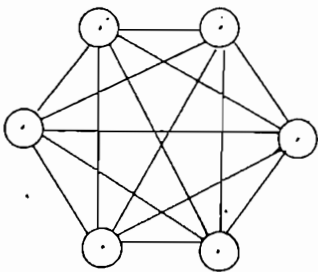
En general existen dos formas de estructurar una red

de líneas de enlace (por ejemplo):

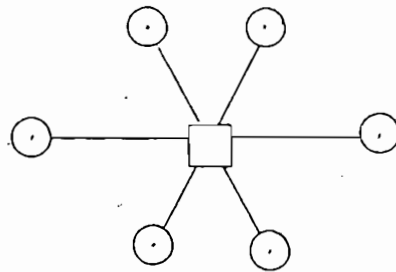
Cuando cada central local tiene líneas directas hacia las demás centrales, se dice que es una red en polígono.

Cuando se introduce un punto de conexión central (una central tandem), se forma lo que se llama una red en estrella.

La elección de una de estas dos estructuras depende - del tráfico telefónico y del costo de los enlaces (lo cual a su vez depende de la localización de las cen - trales).



RED DE 6 CENTRALES EN
POLIGONO



RED DE 6 CENTRALES EN ESTRELLA

Fig. # II.12

En el primer caso, Red en polígono, en donde cada cen - tral tiene una ruta directa hacia las demás centrales se consigue una buena distribución del tráfico y ya - que este es bajo en cada enlace no se necesitan mu - chos circuitos en cada ruta.

En el segundo caso, Red en Estrella, en donde cada central tiene una sola ruta a un centro de tránsito; se obtiene un alto tráfico en cada enlace, y se necesitan muchos circuitos en cada ruta.

La red en polígono es adecuada si por ejemplo:

- El tráfico es mediano y la distancia corta.
- El tráfico es alto y la distancia larga.
- Si se desea una gran seguridad ya que se pueden tener vías de tráfico alternativas.

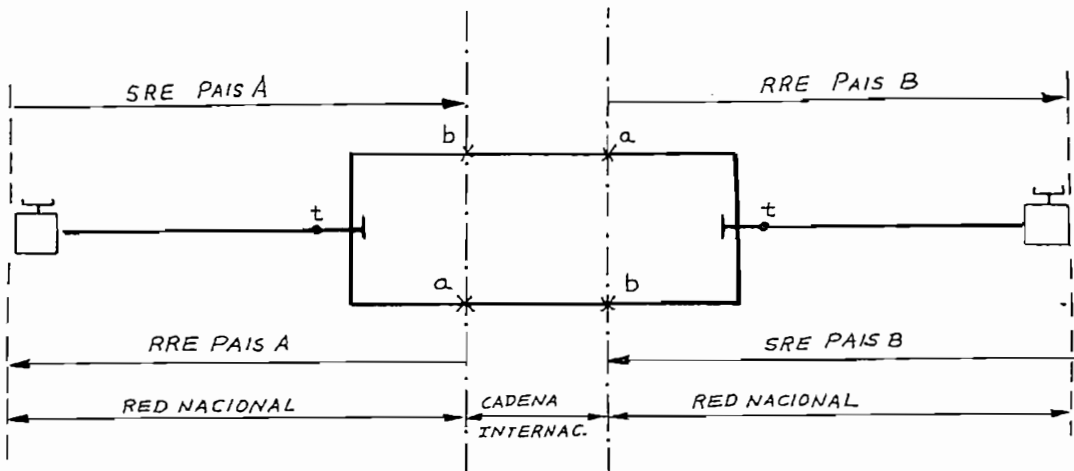
Una red en estrella es adecuada si por ejemplo:

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

II.1.3 PUNTOS VIRTUALES DE CONMUTACION

Para que el CCITT pueda formular sus recomendaciones y que estas puedan ser aplicadas en cualquier red arbitraria nacional, tiene que estar bien definido el límite entre la parte nacional y la internacional. Si se usan los puntos físicos reales como frontera, puede resultar que el nivel relativo de una central sea diferente en otra. Por esto se ha introducido el concepto de "Puntos virtuales de conmutación" que es un punto abstracto con ciertos niveles concretos referidos hacia el circuito internacional: $-3,5$ dBr para la dirección saliente de conversación y $-4,0$ dBr para la dirección entrante de conversación.

De acuerdo con la nomenclatura del CCITT, estos puntos virtuales tienen el símbolo (a) para la conversación en trante y el símbolo (b) para la conversación saliente. Figura #II,13.



II.2 RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

II.2.1 RESPONSABILIDADES INTERNACIONALES

La organización internacional que interviene en asuntos de planificación telefónica, es el CCITT, quien ha coordinado los acuerdos internacionales y ha regido tradicionalmente en asuntos que tienen que ver con una calidad mínima de las comunicaciones internacionales, de modo que cualquier red nacional debe ser planeada tomando en cuenta estas recomendaciones .

Para los sistemas Nacionales el CCITT menciona únicamente requerimientos generales mínimos, permitiendo a las diferentes administraciones total libertad para la planificación nacional, siempre que cumpla con las exigencias de la parte internacional dividiéndose así responsabilidades para una y otra parte de la red y definir un límite.

Ultimamente el CCITT ha ido más adelante y para la parte Nacional de la red a más de las recomendaciones generales da ejemplos y consejos de como se puede hacer la planificación aunque no da soluciones particulares.

En esta parte de mi tesis discutiré los puntos sobresalientes de estas recomendaciones

Como he dicho el CCITT trata de conseguir que cualquier

conexión internacional tenga una calidad mínima aceptable.

Los factores que influyen para que un abonado tenga esta calidad mínima aceptable son:

- a) Volumen; el nivel de la conversación que llega a la persona que escucha debe ser razonable, es decir ni muy alto ni muy bajo (el volumen alto ha creado problemas últimamente).
- b) Fidelidad; la reproducción de la conversación debe ser lo suficientemente fiel como para que sea inteligible y también quien escucha debe reconocer la voz de quien habla. Todo esto implica ciertos límites de distorsión armónica, respuesta de frecuencia, retardo de fase, retardo de grupo, etc.
- c) El Ruido e interferencia en la red no debe ser exesivo lo que significa que los niveles de conversación no deben sobrecargar los equipos de la cadena de circuitos telefónicos.
- d) La privacidad de la comunicación debe ser garantizada, (la diafonía excesiva es inaceptable por ejemplo)
- e) El Ruido de Fondo no debe ser muy alto, pero debe existir de modo que no parezca que la comunicación está muerta.
- f) Estabilidad; en la cadena de 4 hilos, debido a las amplificaciones hay riesgo de oscilaciones; de modo que los niveles de ganancia no solo deben estar debajo del límite de estabilidad, sino que es necesario

dejar un margen.

g) El eco debe tener condiciones aceptables.

El CCITT ha establecido metas razonables con relación a cada uno de estos parámetros, y un plan de Transmisión debe ocuparse de todos ellos.

II.2.2 RECOMENDACIONES

II.2.2.1 RECOMENDACIONES PARA CIRCUITOS INTERNACIONALES

Atenuación Nacional de transmisión (Recomendación -
G.141-A, M.58)

Normalmente a un circuito internacional se le asigna una atenuación nominal de transmisión de 0,5 dB a 800 Hz de modo que en los extremos virtuales de conmutación se tienen los siguientes niveles relativos: -4 dBr en el sentido de recepción y -3,5 dBr en el sentido de transmisión.

Si una administración en el extremo real usa XdBr, se puede asignar al circuito una atenuación nominal de 0,5 dB de modo que el lado de recepción presenta un nivel relativo de $(X - 0,5)$ dBr.

Límites para Centrales Telefónicas (Recomendación Q.45)

En lo referente a las centrales internacionales, el valor nominal de la atenuación neta de conmutación es cero y la desviación estándar no debe exceder de 0,2 dB. No se ha recomendado nada sobre las centrales nacionales en 4 hilos aunque es conveniente que sean iguales a las internacionales.

Valores medios, ponderados en función del tráfico, de la distribución de los equivalentes de referencia globales (Recomendación G.111.C.b)

Pruebas subjetivas de opinión de abonados con relación al ORE (Equivalente de referencia global) han permitido determinar el valor óptimo para el ORE, ver la figura # II.14.

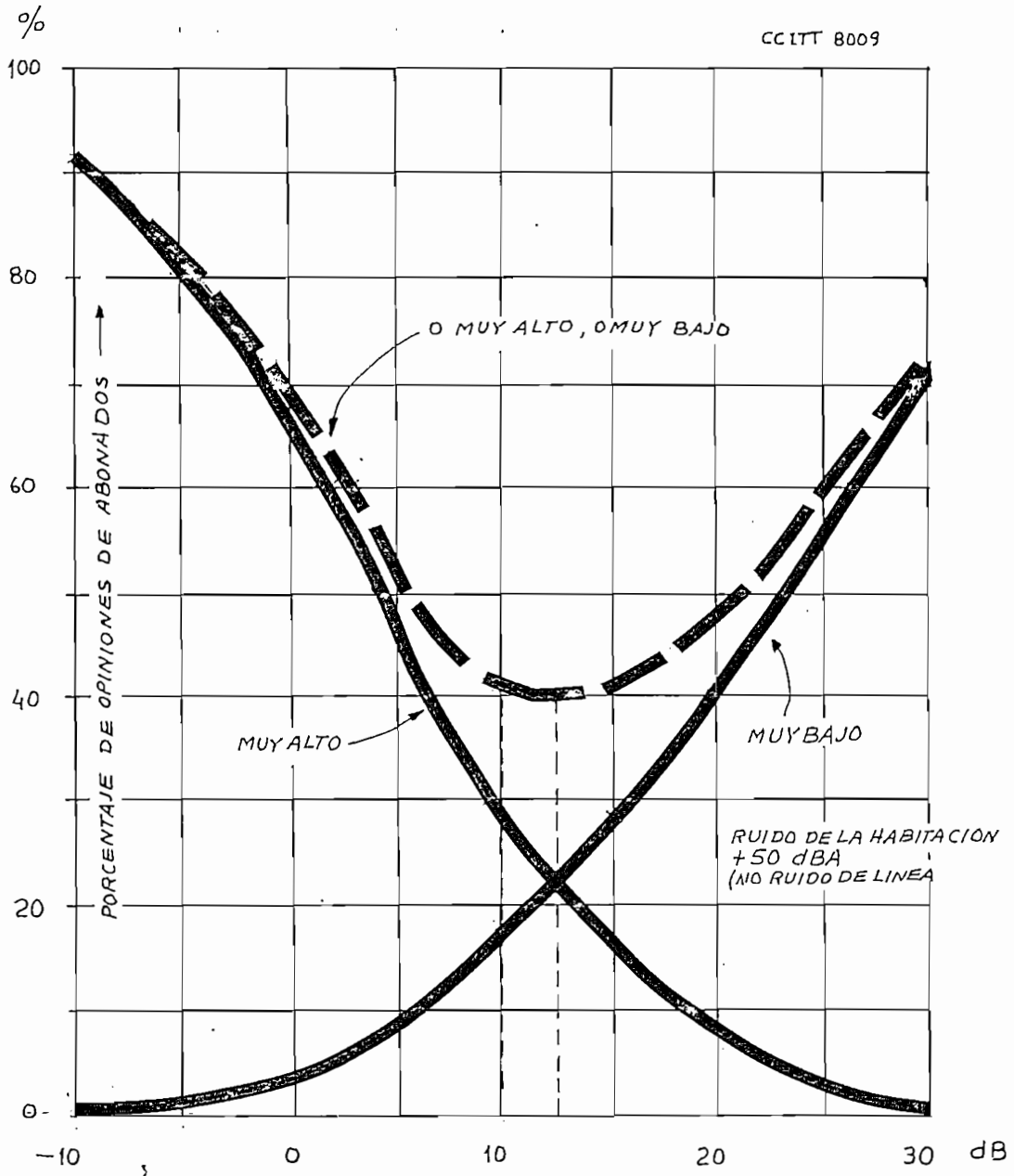


Figura # II.14 Valor óptimo para ORE

A más de los valores indicados en la figura # II.14, se debe tomar en cuenta cierta pérdida de transmisión para el control del eco y estabilidad, por lo tanto el CCITT ha convenido provisionalmente en que el objetivo a largo plazo para el valor medio, ponderado en función del tráfico, de la distribución de los valores de planificación del equivalente de referencia para comunicaciones internacionales debe estar comprendido entre la gama de 13 a 18 dB.

El CCITT toma en cuenta que en algunas redes existentes estos valores son difíciles de alcanzar, a fijado como objetivo a corto plazo, los valores entre 13 y 23 dB.

II.2.2.2. RECOMENDACIONES PARA SISTEMAS NACIONALES

Valores medios ponderados, en función del tráfico para la distribución de los equivalentes de referencia en la emisión y recepción (Recomendación G.121-A)

Basándose en las evaluaciones subjetivas de la figura # II.14 y considerando que al recomendar valores máximos para los objetivos de transmisión, la probabilidad de que la mayoría de las comunicaciones de un país, resultan de una calidad cercana a los límites, como muestra la curva (a) de la figura II.15; por tal motivo el CCITT en 1976 recomendó que una subdivisión apropiada del objetivo global (ORE) de los equivalentes de referencia conducía a los objetivos a largo plazo indicados

en la figura # II.15, si se cumple que los equivalentes estén dentro de las siguientes gamas:

Equivalente de referencia en la emisión: de 10 a 13 dB

Equivalente de referencia en la recepción: de 2,5

a 4,5 dB

El CCITT además, considera que estos objetivos son difíciles de alcanzar en algunas redes, y provisionalmente ha especificado los siguientes valores a corto plazo:

Equivalente de referencia de Emisión: de 10 a 16 dB

Equivalente de referencia en la recepción: de 2,5

a 6,5 dB

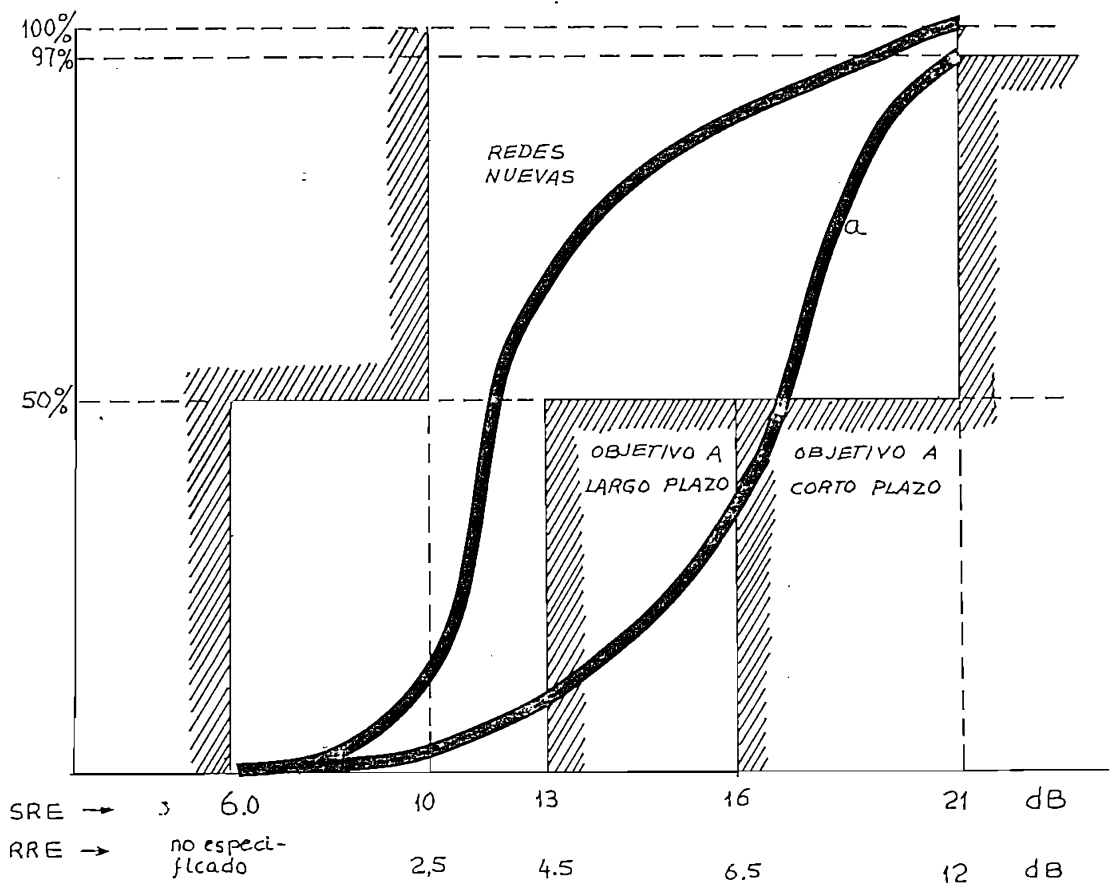


Figura # II.15

Equivalentes de Referencia Máximos de un sistema nacional (Recomendación G. 121 - A).-

Los equivalentes de referencia para la parte nacional de una comunicación internacional han sido especificadas por el CCITT con los siguientes valores:

Máximo 21,0 dB para el equivalente de Referencia de transmisión (SRE)

Máximo 12,0 dB para el equivalente de Referencia de Recepción (RRE)

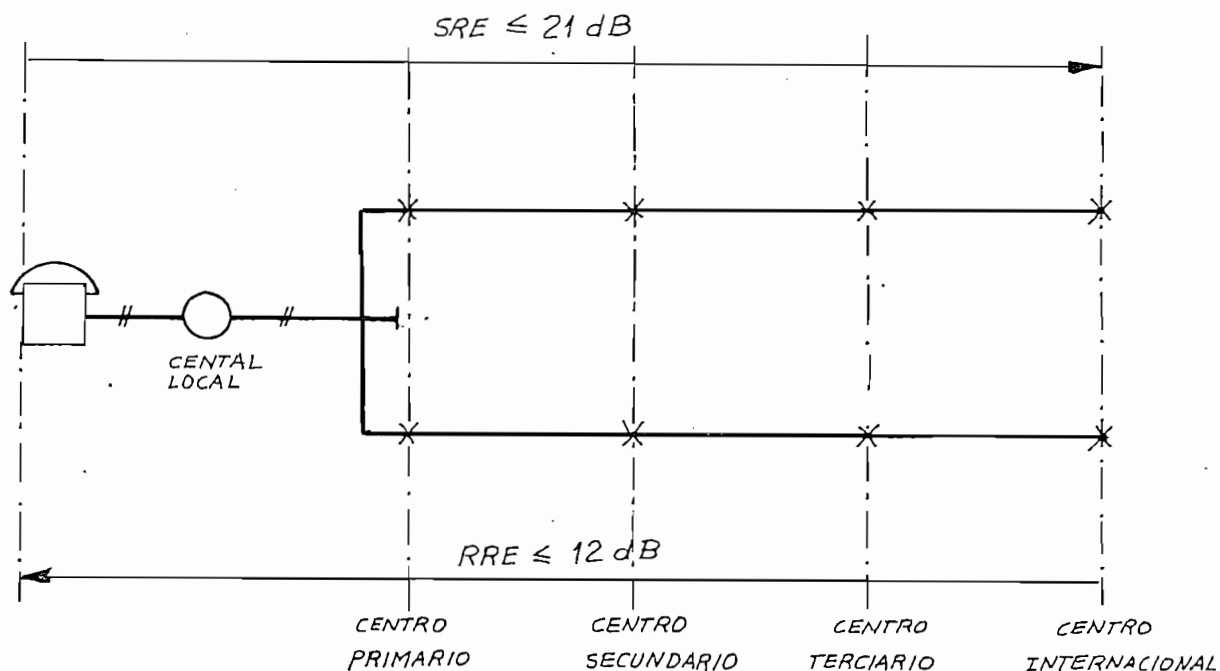


figura # II.16 Requerimientos básicos para la parte Nacional de una conexión Internacional

Diferencia entre los Equivalentes de Referencia de Transmisión y Recepción.-

(Recomendación G.121-Bb2; Suplemento No.7 del tomo V del Libro Verde).

La diferencia entre las máximas recomendaciones para los equivalentes de referencia de transmisión y recepción de los sistemas nacionales es de 9 dB.

Sin embargo no hay ninguna recomendación en que se indique específicamente que en cada comunicación habrá de respetarse esa diferencia o cualquier otra.

Siempre que se trate de telefonía, una diferencia razonable entre uno y otro sentido no tiene mayor importancia. Pero cuando se trata de transmisión de datos, una diferencia excesiva tendrá consecuencias desfavorables.

Equivalentes de Referencia Mínimos en un sistema Nacional.-

(Recomendación G.121-C)

Para evitar el peligro de sobrecargar los circuitos de los canales de transmisión, no se puede admitir un equivalente de referencia demasiado bajo para el equivalente de referencia de transmisión del sistema Nacional.

El CCITT recomienda un valor mínimo de 6 dB.

Para el equivalente de referencia de recepción no se ha estipulado ningún valor, aunque si este es muy bajo, el ruido y la diafonía alcanzan valores importantes.

Equivalentes de Referencia de efecto local (Recomendación G.121-E)

Con las condiciones limitativas de ruido y de equivalente de referencia global, conviene que el equivalente de referencia del efecto local sea al menos igual a 17 dB. Este resultado es difícil de obtener y hay que usar valores más bajos como entre 7 a 10 dB.

Tiempos de Propagación (Recomendación G.114)

Es necesario limitar el tiempo medio en un sentido de transmisión entre dos abonados ya que un tiempo excesivo introduce un intervalo anormal entre pregunta y respuesta.

El CCITT ha recomendado los siguientes límites en un sentido, en las comunicaciones con eco provistas de supresores de eco:

de	0	-	150 ms	Acceptable sin reservas
de	150	-	400 ms	Provisionalmente aceptables
más de			400 ms	Provisionalmente inaceptable (sólo en circunstancias especiales puede permitirse)

Valores para los circuitos de la Red Nacional.-

No hay ningún límite para los circuitos individuales, el CCITT solamente recomienda que para los circuitos nacionales de gran velocidad, el tiempo de propagación desde el centro de tránsito internacional (CT3) y el abonado situado en el lugar más lejano debe estar cerca de $12 + (0,004 \times \text{distancia en Km.})$.

Distorsión de Atenuación.-

Este es un problema al que contribuyen todos los equipos de línea, por lo tanto hay muchas probabilidades de llegar a un valor alto; sin embargo el CCITT ha podido llegar a un acuerdo y recomendar lo siguiente:

a) Para las comunicaciones (Recomendación G.132)

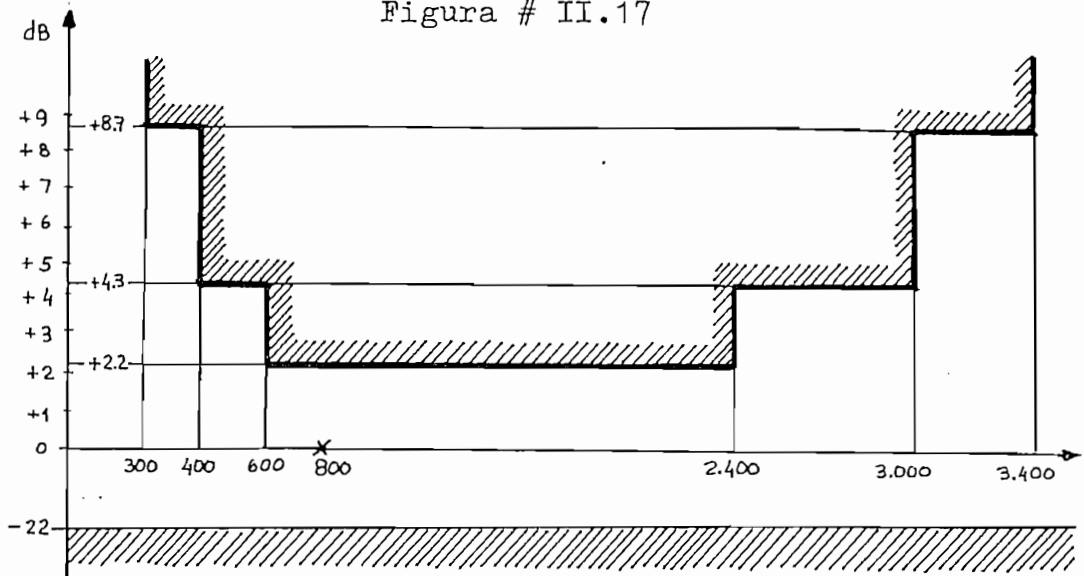
En la figura #11.17 se ven los objetivos recomendados para la distorsión de atenuación en la cadena de 4 hilos entre los centros primarios.

b) Límites para las centrales (Recomendación Q.45)

Los límites con relación a la atenuación media en 800 Hz para toda comunicación son los siguientes:

menos de 300 Hz	no especificado
de 300, a 400 Hz	-0,2 a + 0,5 dB
de 400 a 2400 Hz	-0,2 a + 0,3 dB
de 2400 a 3400 Hz	-0,2 a + 0,5 dB
más de 3400 Hz	no especificado

Figura # II.17

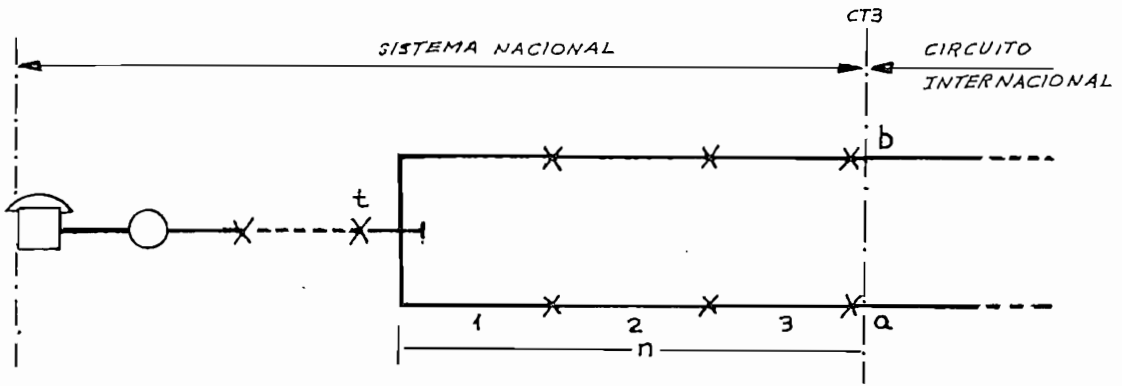


Estabilidad.-(Recomendación G.122-A y G.131)

La estabilidad depende de la exactitud de la adaptación de las impedancias en los puntos de conmutación de dos hilos.

En el Plan de Conmutación del CCITT, los puntos de conmutación en dos hilos forman parte de la red Nacional; Por esto el CCITT ha formulado sus recomendaciones basándose en la atenuación introducida por los circuitos nacionales entre los extremos virtuales de recepción y transmisión.

Conforme a la recomendación vigente, la distribución de las atenuaciones medias o calculadas a lo largo del trayecto a-t-b de la figura II.18 en la red Nacional debe tener un valor por lo menos igual a $(6 + n)$ dB siendo n el número de circuitos de 4 hilos en la cadena Nacional



a y b son los extremos virtuales de la Conmutación.

t es el primer punto de conmutación en dos hilos

Figura # II.18

Los límites indicados deben respetarse en todas las situaciones terminales y para toda frecuencia entre 0 y 4 KHz. En redes nuevas, se debe tener un objetivo de un valor medio de al menos $(10 + n)$ dB.

Eco. - (Recomendación G.122-E)

Las mismas características que provocan inestabilidad, contribuyen además a producir efectos de eco aunque en este caso el tiempo de propagación es también importante.

3

Para la atenuación del trayecto a-t-b desde el punto de vista del eco no hay recomendado ningún límite, pero para efectos de cálculo su valor no debe ser menor de -

15 + n dB con una desviación estándar de (9 + 4n) dB -
siendo n el número de circuitos nacionales de 4 hilos.

La atenuación del trayecto a-t-b desde el punto de vista del eco es la expresión media en decibeles de la relación media de potencia en la banda de 500-2500 Hz, mientras que la atenuación del mismo trayecto desde el punto de vista de estabilidad es el valor menor en la banda de 0 - 4 KHz.

Por regla general en las redes nacionales no se usan supresores de eco, excepto en países de gran extensión como Estados Unidos.

Ruido.- (Recomendación G.123)

Por su longitud, los circuitos se dividen en 3 categorías: cortos (hasta 250 Km.), largos (de 250 - 2500 Km.), y muy largos (más de 2500 Km.).

Las principales recomendaciones relativas a la potencia sofométrica media del ruido, introducida durante la hora cargada en un punto de nivel relativo cero, por línea en un circuito de corrientes portadoras con multiplex por división de frecuencia:

- Circuitos de Corta distancia: El valor máximo en un circuito cualquiera no debe superar 2000 pWOp
- El valor medio del sistema no debe pasar de -

1000 pWOp.

- Circuitos de larga distancia:

- a) Circuitos en cable terrestre o submarino o en sistemas de radio enlace: 3 pWOp/Km
- b) Circuitos de corrientes portadoras en líneas aéreas de hilo desnudo: 7 pWOp/Km

En ambos casos hay una tolerancia de 2500 pWOp es decir 1 pWOp/Km, para el equipo de multiplex.

Ruidos de Impulsos.-

No hay ningún valor recomendado.

Ruidos de alimentación.-(Recomendación G.151-G)

El límite para los circuitos es de -45 dBmO.

Diafonía Inteligible.-

Límites para las comunicaciones.-(Recomendación G.116)

No se fija este límite, sin embargo esta recomendación da instrucciones de como calcular la probabilidad de que se produzca el fenómeno.

Límites para los circuitos.- (Recomendación G.151)

La relación telediafónica o paradiafonía entre canales

de diferentes circuitos no debe ser inferior a 58 dB - cualquiera que sea la combinación.

La relación para canales de ida y vuelta no ha de ser inferior a 43 dB.

Límites para las centrales.- (Recomendación Q.45)

El límite de 70 dB (a 1100 Hz) entre circuitos diferentes y de 60 dB entre canales de ida y vuelta.

Distorsión del Tiempo de Propagación de Grupo.- (Recomendación G.133).

Para la Cadena Nacional:

Para límite inferior de la banda de
frecuencia: 15 ms

Para límite superior de la banda de
frecuencia: 7,5 ms

La distorsión introducida por las centrales telefónicas es baja comparada con los circuitos

II.3 CONSIDERACIONES TECNICAS Y PROBLEMAS A RESOLVER

II.3.1 LA INFORMACION QUE SE TRANSMITE

La información que se transmite consiste de caracteres, datos, imágenes (fijas o en movimiento), voz y música. Esta información para ser transmitida necesita ser convertida a alguna manera adecuada, por medio de un transductor, sea este el aparato telefónico, el teleimpresor etc.

Dependiendo del transductor, la información se convierte a señales de forma analógica o digital. Las cifras y letras, por ejemplo se convierten por lo general en formas digitales, mientras que la voz y la música aparecen como señales analógicas.

Señales típicas transmitidas

a) Señales analógicas.-

<u>Tipo de señal.</u>	<u>Ancho de banda, Hz</u>
Conversación Telefónica	300 Hz - 3,4 KHz
Fracsimile *	1,05KHz - 2,55 KHz
Música	50 Hz - 15 KHz
TV a color	0 - 5,5 MHz

* Usando modulación de 1,8 KHz (1,6 KHz para el negro; - 2,0 KHz para el blanco).

b) Señales Digitales.-

<u>Tipo de Señal</u>	<u>Velocidad de transmisión;</u> <u>baudios</u>
Telex	50 baudios
Datos	200, 600, 1200, 2400, y 48000 baudios
Telefonía en PCM	64 Kbaudios

La Señal Telefónica de Voz.-

La señal de voz telefónica tiene la mayoría de su energía concentrada en una banda de frecuencias desde 100 Hz hasta 5 KHz, la cual es un resultado de las características de la voz humana y las limitaciones de banda - producidas por el teléfono y la línea, siendo estos valores más que suficientes para garantizar la inteligibilidad de una conversación. Un compromiso bastante bueno entre costo de equipos y la calidad de la transmisión ocurre cuando se limita la señal de voz al rango de 300 Hz a 3400 KHz.

Representar la señal de voz es una de las cosas más difíciles debido a que la voz está modulada en amplitud - de acuerdo a las sílabas pronunciadas, y de acuerdo a las formas, anatómicas humanas. Además las pausas al hablar que son totalmente al azar, complican el estudio.

En resumen, la señal de voz es una señal generada al a-

zar y de energía que también varía al azar.

A pesar de estos problemas se usa fórmulas y cálculos - experimentales y aproximados para tener datos que ayu. - den a diseñar, dimensionar y operar los sistemas de - transmisión. Generalmente se usa un aparato de medida que no da indicación del comportamiento del que habla, sino solamente indica que tan alto este emite su voz - (Este aparato se llama medidor Vu).

Se toma valores promedio de potencia de voz de quien habla continuamente;

$$\text{Potencia Promedio} = Vu - 1.4 \text{ dBm} \quad \text{Ec. 29}$$

1,4 = valor empírico experimental

También se toman valores promedios de quien habla y es- cucha a ratos, y habla en otros; introduciendo un factor de actividad de carga;

$$\text{Potencia Promedio} = Vu - 1.4 + 10 \log y \text{ dBm} \quad \text{Ec. 30}$$

Los factores pico de voz, definidos como la relación de pico al promedio de potencia, depende del comportamiento de la persona y es un valor alto. Empíricamente se calcula este valor como 19dB.

Debido a estas consideraciones, y otras; se deduce que

la relación señal-ruido, que tanto se usa para tener una idea del comportamiento del sistema, no tiene importancia mayor en circuitos de telefonía.

Por eso se especifica generalmente la potencia de ruido máxima.

Señalización en la banda de frecuencias Vocales.-

A más de la señal de voz, un circuito telefónico lleva señales de supervisión desde un extremo a otro. En la sección entre una central telefónica y un teléfono, esta señalización es de corriente continua (Estado libre, ocupado y para marcación de números) y señales alternas de baja frecuencia (20-25 Hz) para el timbre.

Estas informaciones en la central se transforman, por lo general, en señales especiales llamadas E y M (Ear and mouth). El estado de dc en M en una estación, determina el estado de dc de E de la siguiente estación, etc. y viceversa. (En la actualidad se tiende a usar canales separados de señalización, pero por lo pronto es más común llevar las señales dentro de la banda de voz.

Supervisión de frecuencia única.-

Ya que la banda de voz tiene una frecuencia de corte a 300 Hz, se usa el estado de M de dc para excitar una

frecuencia sinusoidal de unos 2.600 Hz en la línea. La presencia de esta señal significa estado libre; y su ausencia; ocupado. Esto es, un circuito está libre si en cada sentido de transmisión hay una señal sinusoidal de 2,6 KHz.

Los niveles de estas señales es de unos -20 dBO de modo que un sistema de 1000 canales en estado libre, debe soportar una potencia de 10 dBm0 en cada dirección.

Direccionamiento.-

La dirección del número deseado por quien llama se genera en el teléfono, lo cual puede ser hecho de varias formas (oralmente usando una operadora, o marcando los dígitos en un dial, o botoneras que envían pulsos decádicos o frecuencias). Cuando se usa tasación automática para llamadas de larga distancia, (Toll Tiketing TT) es necesario almacenar en una central Telefónica, el número de quien llama para lo cual también es necesario transmitir esta información.

Al marcar con un dial se interrumpe el lazo de dc entre la central y el teléfono.

Al marcar con botonera, de pulsos decádicos, el efecto es igual al dial.

Cuando se marca con botonera que genera tonos, se envía

en la línea un código multifrecuencial de 2 frecuencias combinadas por dígito transmitidas a unos pocos dBm0 negativos (\approx -6dBm0 para un hilo o -3 dBm0 para el par).

Señal de datos en la banda de Voz.-

La utilización de la red de telefonía para transmitir señales digitales (o de Datos) es cada vez mayor.

Hay dos formas de encarar el problema de transmitir este por el canal de voz:

- Se diseñan sistemas telefónicos acomodados para transmitir datos o,
- Se acomodan las señales de datos para que puedan usarse en los sistemas existentes.

Se usan ambas formas, pero lo económico y ventajoso es aprovechar lo existente para dar un nuevo servicio.

Cuando se transmiten datos, se debe cuidar que el tren de pulsos no afecte a la voz, determinando valores de ruido de pulsos que no debe llegar a valores altos (Se oye como clicks) en la conversación.

Mayor problema es la distorsión que causa la voz a la señal de datos.

También hay que considerar que lo que más puede afectar

a la transmisión de datos es cualquier cambio de fase o frecuencia en el circuito telefónico.

II.3.2 LOS MEDIOS DE TRANSMISION

Tipos de medios de Transmisión.

Dependiendo del ancho de banda que va a transmitir, y de la distancia a cubrirse, se usan diferentes medios de transmisión.

Líneas abiertas y Pares simétricos.- Son el medio de transmisión más antiguo y actualmente se usan para distancias cortas en los rangos más bajos de la jerarquía de la transmisión; ambos tienen capacidad limitada de transmisión.

Para capacidades mayores (mayor necesidad de ancho de banda o mayor velocidad en bits) para larga distancia y para transmisión internacional, se usan cables coaxiales y radio.

La capacidad actual de sistemas analógicos en cables coaxiales es de 10.800 circuitos telefónicos y 2.700 para circuitos de radio (hay sistemas de 6000 circuitos en estudio).

En el futuro, los circuitos en líneas coaxiales serán reemplazados por fibras ópticas y se espera que los circuitos de radio operen en frecuencias de más de 40 GHz. Ver la figura # II.9.

MEDIOS DE TRANS- MISION	ANALOGICO		DIGITAL	
	CAPACIDAD-CANALES	DISTANCIA EN Km.	CAPACIDAD - CANALES	DISTANCIA EN Km.
LINEA DE HILOS ABIERTOS (DESNUDOS)	12	~ 100	—	—
CABLE COAXIAL 0.8/2.7 1.2/4.4 2.6/9.5	— 120 - 480 - 960 - 2700 270 - 10800	— 7.8 - 3.9 - 4.0 - 2.0 4.7 - 1.6	30 - 120 1920 7680	~ 2.5 - ~ 2.5 2 ~ 2
RADIO $F < 1.5 \text{ GHz}$ $1.5 \text{ GHz} < F < 11 \text{ GHz}$ $11.0 \text{ GHz} < F < 15.0 \text{ GHz}$	12 - 24 - 60 120 - 300 - 900 - 1800 Y 2700	~ 60 ~ 50	10 30 - 120 - 480 - 1920 30 - 120 - 480 - 1920	~ 60 ~ 50 ~ 25
GUIA DE ONDA	—	—	20.000	~ 30
FIBRA OPTICA MULTIMODO MONO MODO	— — —	— — —	30 - 120 - 480 - 1920 7680	~ 12, ~ 12, ~ 12, ~ 5 ~ 5

FIGURA II.19

II.3.3 LINEAS PUPINIZADAS

Impedancia Imagen (Z)

La impedancia imagen de una línea uniforme, puede ser calculada en base a sus constantes primarias.

$$Z = \sqrt{\frac{r + j\omega l}{g + j\omega c}} \Omega \quad \text{Ec. 31}$$

$$Z = R + jX \Omega = |Z| e^{j\omega\varphi} \Omega \quad \text{Ec. 32}$$

$$|Z| = \sqrt{\frac{r^2 + (\omega l)^2}{g^2 + (\omega c)^2}} = \sqrt{\frac{\ell}{c}} \cdot \sqrt{\frac{1 + (r/\omega l)^2}{1 + (g/\omega c)^2}} \quad \text{Ec. 33}$$

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \quad \text{donde: } \operatorname{tg} \varphi_2 = \omega l / r \quad \text{Ec. 34}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \omega c / g \quad \text{Ec. 35}$$

Para bajas frecuencias $\omega = 0$, γ :

$$Z = \sqrt{r/g} \quad \text{Ec. 36}$$

Para altas frecuencias $\omega \rightarrow \infty$ γ :

$$Z = \sqrt{\ell/c} \quad \text{Ec. 37}$$

Para frecuencias dentro de la banda vocal, r es mucho mayor que (ωl) ; g es despreciable comparado con (ωc) .

Por lo tanto:

$$Z \approx \sqrt{\frac{r}{j\omega c}} = \sqrt{\frac{r}{\omega c}} e^{-j45^\circ} \quad \text{Ec. 38}$$

O sea: $|Z| \approx \sqrt{\frac{r}{\omega c}} \quad \text{y} \quad \varphi = -45^\circ$

Si una línea en la que sus constantes primarias sigan - las relaciones

$$\frac{r}{l} = \frac{g}{c} \quad \text{ó} \quad \frac{l}{c} = \frac{r}{g} \quad \text{Ec. 39}$$

Se consigue una atenuación que es independiente de la frecuencia, y sin distorsión de fase, lo cual se comprueba al reemplazar la ecuación anterior en la ecuación del coeficiente de propagación, μ

$$\mu = \alpha + j\beta = \sqrt{(r+j\omega l)(g+j\omega c)} \quad \text{Ec. 40}$$

$$\text{si } \alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{r}{l} + g \right) \quad \text{N/km} \quad \text{Ec. 41}$$

vemos que es mínimo con respecto a Z cuando:

$$\frac{r}{2} = gZ \quad \Rightarrow \quad Z = \sqrt{\frac{r}{g}} \quad \text{Ec. 42}$$

De la ecuación 37 tenemos que.

$$Z \approx \sqrt{\frac{l}{c}} = \sqrt{\frac{r}{g}} \quad \text{Ec. 43}$$

De modo que las condiciones para mínima atenuación y mí

nima distorción de fase, son las mismas.

Si este último valor de Z lo ponemos en la relación de α tendremos que:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{r}{2} \rightarrow \frac{1}{2} \sqrt{rg} \quad \text{Ec.44}$$

y que $\frac{1}{2} gZ = \frac{1}{2} \sqrt{rg}$ Ec.45

o sea $\alpha \approx \frac{r}{2} \sqrt{c/l}$ Ec.46

De la ecuación 46 vemos que cuanto más incrementos l , menor será la atenuación. Para el cálculo de impedancia característica Z tenemos:

$$Z = \sqrt{l/c}$$

lo cual significa que un valor de l alto dará un valor alto de Z . La cual tampoco debe ser muy alta ya que sería difícil la adaptación a otras partes del circuito y sobre todo daría una diafonía intolerable.

Pupinización:

Una manera más simple de aumentar la inductancia es colocando bobinas (Bobinas de Pupin) a lo largo de la línea, normalmente a intervalos regulares. Esto último implica que la línea deja de ser homogénea y no se pueden usar con tanta libertad las simplificaciones hechas en la parte previa aunque como la longitud de onda de

la señal es mucho mayor que las distancias entre las secciones, no es mucho el error.

Se puede considerar la línea como si tuviera cierta capacidad en paralelo concentrada en puntos específicos y lo mismo como si toda la inductancia de la línea estuviera concentrada en los sitios en que se agregan las bobinas y en serie; apareciendo la línea como una cadena de filtros para abajo. En realidad esto sucede con la frecuencia de resonancia (frecuencia de corte)

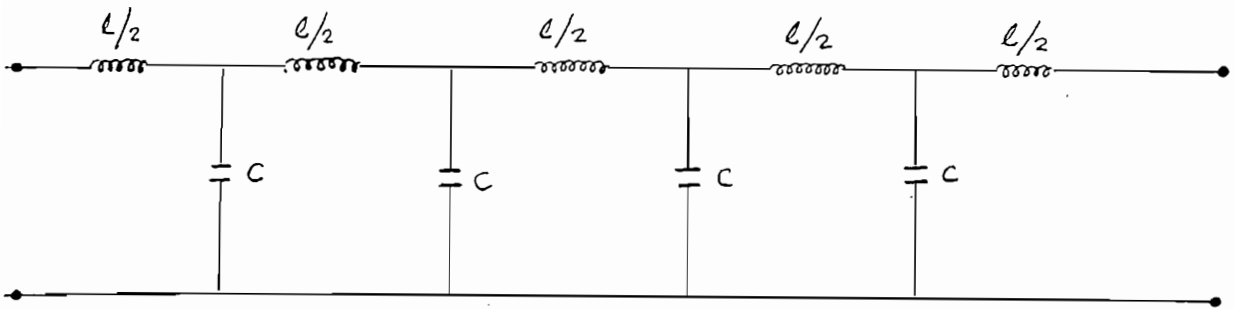


Figura # II.20

Impedancia Imagen con la Pupinización:

La impedancia característica de la línea de la figura # II.20 depende de la manera en que se la considere:

- a) Como circuitos en serie.
- b) Como circuitos T en serie.

Para frecuencias entre el 5% y 40% de f_0 (frecuencia de corte), la componente resistiva de Z varía entre -

$0,9 \sqrt{L/C}$ y $1,1 \sqrt{L/C}$. Para una línea con una f_0 de 4.300 Hz (usado para telefonía) esto corresponde al rango desde 215 Hz hasta 1700 Hz.

Para frecuencias mayores del 40% de f_0 , Z diverge de $\sqrt{L/C}$; aunque permanece resistiva por lo tanto se puede tomar en cuenta fórmulas más reales:

a) para tipo π :

$$Z \approx \sqrt{L/C} \sqrt{\left(1 - \frac{f^2}{f_0^2}\right)^{-1}} \quad \text{Ec.47}$$

b) para tipo T:

$$Z \approx \sqrt{L/C} \sqrt{1 - \frac{f^2}{f_0^2}} \quad \text{Ec.48}$$

A medida que f se acerca a f_0 , pequeñas variaciones en f/f_0 destruyen todas estas ecuaciones, por lo tanto en la práctica lo que se hace es restringir f a máximo un 75% a 80% de f_0 o sea,

$$\frac{f_{\text{máx}}}{f_0} \leq 0.8 \quad \text{Ec.49}$$

La Frecuencia de corte viene dada por:

$$f_0 \approx \frac{1}{\pi S \sqrt{LC}} \quad \text{Hz} \quad \text{Ec.50}$$

S = distancia entre bobinas de carga.

de donde se puede ver que si se quiere mantener un número

ro bajo de bobinas de carga, (valor S grande), debemos tratar de que f_0 sea bajo.

La ecuación 50 nos dará para un cable de 40 nF/Km $S = 1,85$ Km de una inductancia de la bobina de 74 mH. Se supone que la resistencia de la bobina para corriente continua es de $70 \Omega / H$ lo cual nos dá una resistencia de bucle adicional de aproximadamente $3 \Omega / Km$.

La tabla II.1a da la atenuación de cables pupinizados (α) para diferentes diámetros de conductores, en comparación de α de los cables sin pupinizar correspondientes:

Tabla II.1a

Diámetro del conductor	Resistencia (incluyendo bobina)	α 1	α	$\frac{\alpha - \alpha 1}{\alpha} \times 100$
0.32	441	1.92	2.12	9.5
0.40	283	1.23	1.60	23.1
0.5	181	0.79	1.20	34.1
0.6	127	0.55	0.96	42.8
0.7	94	0.41	0.80	48.8
0.8	73	0.32	0.67	52.3
0.9	58.5	0.25	0.58	56.8

De donde puede verse que el beneficio de la pupinización es importante en los cables gruesos.

Esto puede ser visto también desde otro punto de vista:

El efecto de cualquier inversión para mejorar la transmisión, puede ser expresado como la reducción de atenuación por unidad de capital invertido, como puede verse en la tabla II.1b

Tabla II.1b

Diámetro Del conductor	Pupinización				Empleo del diámetro de conductor inme diato superior	
	1	2	3	4	5	6
0.32 mm	2.9	0.20	69	1.0	0.52	520
0.4 mm	2.9	0.37	128	4.2	0.40	95
0.5 mm	2.9	0.41	141	6.8	0.24	35
0.6 mm	2.9	0.41	141	8.9	0.16	18
0.7 mm	2.9	0.37	128	9.9	0.13	13
0.8 mm	2.9	0.35	121	7.2	0.09	13
0.9 mm	2.9	0.33	114	---	----	---

- 1 Diámetro del conductor.
- 2 Valor comparativo
- 3 Reducción en atenuación
- 4 Reducción en atenuación/valor comparativo x 1000
- 5 Valor comparativo
- 6 Reducción en Ateñuación
- 7 Reducción en atenuación/valor comparativo x 1000

Vemos que para los conductores de 0.5 a 0.9 mm la pupini

zación es más barata, (también para los de 0.4 mm es más barata que emplear cable de 0.5 aunque se gana solamente el 40% en atenuación). Por lo tanto la pupinización debe siempre pensarse como primera alternativa para mejorar la transmisión.

Sin embargo para cables cortos, la ecuación de:

$$\alpha = \frac{r}{2} \sqrt{c/l}$$

no es tan correcta, la atenuación es allí mayor debido a pérdida de adaptación.

Una regla razonable es pupinizar los cables siempre que tengan una longitud de 2 S o sea aproximadamente 4 Km.

A continuación, en la Tabla II.2 se resumen los datos de transmisión de hilos y cables:

TABLA II.2

Datos de transmisión para Cables

Cables	Resisten- cia de bucle ohm/Km	Atenua- ción a 800 Hz dB/Km	Valor RE dB/Km
<u>Cable sin pupinizar, 40 nF/Km</u>			
Cobre, 0,32 mm	438	1,81	2,12
Cobre, 0,4 mm	280	1,45	1,60
Cobre, 0,5 mm	178	1,15	1,21
Cobre, 0,6 mm	124	0,96	0,96
Cobre, 0,7 mm	91	0,82	0,79
Cobre, 0,8 mm	70	0,71	0,66
Cobre, 0,9 mm	55,5	0,63	0,57
<u>Cable pupinizado, 40 nF/Km</u> (Inductancia de bobina 74mH, espaciado de bobina 1850 m)			
Cobre, 0,4 mm	283	----	1,23
Cobre, 0,5 mm	181	----	0,79
Cobre, 0,6 mm	127	----	0,55
Cobre, 0,7 mm	94	----	0,41
Cobre, 0,8 mm	73	----	0,32
Cobre, 0,9 mm	58,5	----	0,25

II.3.4 PERTURBACIONES EN CIRCUITOS FISICOS

Eco

El eco puede producirse en un sistema en transmisión en cualquier punto en donde haya una discontinuidad de impedancia. En general un circuito telefónico se compone de cierto número de equipos y medios de transmisión en serie, con posibilidad de conmutación a diferentes tipos de caminos.

Una comunicación de extremo a extremo se presenta en la figura # II.21, donde se puede ver que una discontinuidad de impedancia puede haber en cualquier central. Sin embargo es económicamente ventajoso diseñar la red troncal de modo que no haya mayores discontinuidades. O sea se trata de obtener una atenuación para las señales de eco, de unos 20 dB en la cadena de larga distancia.

En la central local se presenta un problema más serio debido a la cantidad y diversidad de circuitos que hay entre esta central y los abonados, debido a diferentes distancias hasta los abonados, diferentes diámetros de conductores, etc. Como consecuencia no es recomendable económicamente, el conseguir atenuaciones para señales de eco mayores de unos 11 dB para la banda de frecuencia de 500 a 2500 Hz en donde el eco es más molesto.

En la figura # II.22 se muestran curvas de apreciaciones

subjetivas, en función de la variación de la atenuación a la señal de eco.

Si la longitud de línea es corta, la señal de eco se confunde con la misma conversación y ruidos menores y no molesta. Si en cambio, la línea es larga y el eco regresa con un retardo desde el otro extremo, puede interferir seriamente con el proceso de la conversación.

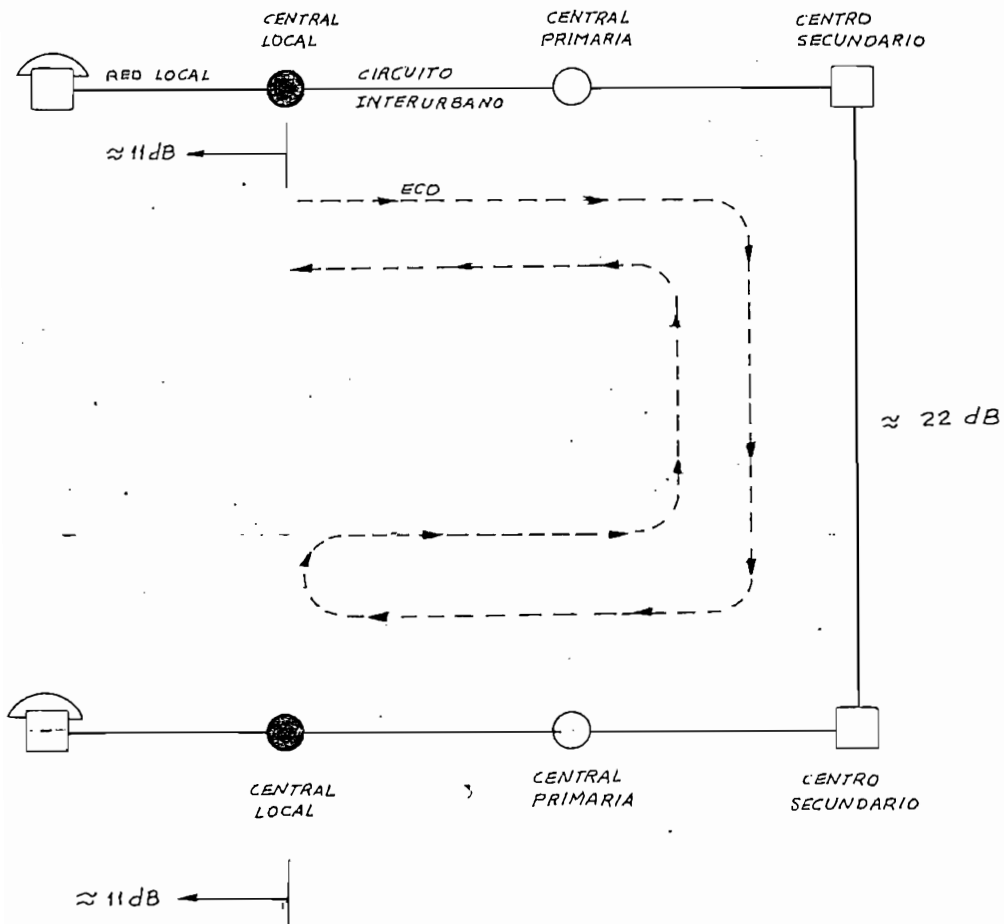


FIG. II.21

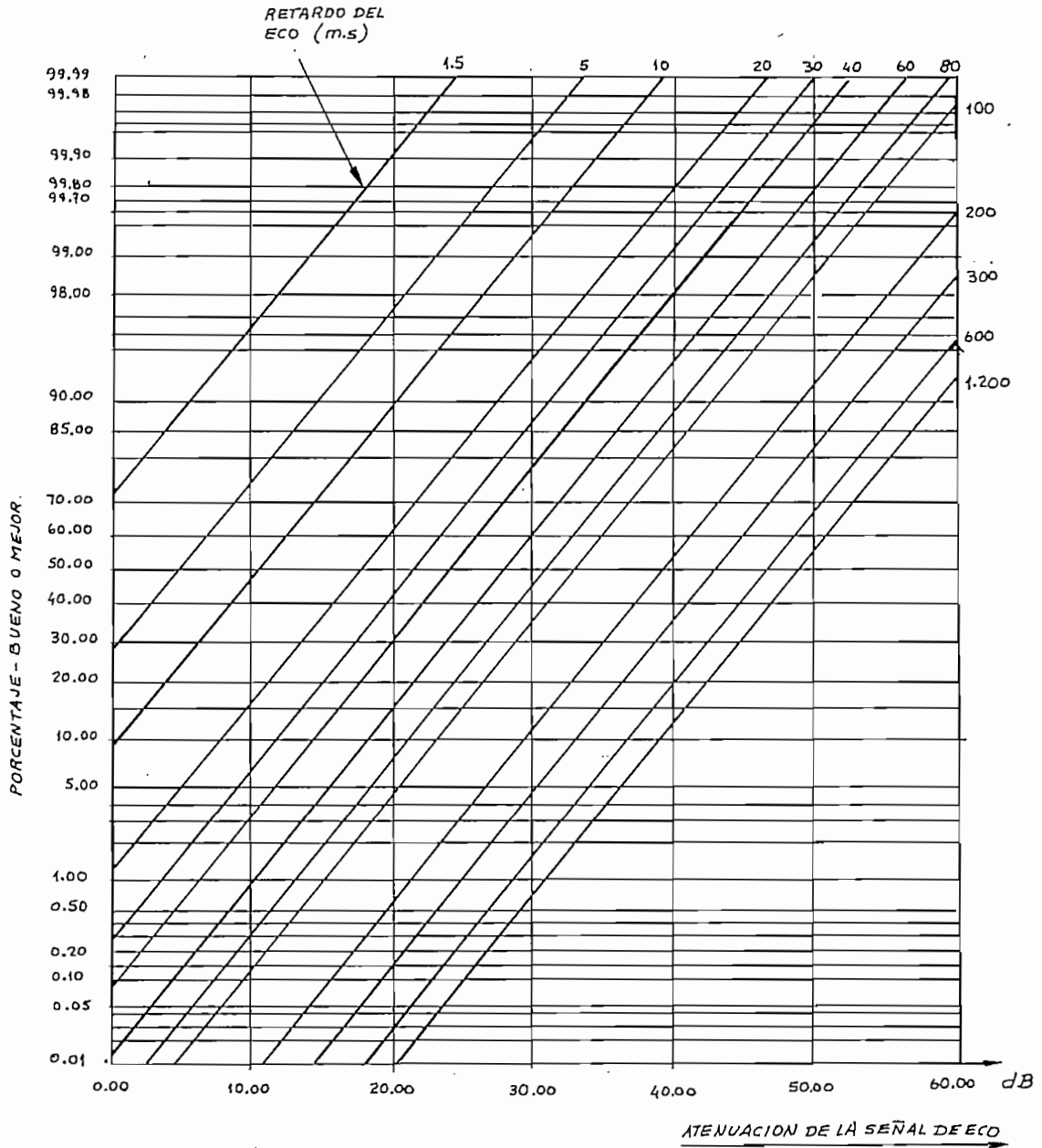


FIG. II.22

Una señal de eco que viaja en sentido contrario a la señal, se llama eco del emisor y escucha la misma persona que ha emitido la señal.

Si sucede que la señal de eco, al regresar al origen se vuelve a reflejar y llega otra vez a la persona que es-

cucha, se llama eco de receptor.

Sucede casi siempre que si se controla el eco de emisor queda también controlado el eco de receptor. Sin embargo esto no se cumple cuando se transmiten datos.

Indiqué antes que el eco se presenta más en la banda de 500 a 2500 Hz, sin embargo en las bandas de 250 a 500 Hz, y de 2500 a 3200 Hz donde las impedancias no son buenas se presentan ecos múltiples que causan el efecto de canto en las líneas, especialmente cuando el circuito está conectado a una operadora y la distancia entre la central y la operadora es corta, por lo que es necesario asignar una atenuación adicional de unos 4 db para enmascarar estos cantos.

En general en líneas cortas, con poco retardo presentan problemas de canto, y la solución de este problema influye en la asignación de atenuaciones y en los circuitos largos con mayor retardo, la protección contra el eco influye en la determinación de los objetivos de transmisión.

No hay mayor diferencia en líneas de 2 hilos o de 4 hilos, sin embargo el eco es molesto únicamente cuando se oye, por lo tanto en circuitos de 2 hilos, cualquier reflexión resultará un eco, mientras que en un circuito de 4 hilos no se transmitirán ecos a menos que es

tos se reflejen en la otra dirección de transmisión lo que sucede únicamente en los puntos en que se cambia de 2 a 4 hilos y viceversa.

Diafonía.-

Por diafonía se entiende a la perturbación, cuando en un circuito telefónico, se inducen corrientes pertenecientes a otro circuito telefónico, en muchos casos con la posibilidad de comprender las conversaciones ajenas.

En contraste con la atenuación y otras características, la diafonía no se puede compensar de manera efectiva, y el control de esta anomalía se hace mediante métodos in directos.

La diafonía usualmente es peor en frecuencias más altas por lo que muchas veces el ancho de banda permitido se limita por razones de diafonía.

Tipos de Diafonía:

En principio se hace distinción entre "Diafonía Cercana" y "Lejana" dependiendo si esta se produce en el comienzo de la línea, o al final de la misma. (Esto se puede ver en la figura # II.23 para el caso de dos pares simétricos) Debe entenderse que el fenómeno no se reduce a tener solamente un camino, de hecho cada tipo de diafo-

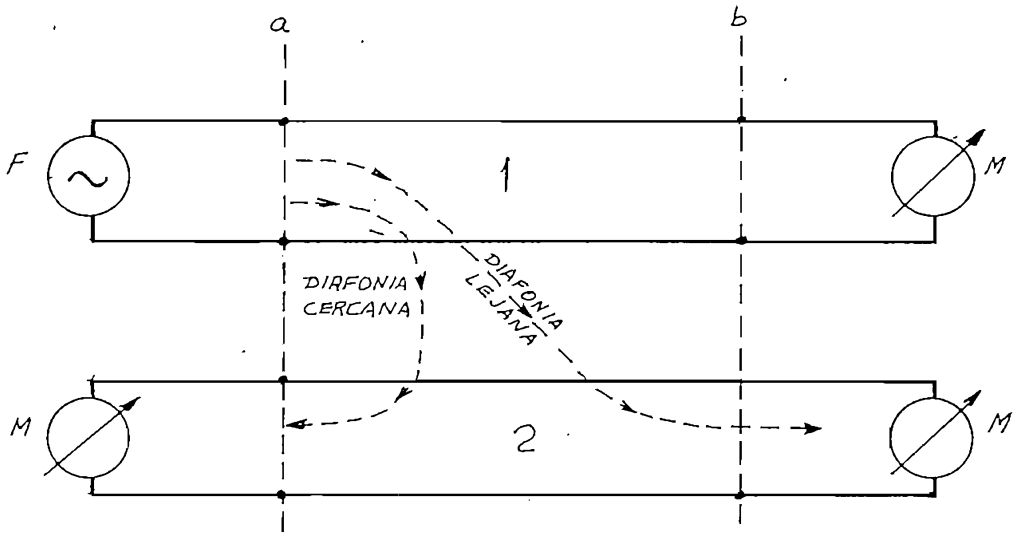
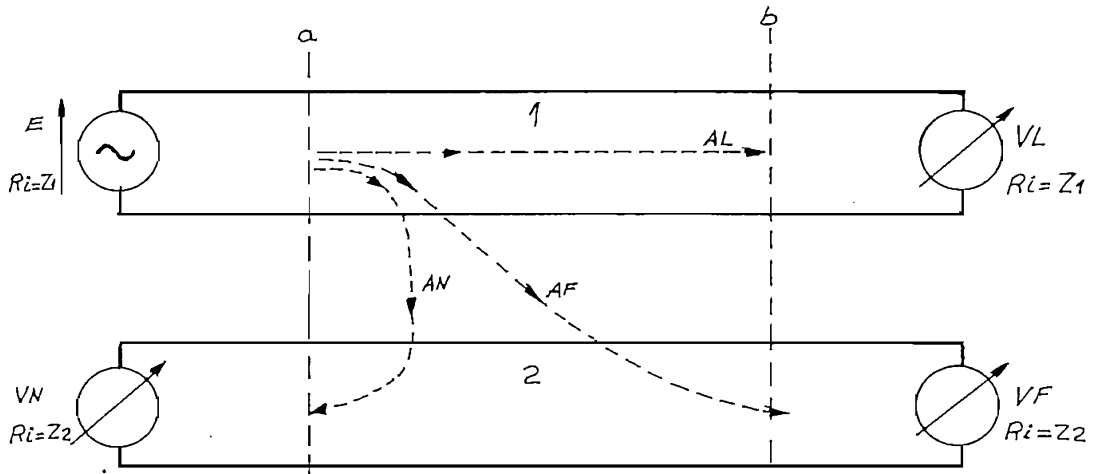


FIG II. 23 a DIAFONIA CERCANA Y LEJANA
 F = FUENTE M = MEDIDOR



$$AL = 20 \log \frac{E}{2VL} \text{ dB}$$

$$AN = 20 \log \frac{E}{2VN} \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}} \text{ dB}$$

$$AF = 20 \log \frac{E}{2VF} \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}} \text{ dB}$$

FIG. II. 23

nía se compone de varias contribuciones.

De una manera similar a la atenuación de línea AL (entre 1a y 1b). Se puede hablar de atenuación de diafonía cercana AN para expresar este tipo de diafonía, y de atenuación de diafonía lejana AF para expresar el otro tipo.

AN y AF son valores característicos de las líneas, y pueden ser medidas o calculadas, sin embargo no nos dan en sí una medida de la calidad de transmisión de la línea, ya que depende de los valores de la potencia, señal transmitida y de la cantidad de diafonía definidas como aceptables o no; concretamente este valor se llama "relación señal-diafonía" o simplemente "relación de diafonía".

En la figura # 7.24 se muestran tres circuitos duplex (ej circuito telefónico a dos hilos) Si todas las fuentes transmiten al mismo nivel relativo y si todas las líneas tienen igual atenuación, se puede ver en la figura que la diferencia entre la señal y la diafonía en un receptor es igual a la diafonía menos la atenuación de la línea.

Relación de diafonía Cercana $ANS = AN - AL$

Relación de diafonía Lejana $AFS = AF - AL$

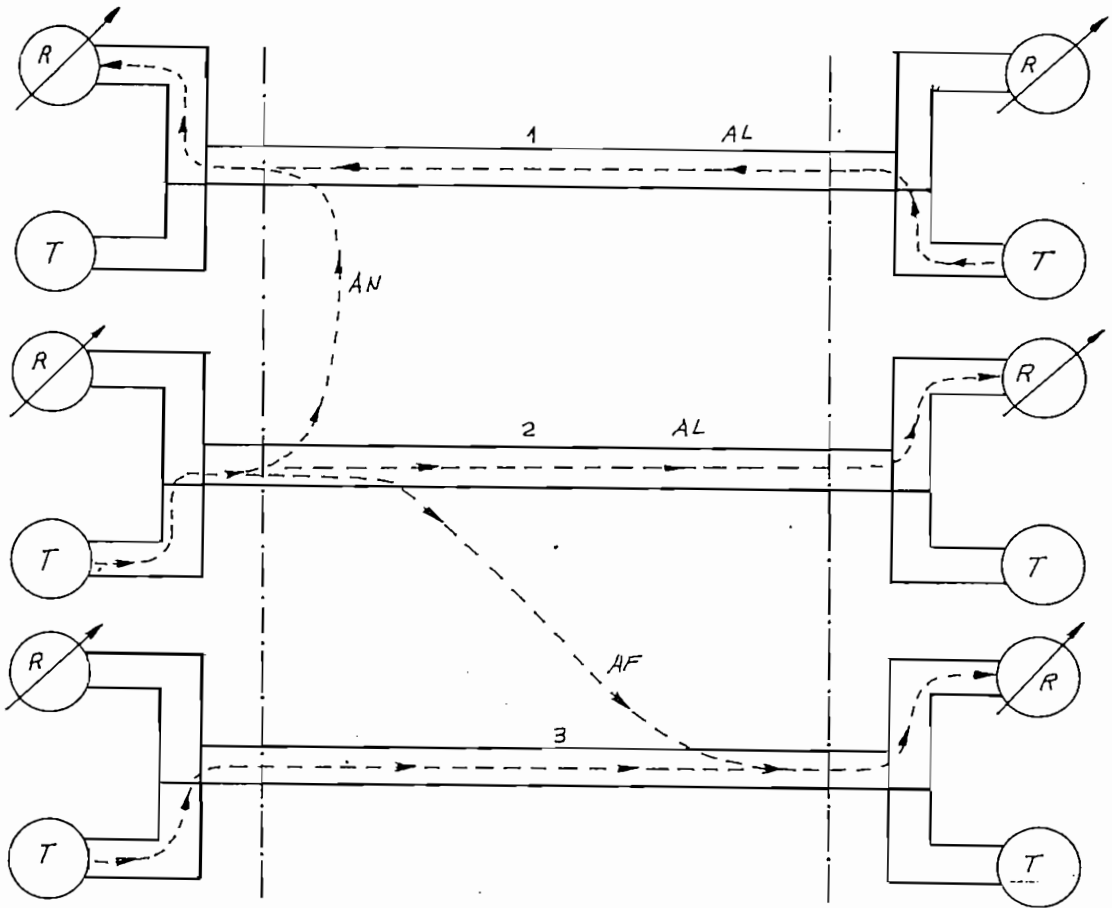


FIG. II. 24

Causas de Diáfonía.-

Principalmente se debe a falta de simetría (desbalances no acoplamientos buenos, etc) entre los diferentes circuitos. Estos desbalances pueden ser de naturaleza inductiva o capacitiva. Ver la figura # II.25 .

Para cierta longitud de línea, esta puede ser considerada como en la figura # II.25.

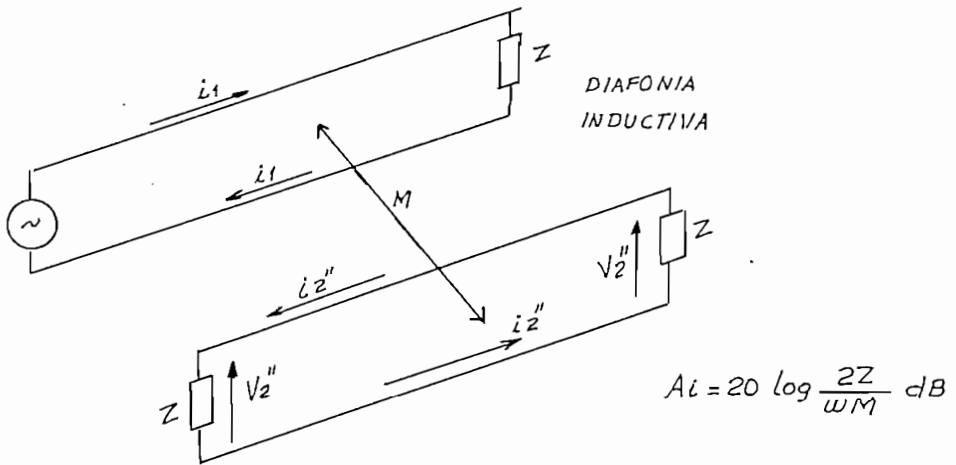
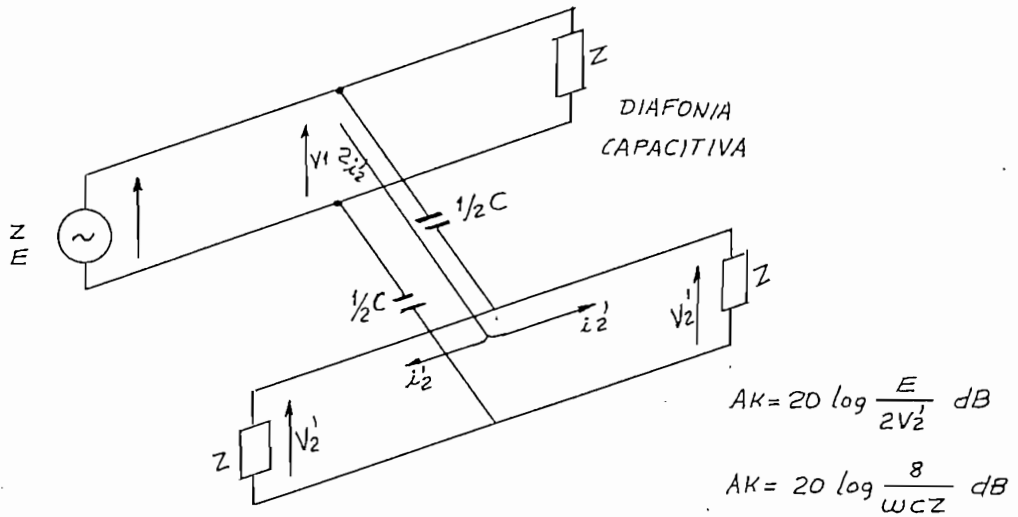


FIG. II.25

V_1 produce una corriente $2i_2'$ a través de los dos condensadores $\frac{1}{2} C$ y esta corriente se divide en 2 hacia las 2 impedancias Z en donde produce un voltaje V_2' . Esto es, si ambas líneas han tenido la misma impedancia Z y que la fuente haya estado acoplada a la línea.

Entonces la atenuación a la diafonía capacitiva A_k es:

$$A_k = 20 \log \frac{E}{2V_2'} \text{ dB} = 20 \log \frac{B}{\omega CZ} \text{ dB}$$

donde Z = impedancia característica de la línea en

$$W = 2\pi f \quad ; \quad f = \text{frecuencia en Hz}$$

C = capacidad entre las líneas en F.

La corriente i_1 causa diafonía inductiva cuando esta induce una f.e.m. en la línea afectada. Esta f.e.m. produce una corriente i_2 a través de las terminaciones Z , produciendo un voltaje V_2'' .

Bajo las mismas condiciones del caso anterior, la atenuación a la diafonía inductiva A_i es:

$$A_i = 20 \log \frac{E}{2V_2''} \text{ dB} = 20 \log \frac{ZZ}{WM} \text{ dB}$$

donde M es la inductancia de acoplamiento en H

Haciendo una comparación, notamos que V_2' y V_2'' tienen la misma polaridad cuando se trata de diafonía cercana y se suman, pero tienen diferente polaridad para el caso de diafonía lejana, y se cancelan.

Para líneas abiertas, de conductores no magnéticos (por ejemplo el cobre), el aire como dieléctrico, $V_2' = V_2''$. Por lo tanto la diafonía cercana es mucho mayor que la lejana, la cual teóricamente debe ser cero. Para pares de hilos en un cable, esto no se cumple debido a que la

constante dieléctrica de los aislantes es mayor que la del aire, y también debido a que la cubierta distorciona la forma del campo magnético, por esto más bien aumenta la importancia de la diafonía lejana, especialmente a altas frecuencias como las usadas en sistemas de múltiplex y las bandas de frecuencias que se usan en los sistemas de onda portadora. Se arreglan los sentidos de transmisión y recepción de modo que produzcan la menor diafonía cercana directa posible.

Diafonía directa y reflejada.-

Los tipos de diafonía capacitiva e inductiva mostrados en la figura #II.25 constituyen lo que también se puede decir Diafonía Directa ya que la energía se transfiere directamente de una línea a otra.

Sin embargo, cuando el acoplamiento entre la línea y los equipos no es buena, la diafonía cercana puede reflejarse y ser recibida al otro extremo, llamándose entonces "Diafonía cercana Reflejada", como se ilustra en la figura # II.26.

La fuente y los demás equipos conectados a los dos pares mostrados, tienen una impedancia Z' diferente de la impedancia Z de la línea. Por lo tanto cierta cantidad de energía corresponde a AR (se llama "Atenuación o pérdida de Retorno").

$$AR = \text{Pérdida de retorno} = 20 \log \frac{Z' + Z}{Z' - Z} \text{ dB}$$

$$r = \text{Coeficiente de reflexión} = \frac{Z' - Z}{Z' + Z}$$

La diafonía cercana reflejada se puede mantener dentro de límites razonables, siguiendo las recomendaciones - G.116 y G.151 del CCITT.

Diafonía Indirecta

Este tipo de anomalía siempre se produce a través de una tercera línea, la cual no es en sí ni la causante de la molestia, ni la afectada.

Los dos casos más importantes de diafonía indirecta se muestran en la figura # II.27.

Generalmente las "Terceras líneas" están constituidas por circuitos fantasmas, superfantasmas, y tierra, de modo que se puede decir que n conductores dan n circuitos independientes uno de otro.

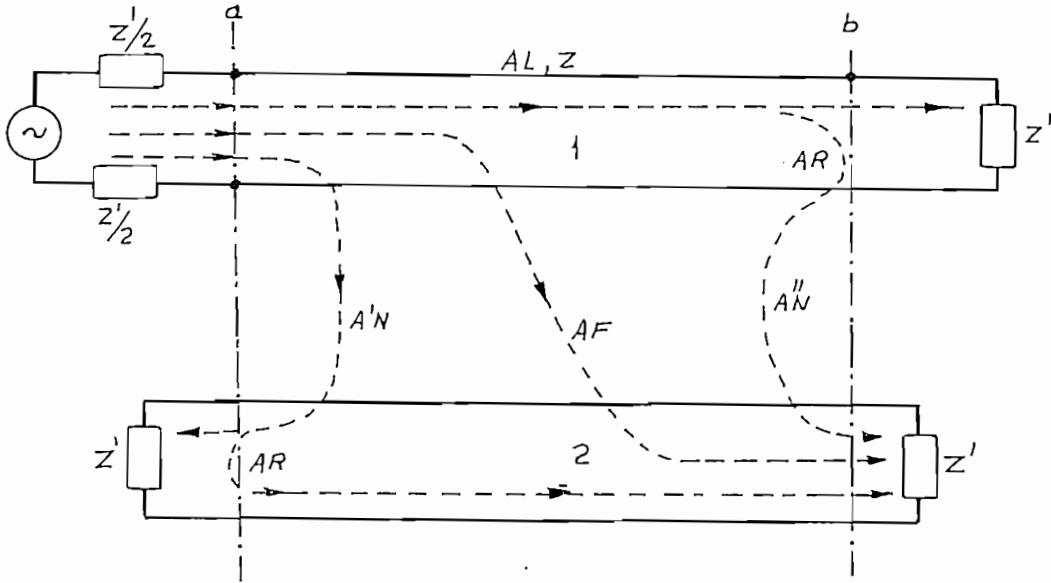


FIG. II.26

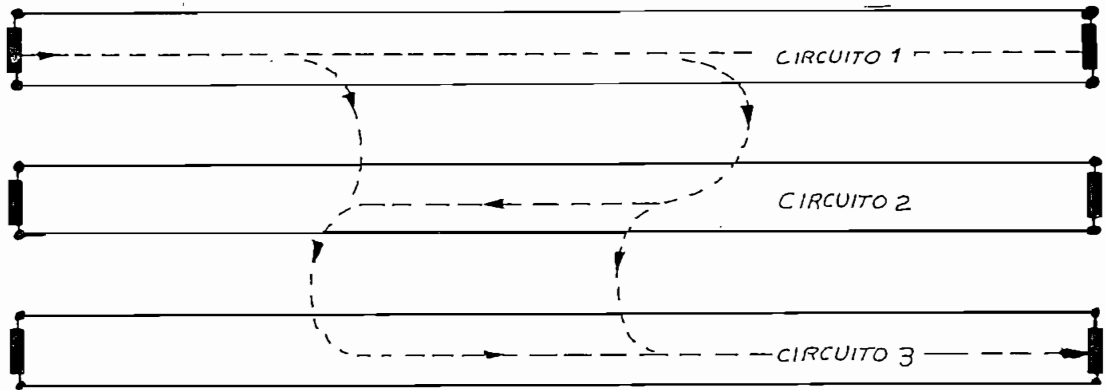
La energía que sale de 1a se refleja en 1b y la señal -
llega a 2b por la diafonía cercana (atenuación $A''N$) y -
se suma a la diafonía lejana directa Af .

Otra parte de la potencia emitida por la fuente llega a
2a por la diafonía cercana (atenuación $A'N$) y luego de
reflejarse en 2a también llega a 2b.

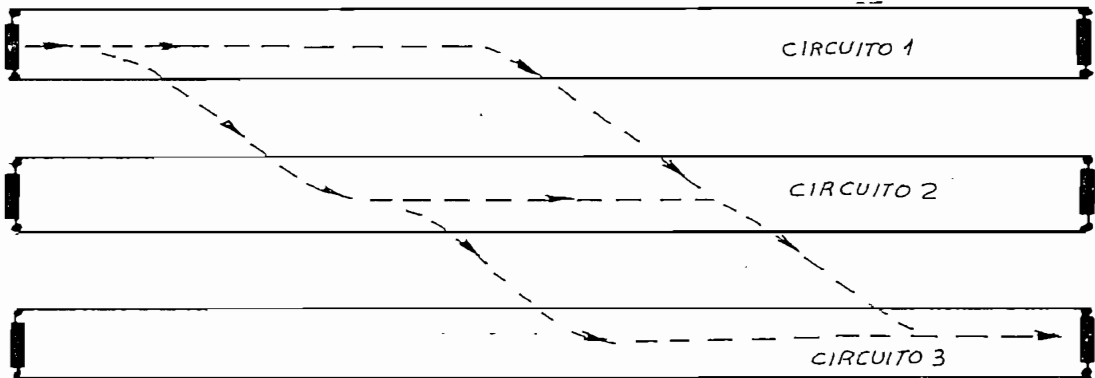
El resultado para la diafonía lejana resultante es la
suma de las diferentes contribuciones.

De la figura #II.26: ,

$$\begin{array}{l}
 A' = \text{atenuación de diafonía lejana directa} \\
 \left. \begin{array}{l}
 AL + AR + A''N = \\
 AL + AR + A'N =
 \end{array} \right\} \text{Atenuación de la diafonía} \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{cercana Reflejada}
 \end{array}$$



TIPO : EXTREMO CERCANO - EXTREMO LEJANO



TIPO : EXTREMO LEJANO - EXTREMO LEJANO

FIG. II.27 "DIAFONIA INDIRECTA"

Los circuitos fantasmas

Son circuitos que se obtienen mediante el uso de transformadores.

La figura # II.28 muestra 8 conductores con 8 circuitos. Si se considera la diafonía entre 2 cualquiera de los circuitos de la figura, siempre hay 6 que pueden contri

buír para que se produzca diafonía indirecta, incluso sin que estos 6 circuitos lleven energía.

Para circuitos en cables, la diafonía indirecta se suma solamente en pequeñas magnitudes al total de la diafonía lejana.

En cambio para líneas abiertas, la diafonía lejana directa es despreciable comparada con la indirecta, debido principalmente a la baja atenuación de los circuitos fantasmas.

Auto Diafonía en un Par

Se produce cuando la señal de diafonía regresa otra vez desde una segunda o tercera línea, a la primera, causando una molestia muy parecida al eco y que se comporta como diafonía.

Este fenómeno se produce debido a las diferencias de fase que tienen la señal y la señal de autodiafonía producidas por los diferentes caminos que cada una recorre.

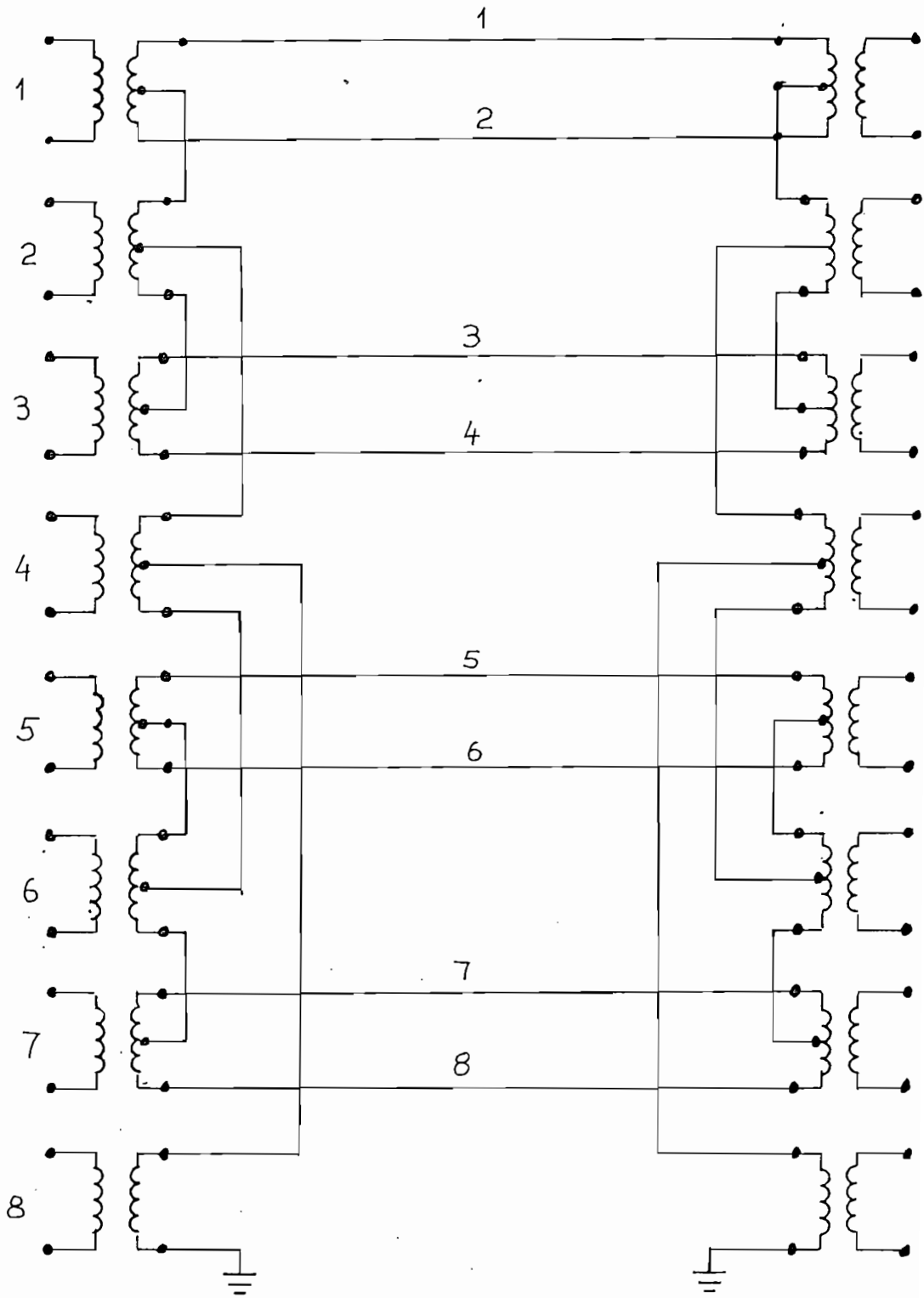


FIG. II.28

II.3.5 CIRCUITOS INALAMBRICOS

SISTEMAS DE RADIO RELEVO COMO MEDIO DE TRANSMISION

General:

Los sistemas de radio relevo (y las comunicaciones vía satélite) usan el espacio libre como medio de transmisión, es decir no hay conexión física entre el transmisor y el receptor.

Otra característica inherente a los sistemas de radio relevo es la banda de frecuencias. La señal entregada por un equipo de múltiplex o de video puede ser transmitido directamente por un sistema físico, con un límite superior de frecuencia no mucho mayor que el necesario para transportar la señal. Mientras que para radio deben usar frecuencias entre 200 MHz y 20 GHz debido a razones de propagación y por lo tanto es necesaria al menos una modulación más.

En resumen, el sistema de radio difiere de un sistema físico en lo siguiente:

- El cable puede ser considerado como un elemento de parámetros fijos, y es más o menos independiente de su localización y puede calcularse como función de la distancia.

Mientras que para un sistema de radio relevador depende mucho la localización, y el alcance de una señal de radio puede ser desde unos 100 Km hasta unos pocos Km.

- El cable y sus repetidores pueden también ser considerados estables; mientras que el radio está sujeto a variaciones climáticas y atmosféricas que influyen en el nivel de las señales e incluso puede darse el caso de desvanecimiento o desaparición de la señal.
- Cada sistema de cable tiene su propio e individual camino mientras que el radio, todos los canales y todos los sistemas de radio usan el aire como medio de propagación común, separando los canales mediante frecuencias o direccionamiento con antenas y aislamientos topográficos.

Diseño Básico

En bloques, un sistema de radio es de la siguiente manera:

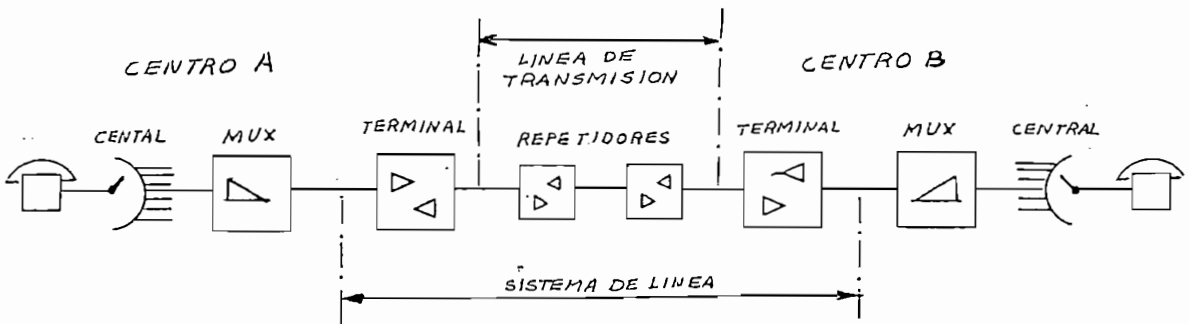


Figura # II.29

Bandas de Frecuencia y capacidad de transmisión

Los sistemas de radio operan actualmente entre 200 MHz y 20 GHz. Ya que el radio se usa para otros servicios públicos, diferentes del Telefónico, solamente ciertas bandas dentro del rango mencionado están destinadas a Telefonía.

A continuación presento la clasificación usada por la UIT.

<u>LONGITUD DE ONDA</u> 100 Km	<u>FRECUENCIA</u> 3 KHz	<u>BANDA No</u>	<u>DESIGNACION</u>	<u>PROPAGACION</u>
10 Km	30 kHz	4	MUY BAJA FRECUENCIA VLF	ONDA TERRESTRE PROPAGACION GLOBAL
1 Km	300 kHz	5	BAJA FRECUENCIA LF	
100 m	3 MHz	6	FRECUENCIA MEDIA MF	PROPAGACION TERRESTRE Y IONOSFERICA PROPAGACION CONTINENTAL
10 m	30 MHz	7	ALTA FRECUENCIA HF	PROPAGACION IONOSFERICA MUNDIAL
1 m	300 MHz	8	MUY ALTA FRECUENCIA VHF	DIFRACCION EN LA TROPOSFERA PROPAGACION TRANS HORIZONTE
10 cm	3 GHz	9	ULTRA ALTA FRECUENCIA UHF	
1 cm	30 GHz	10	SUPER ALTA FRECUENCIA SHF	LINEA DE VISTA PROPAGACION HACIA EL HORIZONTE RADIO-OPTICO
1 mm	300 GHz	11	EXTREMADAMENTE ALTA FRECUENCIA EHF	RADIO RELEVADOR
0.1 mm	3 THz	12		

Tabla II.3

Tabla II.4

Máxima Capacidad (canales de Radio)	Mínima Frecuencia
24 circuitos telefónicos FDM	200 MHz
60 circuitos telefónicos FDM	340 MHz
120 circuitos telefónicos FDM	800 MHz

Perturbaciones en circuitos de Radio

Desde el punto de vista de un Plan de Transmisión, lo que suceda en la cadena de circuitos a 4 hilos (de la cual el equipo de radio forma parte) es hasta cierto punto irrelevante, siempre y cuando se cumplan las regulaciones del CCITT y CCIR, que están presentadas en la sección II.2, en cuanto a potencia de radio y la relación de errores de bits para señales digitales.

II.3.6 TRANSMISION DIGITAL

Al final de la década de los años 30, un grupo de investigación Francés trataba de encontrar métodos de modulación adecuados para radioenlaces y microondas; y luego de algún tiempo el resultado fue la invención de la Modulación por Pulsos Codificados PCM, por Alvec Reeves - en 1.937, siendo cubierta por patente francesa en 1.938 Sin embargo tecnológicamente era imposible este tipo de sistemas en esa época; y no fue hasta que el transistor estuvo en su máximo auge cuando se volvió a tratar del PCM y es así que desde principios de los años 60 un número cada vez mayor de sistemas PCM se han puesto en servicio.

Generalidades sobre PCM

El PCM puede definirse como un método para transformar información analógica a digital, basándose en tres principios: Muestreo, Cuantificación y Codificación. Ver la figura # II.31.

De acuerdo a la teoría de la información, la transmisión de la información contenida en una señal, puede producirse sin transmitir la señal completa. Es suficiente tomar muestras con una frecuencia que sea por lo menos el doble de la máxima frecuencia contenida en la señal, esto se llama Teorema de Muestreo.

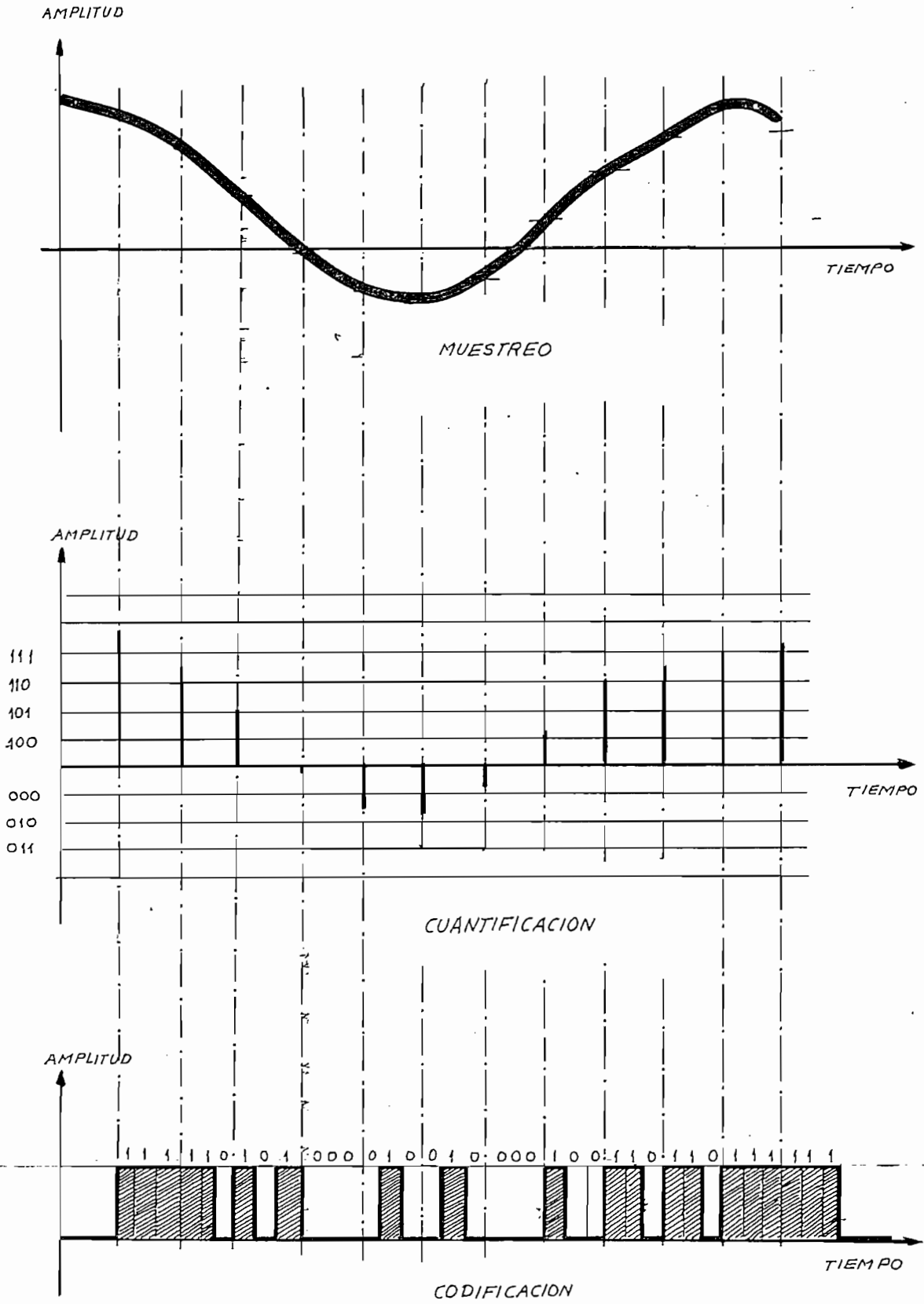


FIG II. 31

Las muestras tomadas de una señal de frecuencia vocal (VF) tienen un rango continuo de amplitudes. El paso siguiente es asignar cada amplitud a un número limitado de intervalos; a todas las muestras que están dentro de ciertos límites, se les asigna un mismo valor. Este principio se conoce como Quantificación e introduce una distorsión en la señal, denominada distorsión de cuantificación.

Finalmente, las muestras cuantificadas se codifican, en el ejemplo de la figura # II.31, se emplea un código binario, y la señal se transmite como un tren de pulsos.

Usando estos principios se construyen los sistemas PCM y están formados por un transmisor, una línea de transmisión y un receptor; para tener conexión en ambos sentidos, cada sistema PCM requiere de un transmisor-receptor en cada lado, y una línea de 4 hilos. La línea debe estar equipada con repetidores regenerativos separados equidistantemente, los cuales regeneran los bits entrantes y transmiten un tren de bits libres de distorsión.

Para aumentar su capacidad, en los sistemas PCM emplean MULTIPLEX POR DIVISION DE TIEMPO (TDM).

Ya que el código generado para cada muestra puede transmitirse muy rápidamente, las muestras tomadas a diferen

tes señales pueden compartir un medio común de transmisión, usando distintos intervalos de tiempo; de este modo se consiguen los llamados sistemas básicos de PCM de primer orden.

El CCITT ha recomendado dos sistemas de transmisión PCM de primer orden, uno seguido por CEPT y el otro por AT&T. El del CEPT contiene 32 intervalos de tiempo, 30 se usan para canales de voz, uno para señalización y otro para sincronización. El sistema americano contiene 24 intervalos de tiempo.

Del mismo modo que para los sistemas de multiplex por división de frecuencia (FDM), se ha formado una jerarquía PCM, en la que un determinado número de sistemas de primer orden se agrupan para formar uno de segundo orden y así sucesivamente.

Razones para el uso de PCM en una Red Telefónica ✕

Se pueden resumir en los siguientes puntos:

- 1) La calidad de transmisión es casi independiente de la distancia, ya que las señales pueden regenerarse (sin pérdida de calidad) en puntos intermedios de la línea.

Para el caso de señales analógicas, en los puntos de

amplificación, se amplifica tanto la señal como el ruido; pero en un sistema PCM, los regeneradores solo tienen que decidir si un pulso entrante es "uno" o "cero", y luego de esta decisión, se genera un nuevo pulso y se lo transmite. Sin embargo si los pulsos que llegan están demasiado distorcionados, éstos no serán reconocidos correctamente; para evitar esto se usan métodos de chequeo y control para bajar la probabilidad de error. En general la calidad de un sistema PCM no es menor que la de un sistema FDM.

- 2) El Múltiplex por división de tiempo TDM permite el uso de un mismo "par" telefónico para transmitir 24 o 30 canales telefónicos, lo que puede resultar mucho más ventajoso que tender cables nuevos para una ampliación de un enlace, por ejemplo.
- 3) Para algunas aplicaciones, especialmente en la red troncal o de enlace entre varias centrales telefónicas el PCM ha demostrado ser más ventajoso que cualquier otro medio de transmisión, en circuitos que son demasiado largos para transmitir frecuencias de voz, y demasiado cortos para usar FDM. Ver la figura # II.32 .

El intervalo óptimo de distancias depende de factores locales como densidad de abonados, topografía, etc. sin embargo las cifras de la figura # II.32 pueden tomarse como valores típicos.

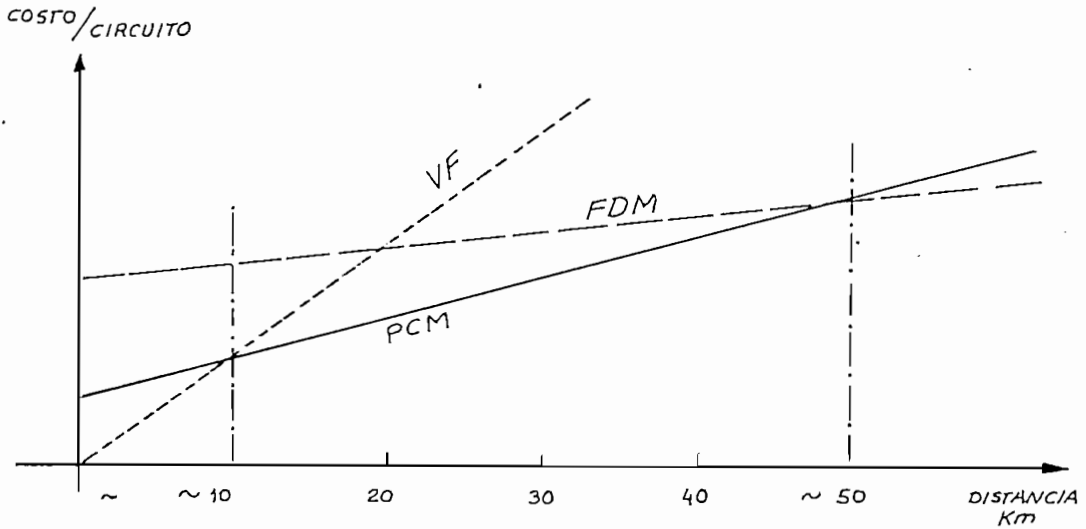


Figura # II.32

- 4) Economía en combinación con centrales digitales, por que gran parte del costo de un sistema PCM está en el equipo terminal y la introducción de un sistema (central) de conmutación digital reduciría sustancialmente este costo. Ya que lo que se conmuta es el tren de pulsos, haciéndose innecesaria la conversión digital/analógica/digital que se tiene en caso de que se tenga un sistema PCM, una central de conmutación analógica (sea esta electrónica o electromecánica) y luego otro sistema PCM.

La combinación de PCM y centrales digitales reducirá a el costo total de la red.

- 5) Ya que casi todos los sistemas de PCM usan tecnología a moderna es decir circuitos integrados, se garantizan niveles favorables y progresivos de precios y un

alto grado de confiabilidad.

- 6) Se pueden integrar servicios ya que un sistema PCM; a más de canales telefónicos de voz; puede transmitir - fácilmente datos, telex, información visual codificada, etc., (un canal de PCM de 30 canales tiene una - velocidad de bits de 64 Kbits/seg lo que hace de este sistema un excelente canal para datos).
- 7) Los futuros medios de transmisión de banda ancha, tales como fibras ópticas y guías de onda de STRIPLINE son más compatibles con señales digitales (PCM) que con analógicas. ✎

Principios de PCM

En la figura # II.33 se puede ver en bloques como está conformado un sistema PCM

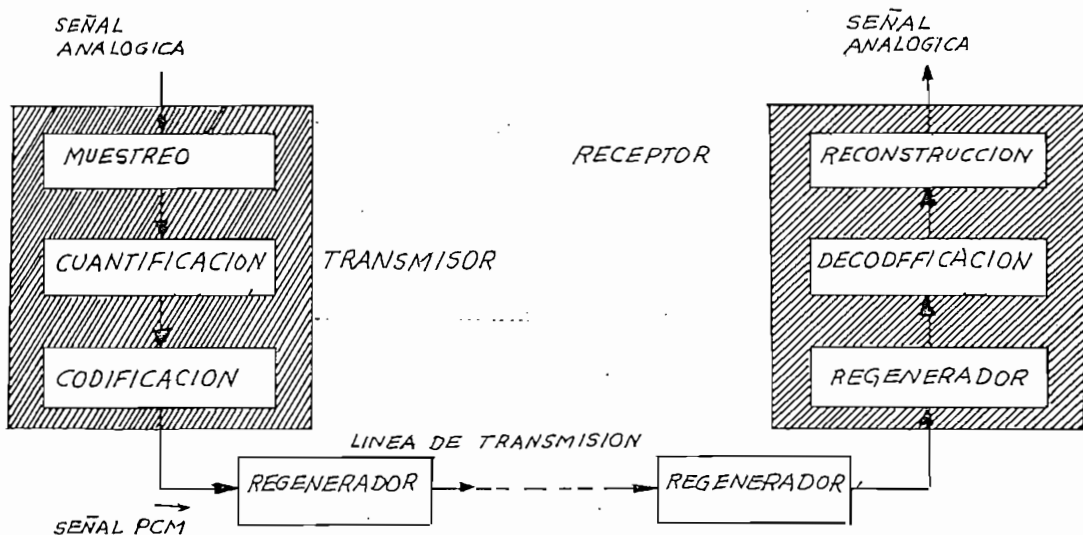
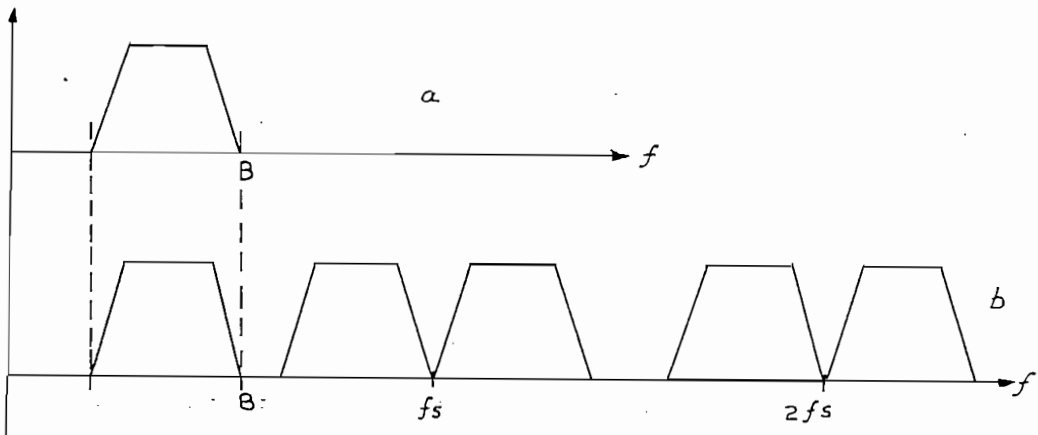


Figura # II.33

a) Muestreo

Consiste en tomar valores instantáneos de la señal a analógica a intervalos regulares de tiempo. Esta señal muestreada resulta ser entonces un tren de pulsos, cuya envolvente es la señal analógica original. Para que la información contenida en la señal original no se pierda; deben cumplirse las siguientes dos condiciones:

- La banda de frecuencia de la señal original debe ser limitada, no debe tener componentes de frecuencia en su espectro sino hasta una frecuencia máxima B .
- La velocidad del muestreo debe ser igual o mayor que dos veces esta frecuencia B . O sea $f_s \geq 2B$. Lo cual constituye el llamado teorema de muestreo ilustrado en la figura # II.34.



ESPECTRO DE FRECUENCIA DE:
 a) SEÑAL DE BANDA LIMITADA
 b) SEÑAL LUEGO DEL MUESTREO

Figura # II.34

Como se ve, el espectro de la señal luego del muestreo contiene el espectro de la señal original, de modo que no se ha perdido información.

En telefonía se usa el espectro de 300 a 3400 Hz. El espectro de la voz humana va desde unos 100 Hz hasta altas audiofrecuencias. El aparato telefónico reduce este espectro pero no lo suficiente y por eso se debe usar un filtro para bajo, antes del muestreo. En PCM se usa una velocidad de muestreo de 8000 Hz.

Generalmente se dice que la señal luego del muestreo es una señal de Pulsos Modulados en Amplitud, ya que es un tren de pulsos cuya amplitud ha sido modulada por la señal original. Pulsos modulados en amplitud PAM es un método de modulación analógico.

La relativa facilidad de obtener la señal PAM la hace atractiva para algunas amplificaciones telefónicas, pero únicamente para distancias cortas, porque de otro modo la distorsión que resulta es muy grande y se hace difícil regenerar o interpretar correctamente la información.

b) Cuantificación.

En esta etapa, la señal PAM con sus pulsos de infinitos valores de amplitud se transforman en pulsos de

valores discretos y finitos. Para lograr esto, el rango de amplitud se divide en intervalos y a todas las muestras que caen dentro del mismo intervalo, se les asigna un mismo valor. El redondeo o aproximación de este proceso, introduce en la señal un error inevitable llamado "Error de Cuantificación". Este sacrificio voluntario se lo lleva a valores aceptables haciendo un número de intervalos suficientemente grande, y es aceptable porque de esta manera se consigue una transmisión casi sin errores debido principalmente al número limitado de amplitudes.

En la figura # II.35 se muestra este proceso.

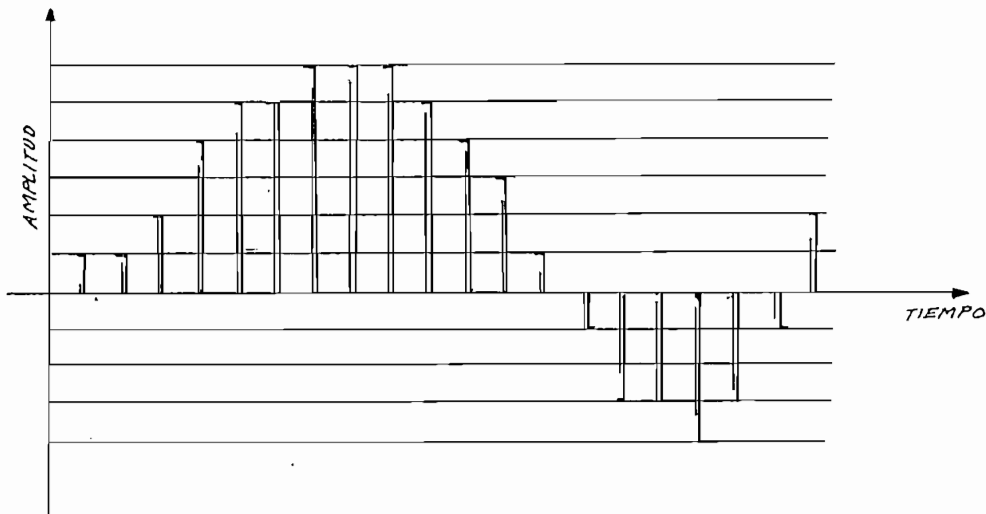


Figura # II.35

En la figura anterior el error de cuantificación es independiente de la amplitud de pulso, esto significa que alguien que hable alto y otro que hable bajo hacen oír el

mismo error de cuantificación. Por eso para obtener un error de cuantificación aceptable dentro del rango dinámico de la conversación, los intervalos de cuantificación se dimensionan de acuerdo al nivel (de acuerdo a niveles bajos de amplitud). De este modo se consigue que para niveles bajos, el error de cuantificación es pequeño y para niveles altos el error absoluto es grande. Este proceso se llama "compresión", y "expansión" el proceso opuesto. Se usa relaciones logarítmicas y el CCITT ha recomendado dos métodos conocidos como ley μ y ley A esta última mostrada en la figura # II.36.

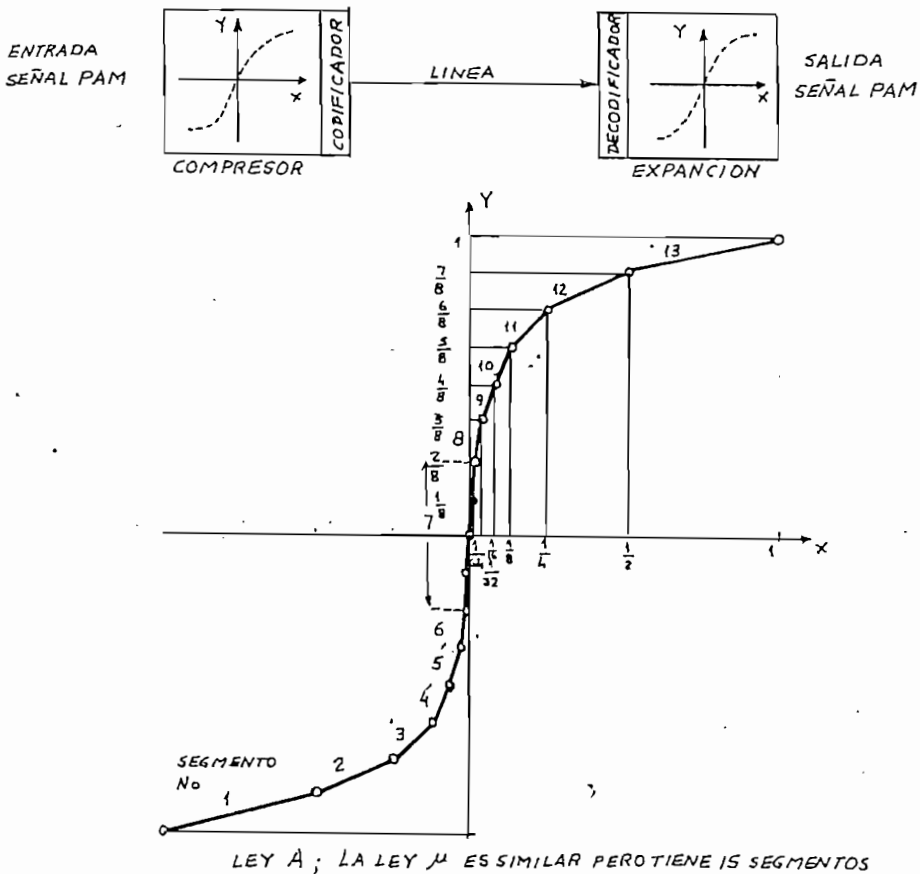


Figura # II.36

c) Codificación

Las muestras cuantificadas son todavía señales analógicas, y no aptas para ser transmitidas ya que los regeneradores tendrían dificultad en reconocer algunas amplitudes (generalmente 256).

La codificación consiste en codificar a dos o más pulsos de menor número de niveles de amplitud. Un grupo de n pulsos con b posibles valores discretos de amplitud pueden representar b^n niveles de muestras cuantificadas. (ver la siguiente tabla).

Número de niveles de amplitud. b^n	Número de pulsos codificados. n	Número de niveles por pulso codificado. b
256	1	256
256	2	16
256	4	4
256	8	2

De todos estos los más atractivos son los últimos, o sea los que tienen dos niveles, ya que coincide con una codificación binaria de dos niveles de pulsos - "1" y "0" los cuales son fáciles de regenerar ya que solo se tiene que distinguir entre dos niveles.

Esto es precisamente lo que se usa en telefonía; ver

la figura # II.37. Ya que la velocidad de muestreo es de 8000 Hz, la PCM es una señal digital de 64 Kbits/seg (con una palabra de 8 pulsos codificados).

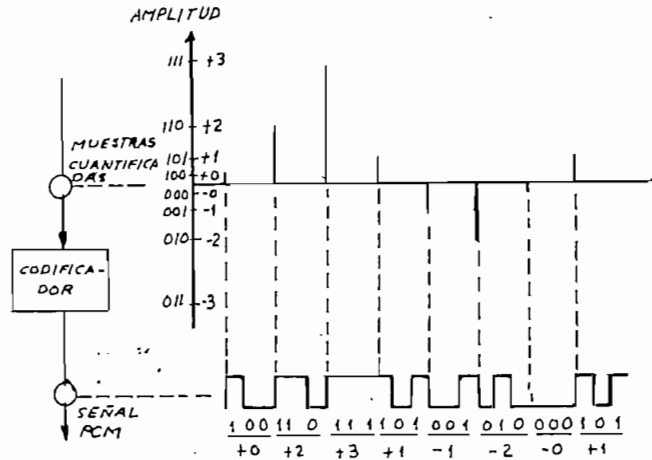


FIGURA II.37

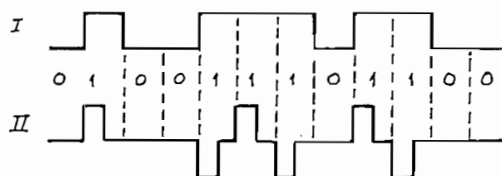
Transmisión de la señal

Hasta aquí tenemos una señal en forma de un tren unipolar que se denomina sin regreso a cero (NRZ non return to zero), ver figura # II.38.

Esta señal todavía no es apta para ser transmitida a largas distancias y por eso se la transforma a bipolar con regreso a cero (RZ = return to zero) que tiene las siguientes ventajas:

a) No tiene componentes de corriente continua.

b) La interferencia de intersímbolos casi desaparece.



I Señal NRZ

II Señal RZ

Figura # II.38

De todos modos esta señal se atenúa durante la transmisión, también se agrega ruido; y en algún punto la línea a tiene que ser restaurada, lo que se hace mediante un regenerador que examina los pulsos que le llegan, y los identifica como un "cero" o un "uno", luego produce un pulso igual al que ha identificado, y lo transmite de nuevo. (Ver la figura # II.39).

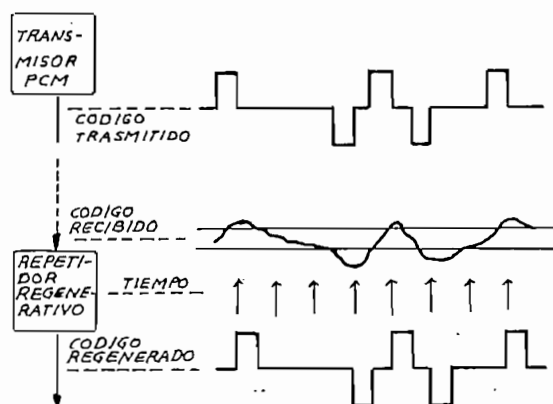


Figura # II.39

Por esto la calidad de la señal PCM es como nueva, incluso luego de pasar varios regeneradores o sea una considerable distancia.

Demodulación

El proceso en el receptor para convertir la señal PCM a señal analógica se compone otra vez de una regeneración (igual que en la línea); decodificación y reconstrucción.

Antes de la decodificación, los pulsos bipolares se los hace unipolares.

En el proceso de decodificación se reconstruye en un filtro pasa bajo (ver figura # II.40), el cual tiene una frecuencia limitada igual a B Hz.

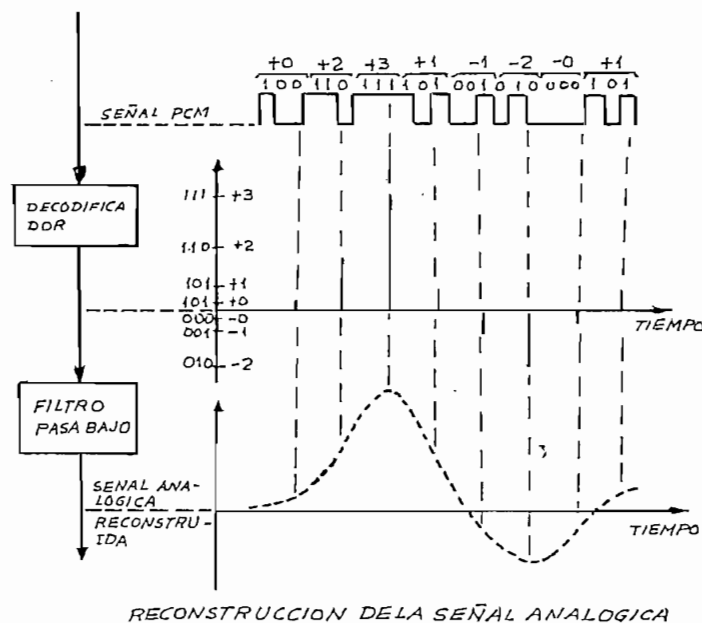
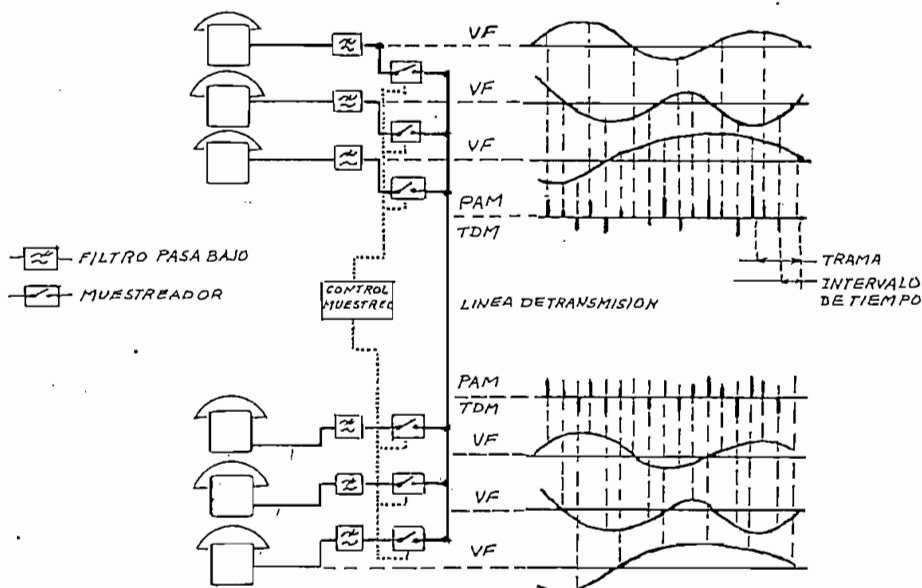


Figura # II.40

Sistema de transmisión PCM

TDM Multiplex por división de Tiempo

Varias señales en forma de pulsos pueden ser transmitidas a través de un medio de transmisión común. En la figura # II.41 se puede ver como tres señales PAM se multiplican por división de tiempo.



SISTEMA DE TRANSMISION PAM USANDO MULTIPLEX POR DIVISION DE TIEMPO TDM

Figura # II.41

Los pulsos de las tres señales se intercalan al abrir -
 compuertas de muestreo, cíclicamente. Durante un ciclo
 la línea recibe un pulso PAM de cada una de las señales
 que participan. Este juego de pulsos se denomina TRAMA
 El intervalo que cada uno de estos pulsos ocupa, se llama

ma INTERVALOS DE TIEMPO. En el ejemplo de la figura cada Frame (trama) tiene tres Times Slots (intervalos de tiempo).

En el lado de recepción los pulsos se distribuyen, lo cual se hace abriendo cíclicamente las compuertas, las cuales están controladas por el mismo sistema que controla las compuertas del transmisor. Se debe tomar en cuenta el retardo, aunque este no se ha dibujado en la figura # II.41.

En PCM la multiplicación se hace antes de que los pulsos sean codificados como se indica en la figura II.42. De este modo se intercalan palabras PCM y no solo pulsos.

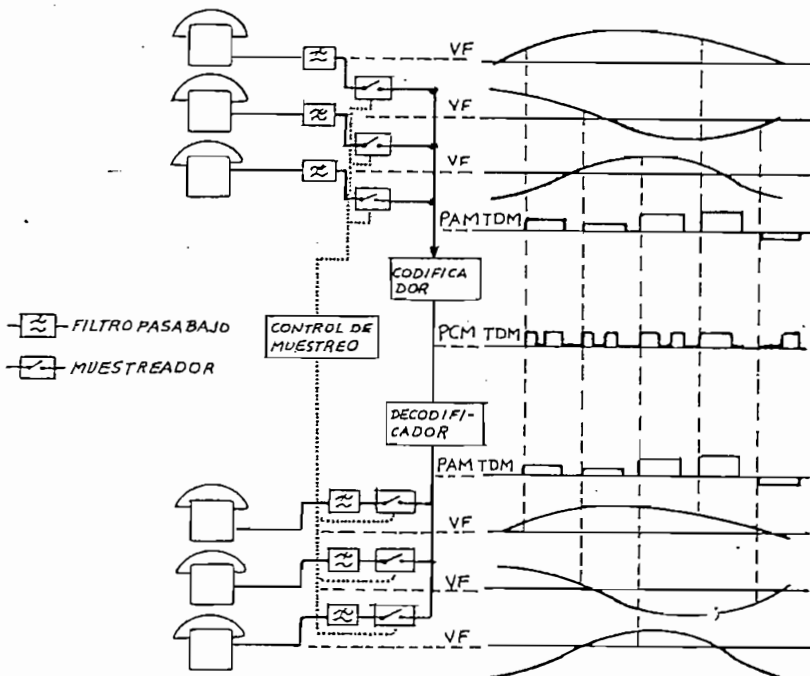


Figura # II.42

Ordenes de Sistemas PCM

Sistemas de Primer Orden

El CCITT ha recomendado dos sistemas de primer orden: El Sistema PCM para telefonía de 30 canales y el Sistema - PCM de 24 canales. Estos sistemas son la base para formar las jerarquías de los sistemas digitales de transmisión.

Es necesario distinguir entre el equipo Multiplex PCM o terminal PCM y la línea de transmisión PCM. El equipo - múltiplex PCM convierte las señales analógicas (30 o 24) a señales digitales; en el lado de transmisión; y lo inverso en el lado de recepción. La línea de transmisión lleva la señal digital entre dos equipos múltiplex.

En adelante trataré con cierto detalle el sistema PCM - de 30 canales.

Sistema de 30 Canales

En este sistema, treinta canales de voz analógicos junto con su señalización se convierten en una sola señal digital.

La estructura de este sistema se ve en la figura # II.43

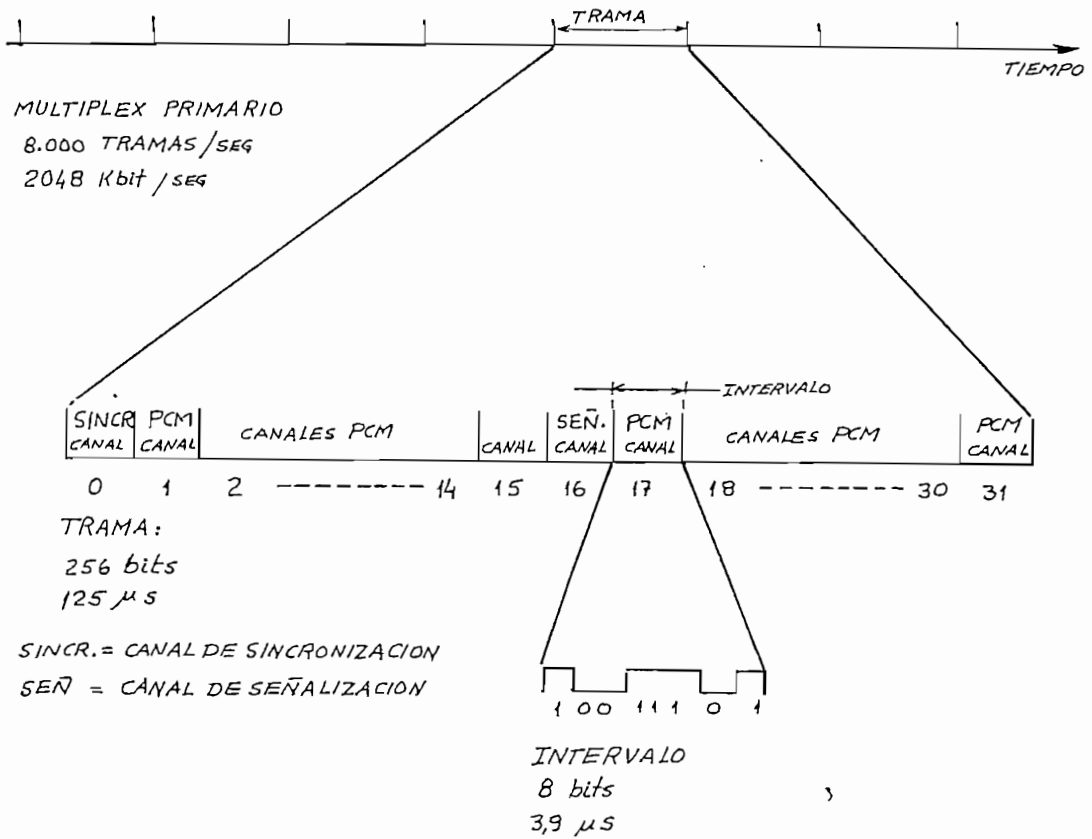
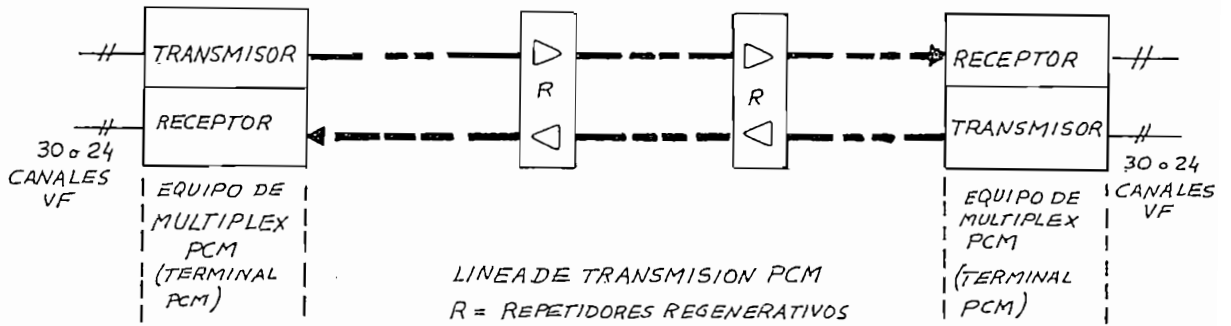


FIG. II.43

La señal se divide en Tramas con una velocidad de repetición de 8000 Tramas/seg. Cada trama consiste en 32 intervalos de tiempo de los cuales 30 se usan para canal de voz; uno para señalización y el restante para sincronización.

El intervalo de tiempo (palabra de 8 bits) número cero en cada Trama contiene la información necesaria para mantener sincronizados el transmisor y el receptor.

El intervalo de tiempo 16 puede usarse para muchas aplicaciones de señalización ya que 64 Kbits/seg. da una flexibilidad capaz de adaptarse a cualquier esquema de señalización futuro lo cual es importante considerar en caso de una futura red digital (ver la figura # II.43).

El CCITT ha recomendado que el intervalo de tiempo para señalización se use para señalización por canal común o para señalización por canal asociado.

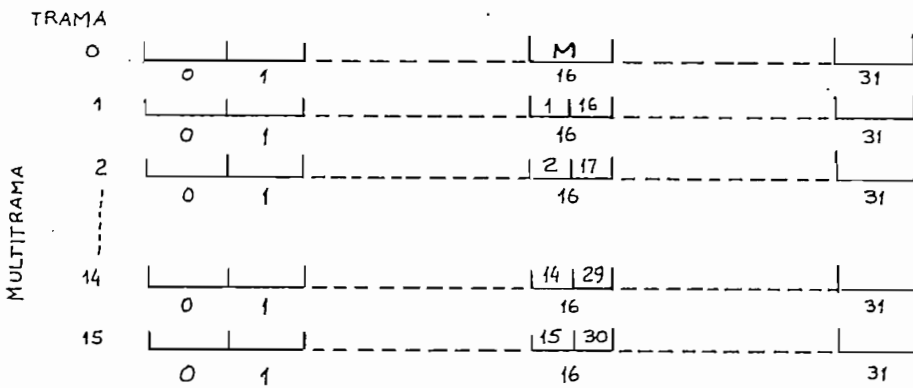
No hay recomendación todavía en cuanto a la señalización por canal común.

Señalización por canal asociado significa que las señales de cada canal de conversación, se transmiten por el

mismo canal de voz correspondiente. Esta forma es la que se usa actualmente.

Este tipo de señalización por canal asociado, en el caso de transmisión PCM tiene el siguiente esquema:

Se usa el intervalo de tiempo número 16 en secuencia de 16 Tramas (Multitrama) como se muestra en la figura II.44



M = Palabra de Multitrama

Figura # II.44

En el primer trama de la secuencia, el intervalo de tiempo 16 lleva una palabra que indica al receptor que va un nuevo grupo de 16 multitramas.

Los 8 bits del segundo trama llevan la información de señalización del canal 1 y 16 (ocho bits por cada canal).

Los 8 bits del tercer trama llevan la información de señalización del canal 2 y 17.

Y así sucesivamente en las siguientes tramas, como se ve

en la figura # II.44.

Sistema de 24 Canales

La estructura de este sistema es un poco diferente como se puede ver en la figura # II.45

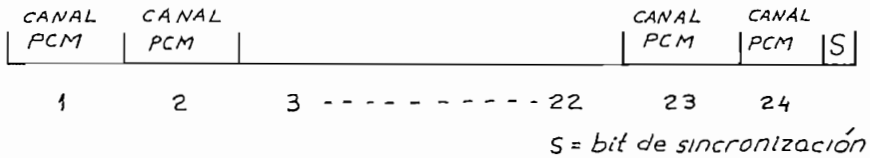


Figura # II.45

En este sistema no hay ningún intervalo de tiempo designado para sincronización. En cambio para transmitir las señales se toma el bit menos significativo de cada canal PCM luego de cada 6 tramas, y para sincronización se agrega un bit.

Como se desprende de la figura # II.46, ambos sistemas primarios, el de 30 canales y el de 24 canales son incompatibles ya que tienen diferentes intervalos de tiempo, diferentes formas de transmitir la señalización y usan diferentes leyes para la codificación.

Sin embargo el CCITT se halla empeñado en encontrar un

sistema que permita la conversión entre palabras PCM codificadas con diferentes leyes para evitar tener que hacer la conversión a señal analógica cuando se trate de interconectar entre sí los diferentes sistemas PCM.

	SISTEMA DE 30 CANALES	SISTEMA DE 24 CANALES
<i>Banda de audio frecuencia</i>	300-3400 Hz	300-3400 Hz
<i>Velocidad de Muestreo</i>	8.000 Hz	8.000 Hz
<i>Bits por muestra</i>	8	8*
<i>Intervalos por trama</i>	32	24
<i>Canales PCM por trama</i>	30	24
<i>Velocidad de salida de bits</i>	2048 Kbit/seg	1544 Kbits/seg
<i>Ley de codificación</i>	Ley A, $A = 87.6$	Ley μ , $\mu = 255$
<i>CAPACIDAD DE SEÑALIZACIÓN:</i>		
- POR CANAL ASOCIADO	1-4 CANALES DESEÑAL POR CANAL PCM	1-2 CANALES DESEÑAL POR CANAL PCM
- POR CANAL COMUN	64 Kbit/seg	4 Kbit/seg
	*) SOLO 7 bits cada 6 tramas si se usa señalización por canal asociado	

Figura # II.46

Las líneas de transmisión para interconectar los multiplex primarios son generalmente pares de cables ya existentes en una red analógica de frecuencia vocal.

Para una línea PCM se necesitan 2 pares, uno para cada sentido de la transmisión.

La línea debe estar equipada con regeneradores cada 1,5 a 2,5 Km., dependiendo del tipo de cable. Esta distancia es aproximadamente la misma que se usa para poner bobinas de pupinización en los cables pupinizados, lo

que significa que en la práctica se puede reemplazar - la bobinas (de los pares seleccionados para PCM) por re generadores.

Las líneas de transmisión se designan para llevar señales digitales de velocidades específicas, 2048 o 1544 Kbits/seg.

Las señales digitales, a más de llenar los requerimientos mencionados anteriormente, necesitan ser distribuidas, ya que los circuitos de tiempo de los regeneradores y del receptor no soportan una señal larga compuesta únicamente de ceros, ya que pierden su sincronismo, esto se evita distribuyendo, o generando un código que agrega a la señal digital a transmitirse, ciertos pulsos que luego en el receptor son reconocidos.

Sistemas de PCM de segundo orden

Los sistemas de primer orden que he revisado se usan para aplicaciones de distancias cortas.

Para distancias medias y largas en la red, donde se necesita una capacidad de canales mayor, es más práctico y económico agrupar juntos un cierto número de sistemas primarios para transmitirlos por una línea de transmisión común, formando de este modo sistemas de órdenes superiores.

El CCITT ha recomendado dos sistemas de segundo orden, estos tienen mltiplex digitales y se basan en los sistemas primarios de 30 canales y de 24 canales.

Ambos sistemas de segundo orden combinan cuatro seales PCM primarias en una sola seal, ver la figura # II.47.

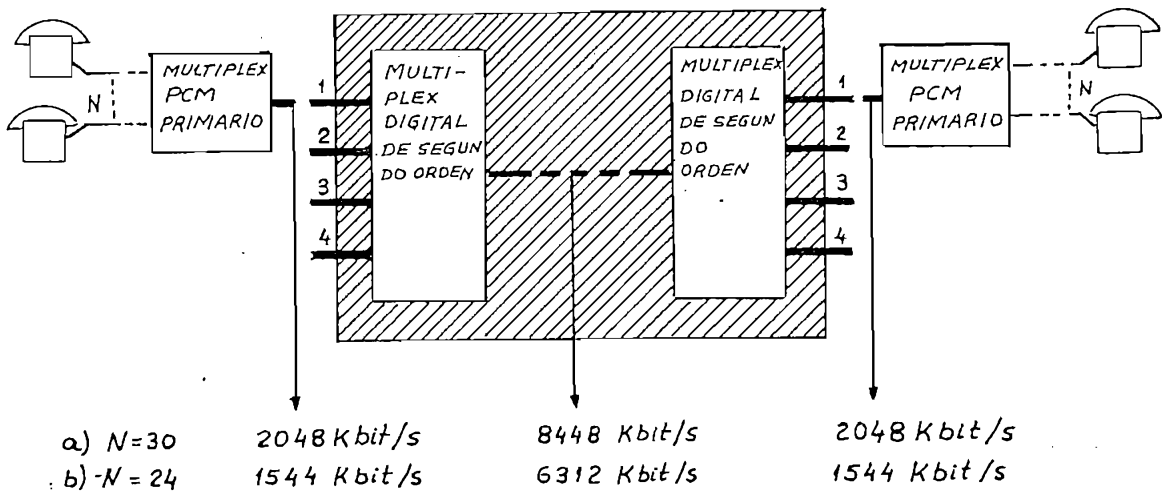


Figura # II.47

Las seales son multiplicadas por intercalaci3n de bits y no de intervalos de tiempo. Ver figuras # II.48 y - Tabla # II.4.

Sistemas de PCM de 3rdenes superiores

De una manera similar que para obtener sistemas de segundo orden, se puede conseguir sistemas que tengan mayor capacidad, como se ve en la figura # II.49.

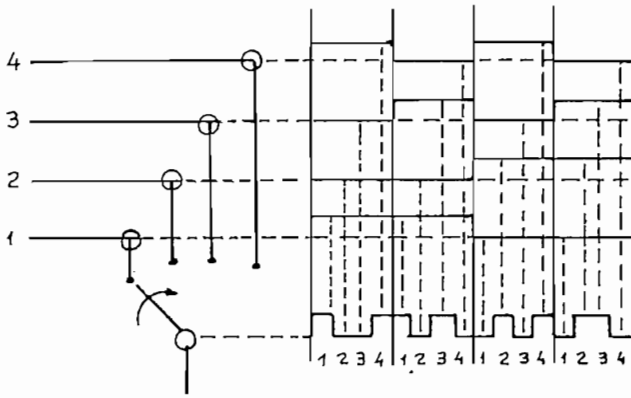


FIG. II.48 a

ORDEN	VELOCIDAD DE BITS - M bit/s	Nº DE CANALES POR MULTIPLEXOR DIGITAL	PAIRES SIMÉTRICOS	PAIRES SIMÉTRICOS NUEVO TIPO	MICRO CABLE COAXIAL	PEQUEÑO CABLE COAX.	CABLE COAXIAL NORMAL	RADIO ENLACE 12 GHz	GUIA DE ONDA 30-120 GHz	FIBRAS OPTICAS
1	2,048	30	X	X						
2	8,448	120		X	X	X		X		X
3	34,368	480		X	X	X	X	X		X
4	139,264	1920				X	X	X	X	X
5	~ 565.	7.680					X		X	X

FIG. II.48 b

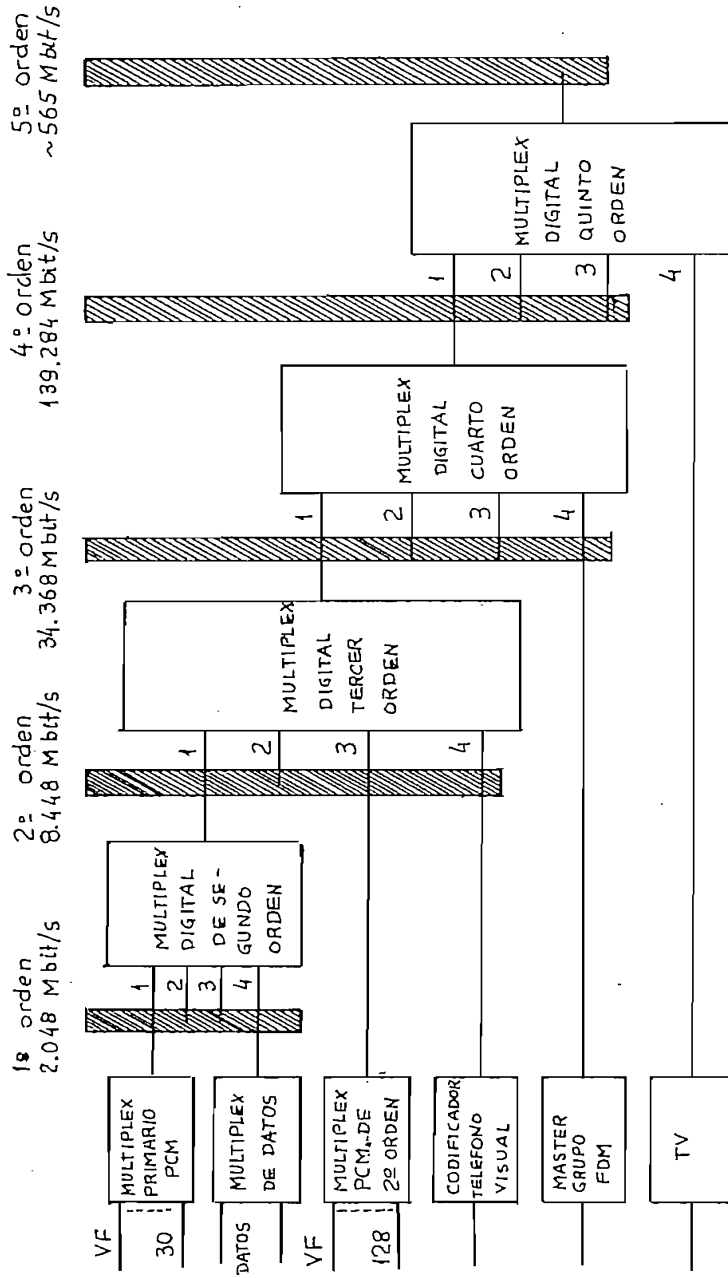


FIG. II. 49 POSIBLE JERARQUIA DIGITAL BASADA EN EL SISTEMA PCM DE 30 CANALES

Redes Telefónicas Digitales

1) Aplicaciones de Tecnología digital en la Red

Como hemos visto (en el capítulo de redes) los circuitos que existen en una red nacional se dividen en tres categorías:

- 1.- Red de sistema telefónico local (de abonados).
- 2.- Red de líneas de enlace.
- 3.- Red de larga distancia.

La primera Red, por ser demasiado compleja, con muchísimos circuitos y que demanda que todos los abonados tengan un servicio similar, es la parte más conservadora de la red total en cuanto a cualquier innovación.

En la red de líneas de enlace es más factible, práctico y económico introducir transmisión digital para áreas urbanas grandes y para zonas rurales cercanas, las cuales pueden tener necesidad de algunas decenas de circuitos y se ve en los sistemas de PCM de baja capacidad una solución favorable.

En la red de larga distancia, en donde hay que cubrir distancias muy grandes, parece que los sistemas de onda portadora serán competitivos por algún tiempo más.

2) Desarrollo hacia una Red digital

En las zonas nuevas puede implementarse cualquier sistema nuevo, como el digital, sin mayor problema de incompatibilidad.

En zonas donde existen ya redes establecidas, la conmutación y transmisión digital puede introducirse de tres diferentes maneras:

- a) se puede sobreponer al equipo existente, de modo que el sistema viejo y nuevo trabajen en diferentes partes de la red sin interferir uno con otro.
- b) Se puede reemplazar totalmente el equipo existente por uno digital.
- c) se puede actualizar parte del equipo analógico existente.

Por lo que se puede ver parece que siempre se tendrá que usar las tres formas mencionadas para introducir los nuevos sistemas digitales.

Como ejemplo de un desarrollo hacia una red digital, he puesto a continuación las figuras # II.50 y II.51; En estas figuras tenemos:

- a) Existe una red analógica con cinco centrales locales en un área urbana, en esta red por razones económi -

cas se han puesto algunos enlaces digitales entre dos centrales. Las señales digitales se las convierte a analógicas antes de ser conmutadas.

b) Una de las centrales analógicas vieja se ha reemplazada por una nueva electrónica con selector de grupo digital, la introducción de este tipo de selector abaratará los costos de transmisión, ya que se evita la conversión de analógico a digital y viceversa.

Además se ha puesto otro enlace digital entre otras dos centrales analógicas.

c) Esta es una posible situación algunos años después - cuando exista demanda en nuevas áreas de la ciudad. En este ejemplo se ha introducido otra central digital y en vez de conectar nuevos abonados a las centrales analógicas se los ha conectado a un concentrador digital, que en este caso no es más que la parte del paso de abonados de las centrales digitales. Es to es posible ya que al haber una línea capaz de transmitir datos se puede controlar los concentradores desde el procesador central de las centrales digitales.

d) En esta etapa ha sido posible suprimir todo el equipo analógico, y tender una red de líneas de enlace de esta ciudad, totalmente digital que consiste de ú

nicamente tres centrales digitales y varios concentradores.

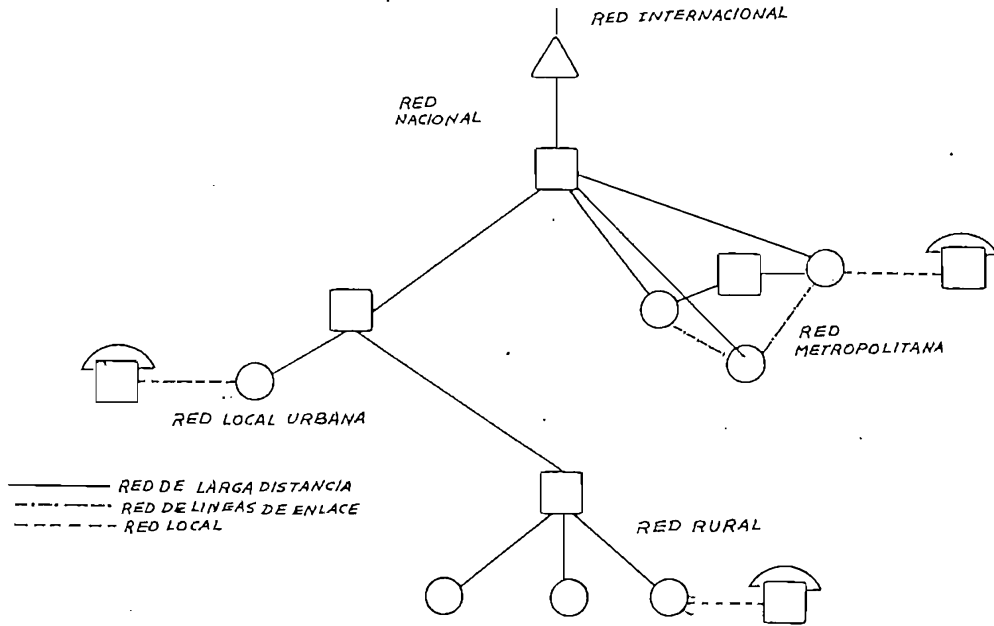


Figura # II.50

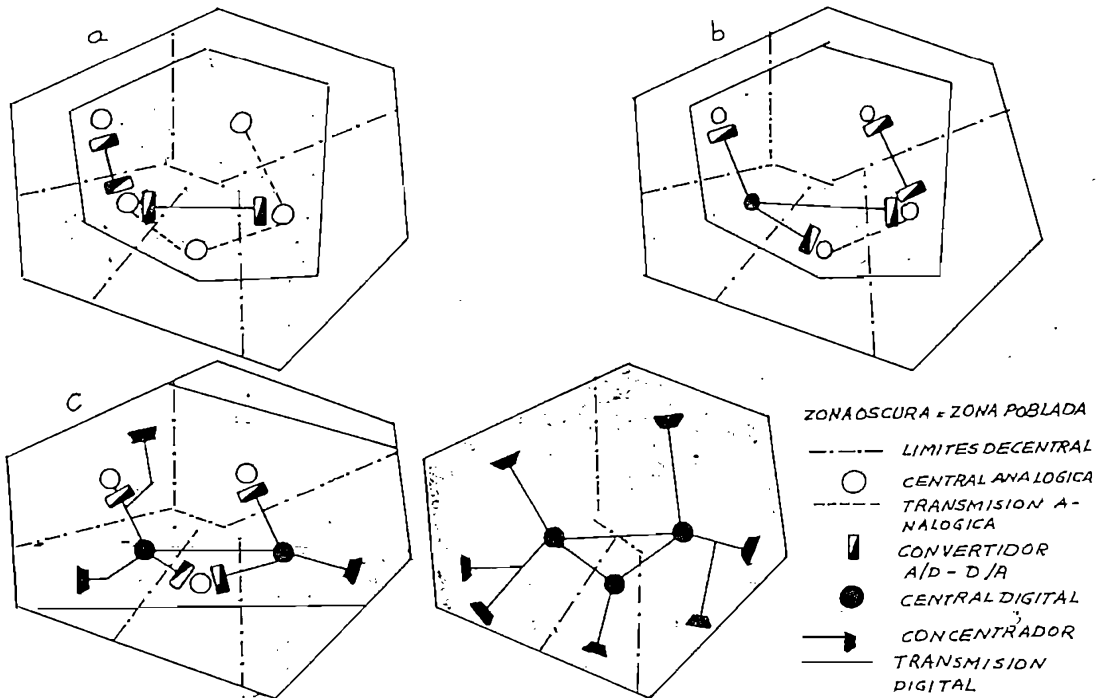


Figura # II.51

La localización de los concentradores en la red local - dependerá mucho de la capacidad de los cables en sí y del espacio en los edificios. Varias posibilidades para la localización de los concentradores y su conexión al selector de grupo digital se muestran en la figura # II.52.

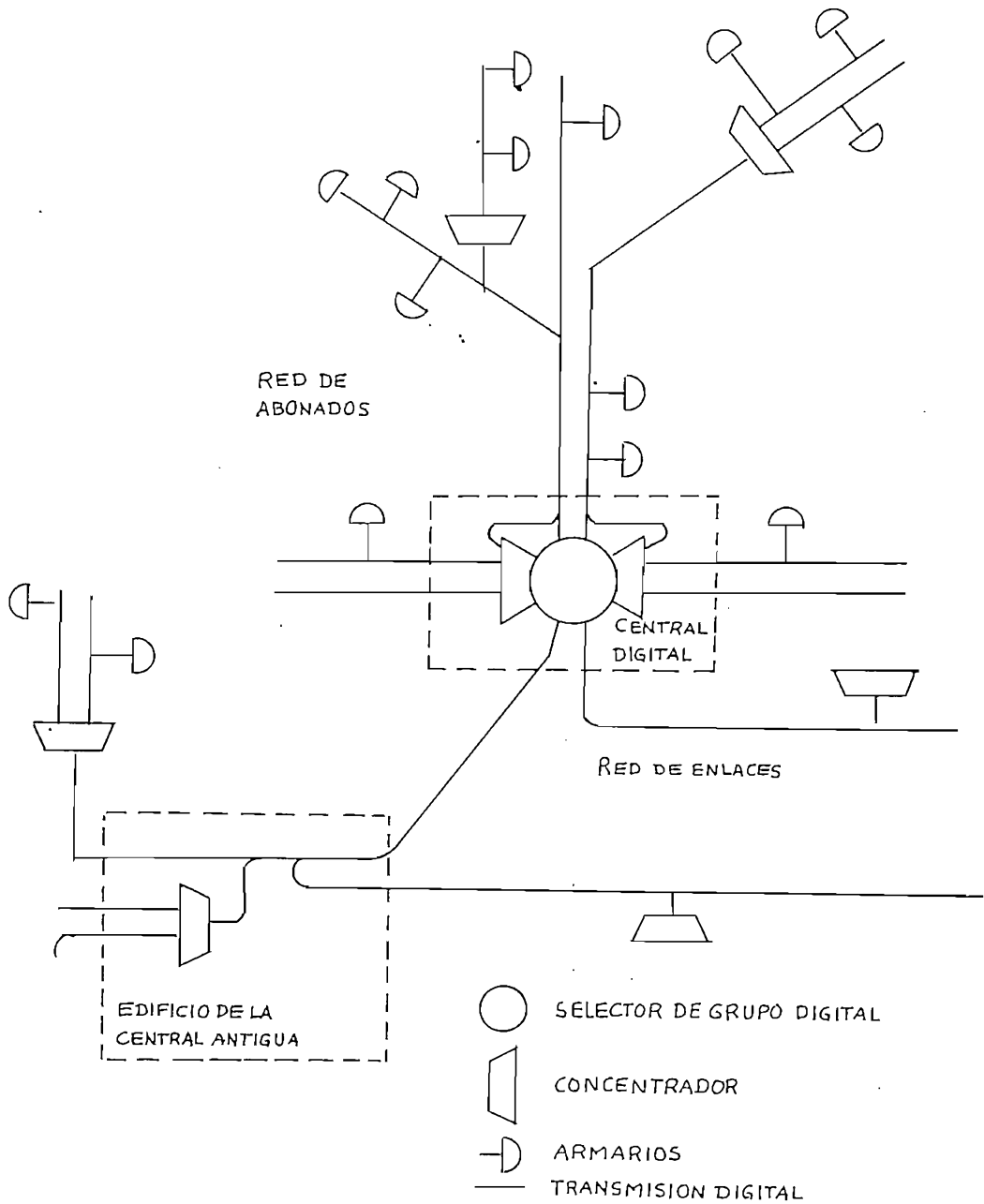


Figura # II.52

Consideraciones Técnicas en la Planificación de Redes Digitales en Zonas de Multicentrales (Red de líneas de enlace en una zona urbana grande)

1) Enrutamiento

El uso de concentradores remotos para conectar los abonados hará que sea económico agrandar las áreas centrales. Los selectores de grupo digitales tendrán mayor capacidad y combinadas con un tipo de señalización por canal común hará que el uso de circuitos bidireccionales entre centrales, sea más interesante y atractivo.

En resumen, habrá menos centrales con mayor número de líneas directas; no habrá mayor necesidad de centrales Tandem, de este modo habrán menos jerarquías de centrales.

Una estrategia conveniente, puede ser la instalación de una central tandem digital, como primera etapa y hacer que esta central tandem se encargue de conectar la red digital a la analógica. Esto sería favorable porque respaldaría la nueva técnica y ayudaría a evitar el desarrollo de las centrales analógicas existentes.

Cuando las partes antiguas sean reemplazadas, la cen

tral tandem se usaría ya para su función específica. Si el reemplazo es lento, la sobre capacidad de la central tandem digital se puede usar para conectar concentradores; siempre dependiendo de las características particulares como son la forma y medios de transmisión y tipo de señalización que haya en la red y sobre todo del factor económico.

2) Numeración

Para evitar confusiones se debe adoptar el principio de que los concentradores tengan las mismas series - numéricas de su central local digital superior.

3) Sistemas de Transmisión

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, la jerarquía de PCM en cuanto a velocidad de transmisión será de 2, 8, 34, 140 y 505 Mbits/seg. (30, 120, 480 1920 y 7680 canales). La transmisión a 2 Mbits/seg se puede hacer en pares de cables del tipo existente mientras que para las otras se necesitan cables de pares blindados o cables coaxiales especiales.

La transmisión por radio en zonas urbanas no es de mayor interés.

Entre centrales analógicas normalmente es ventajoso

usar PCM en las vías que son largas (6 - 12 Km) mientras que entre centrales analógicas y digitales o entre canales digitales, la distancia no importa y resulta más económica siempre la transmisión digital.

La red de transmisión digital será formada de varias secciones digitales comunes a muchas vías cada una de diferente tamaño y tipo (vías de enlace local, local-tandem, local-tránsito, etc.). Consecuentemente estas secciones tienen una capacidad grande de canales. Al principio estas secciones serán parte de una red en estrella, pero posteriormente se llegará a una red digital en polígono.

En el futuro las redes metropolitanas grandes serán redes digitales en polígono, con sistemas de PCM de jerarquía alta (por ejemplo de 140 Mbits/seg) y de redes en estrella de sistemas de 2 Mbits/seg para conectar las centrales periféricas.

4) Plan de Transmisión

Como se sabe, el equivalente de referencia es el parámetro más importante para la planificación de la transmisión. El CCITT recomienda no solo los límites superiores sino los valores medios para los Equivalentes de referencia Nacionales. El valor medio del equivalente en la emisión (SRE) ha de estar entre 10 y 13 dB y el de -

recepción (RRE) entre 2,5 y 4,5 dB. Por lo tanto el equivalente de Referencia medio efectivo para conexiones internacionales será de 13 - 18 dB.

Para la planificación de una red como la que estamos tratando, se aplica lo siguiente: Con la introducción de FCM en las vías más largas entre las centrales locales, se reducen los equivalentes de referencia. El desarrollo futuro con concentradores digitales junto con la conmutación y transmisión digital reducirá aún más los valores del equivalente de referencia y cuando se introduzcan aparatos telefónicos digitales (que convierten la voz a pulsos en el mismo aparato) se podrán elegir equivalentes de referencia, para los aparatos, tales que ofrezcan la mejor distribución de los equivalentes de referencia, para el resto de la red.

Cuando toda la red sea digital, todos los abonados tendrán equivalentes de referencia SRE y RRE idénticos y la planificación se podrá hacer hasta llegar a valores ideales, incluyendo también la prevención de los valores de equivalentes de referencia muy bajos.

La substitución de una central analógica por una digital, conservando los enlaces de transmisión analógicos, equivale a introducir un tramo de transmisión extra, si los enlaces analógicos son de dos hilos, la central digital será un tramo pequeño de 4 hilos, donde se debe

mantener la estabilidad; una manera de hacer eso es insertar atenuadores extra, con lo que la distribución de equivalentes de referencia puede llegar a sus valores más altos. Por lo tanto a menos que inmediatamente después de poner esta central digital en un ambiente analógico, se introduzcan medios de transmisión digitales, puede llegarse a extremos no permitidos. Definitivamente no se puede planificar una red que deje estas centrales digitales aisladas ya que resultaría una red nada flexible y sobre todo muy cara.

5) Señalización

Una red digital, superpuesta o de reemplazo ha de usar la señalización por canal común (CCS). La cantidad de equipo de señalización para colaborar con la red analógica existente, se minimiza si el interface entre la red analógica y digital no es atravezada más que una vez por llamada individual. También se reduce la cantidad de equipo de señalización, si este interface se realiza en los niveles más altos de la red lo que evita el uso de MFC en las centrales digitales de niveles más bajos.

En una vía PCM entre una central analógica y una digital se debe usar el mismo sistema de señalización CCS que en la red totalmente digital.

En casos de enlaces analógicos se debe usar una ver-

sión analógica de la señalización por canal común CCS.

En una vía de una central digital y un concentrador asociado a esta, depende mucho del tipo de comunicación - del procesador central de la central analógica, pero debe tratarse de que se usen los mismos principios de señalización CCS que para centrales autónomas.

6) Sincronización

La red digital integrada, introduce un nuevo concepto en Telefonía, este es la Sincronización que debe tratarse como un plan Nacional de Sincronización adicionalmente a los tradicionales como enrutamiento, numeración, etc.

Este plan Nacional de sincronización define la localización de los relojes maestros dentro de la red, - las tolerancias de estos relojes, y el método de sincronización que debe usarse.

Comunicación Optica

Dentro de unos pocos años, los sistemas de transmisión por fibras ópticas van a ser instaladas en gran escala en la red de telecomunicaciones. El ejemplo de fibras ópticas para transmitir señales digitales da una serie de ventajas, entre las que se pueden mencionar:

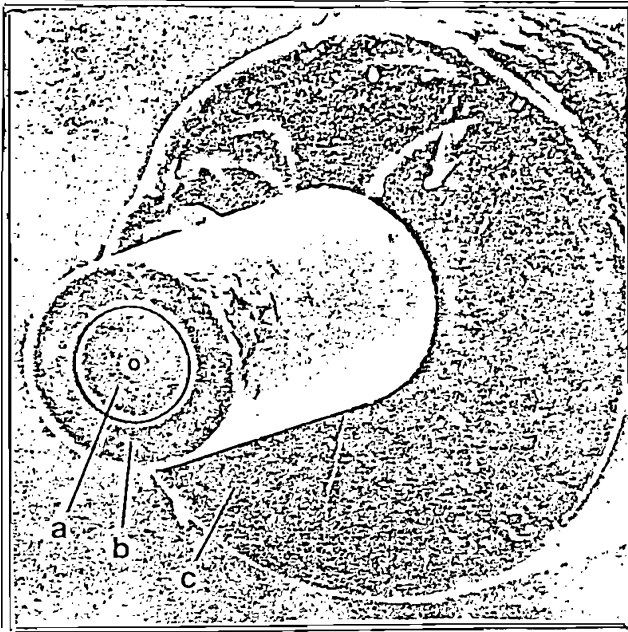
- Baja atenuación, que permite grandes distancias entre repetidores.
- Gran ancho de banda, lo que permite tener capacidades de transmisión muy grandes.
- Los cables de fibras son delgados y livianos.
- Insensibilidad ante fenómenos atmosféricos.
- Los cables de fibras pueden hacerse sin componentes metálicos.
- No existe ninguna diafonía entre las diferentes fibras de un mismo cable.
- Es imposible interceptar una comunicación.

Las líneas de A.F. por fibras ópticas permiten aumentar las distancias entre amplificadores, en comparación con sistemas de cable coaxial o de pares; y los cables de fibras ya son más baratos que los cables coaxiales.

La Fibra Optica

Una fibra óptica está compuesta de un núcleo de sección circular de vidrio con impurezas (dopado) rodeado por una envoltura de vidrio, un diámetro típico de núcleo es 50 μm y un diámetro exterior de 125 μm . La fibra se protege con una capa de goma silícica y así conseguir gran resistencia mecánica. Ver la figura # II.53.

En su forma más simple, la fibra denominada de "índice de refracción relativo", la energía luminosa se propaga



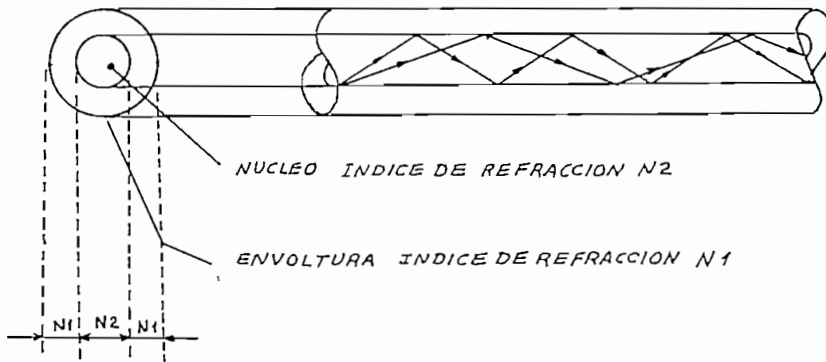
- a* = NUCLEO $\phi = 30 - 100 \mu m$
b = ENVOLTURA $\phi = 100 - 200 \mu m$
c = GOMA SILICICA $\phi = 0.3 mm$
d = CUBIERTA (NO MOSTRADA)
 $\approx 1.0 mm$

FOTOGRAFIA DE UNA FIBRA OPTICA CON UN MICROSCOPIO ELECTRONICO
 DIAMETRO DEL NUCLEO = $50 \mu m$

Estructura de una Fibra óptica

Figura # II.53

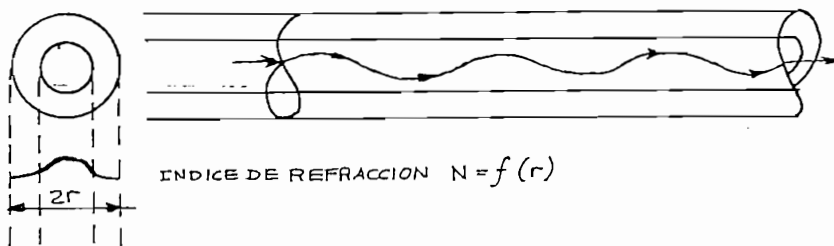
a través de la fibra por reflexiones totales en el límite entre el núcleo y la envoltura. Hay reflexión total ya que el índice de refracción del núcleo es superior al de la envoltura (figura # II.54). Ya que la longitud de onda es diferente para los haces de luz con diferente ángulo de incidencia, con respecto al eje de la fibra, se produce una distorsión del tiempo de propagación que causa una dispersión de pulsos.



Transmisión por "fibra de índice de refracción"

Figura # II.54

Para evitar este problema se estructura el núcleo de la fibra de modo que el índice de refracción de éste, sea mayor en el centro y vaya disminuyendo radialmente hacia la superficie externa del mismo; así la dispersión se compensa y aumenta la capacidad de transmisión de la fibra. Este tipo se llama "fibra de índice gradiente" Ver la figura # II.55.



Transmisión por "fibra con índice de refracción gradiente"

Figura # II.55

II.4 EQUIVALENTE DE REFERENCIA Y NIVELES RELATIVOS

II.4.1 GENERALIDADES

Distintos grupos de personas técnicamente activos, generalmente forman su propio idioma cuando tratan problemas comunes, así ha sido en el caso de la técnica de transmisión telefónica. Entre los términos que se usan el concepto de "Equivalente de referencia" es el que más raro suena. Su definición no está basada en una relación física claramente definida.

Para comprender el origen de la definición del equivalente de referencia es necesario regresar hasta la niñez del teléfono, a fines del siglo pasado hasta 1926. Durante este tiempo se construyeron en varios países sistemas telefónicos compuestos del aparato telefónico, una línea sin amplificación y otro aparato telefónico. Las mejoras que se iban haciendo, principalmente en los micrófonos de los aparatos, se aprovecharon para comunicaciones a distancias siempre más largas. En este tiempo el método más práctico y exacto para medir una cierta mejora en la transmisión de un nuevo aparato telefónico, era el compararlo con el aparato anterior, aumentando la longitud de la línea con el aparato nuevo hasta que se consiguiera el mismo sonido que con el viejo y la línea sin aumentar su longitud, midiendo con un volumen de voz constante. El aumento de longitud de la

línea que podía hacerse al circuito representaba la longitud equivalente de la línea, o atenuación equivalente para el nuevo aparato. Cuando se hacía en esta forma, la administración telefónica en cuestión había obtenido un nuevo standard de transmisión, representado por los aparatos telefónicos en uso y por la máxima atenuación de línea permisible. De esta manera, cada administración obtuvo distintos standards de transmisión, cuyas relaciones entre ellas era necesario definir cuando se empezó a establecer comunicaciones telefónicas internacionales. De los problemas que de allí surgieron, nació la organización internacional CCIF (Comité Consultatif International Téléphonique) que fue reemplazado en 1956 por el CCITT (Comité Consultatif Téléphonique et graphique).

En 1925 la Bell Telephone System, había construido su Master Telephone System, compuesto de un micrófono de condensador con su amplificador, un atenuador, un amplificador para el receptor y un receptor electrodinámico. La parte emisora y la receptora de este sistema telefónico representaba en aquel tiempo el mejor que había y fue adoptado por el CCIF en 1926 como sistema de referencia para comparar cualquier sistema nacional telefónico con su línea. Este sistema de referencia se llamó S.F.E.R.T.

Desde aquel año, 1926, el Equivalente de Referencia se

definió con relación al S.F.E.R.T. como el número de dB o neper que es necesario quitar o agregar al sistema de referencia para obtener el mismo nivel de voz a volumen de voz constante, escuchando alternativamente el sistema en prueba y el de referencia.

Para crear normas para la telefonía internacional era necesario determinar la atenuación máxima permisible del sistema S.F.E.R.T. para lograr una calidad de transmisión aceptable y la distribución de la atenuación permisible entre la parte receptora y la emisora del sistema nacional. La atenuación máxima permitida se fijó en 40 dB. Para la línea internacional se fijó 8,8 dB para la atenuación por pérdidas de alimentación en el micrófono a 1000 se asignó 5,2 dB y los 26 restantes se dividieron por la mitad, es decir 13dB para la atenuación en la parte de transmisión, y 13dB para la atenuación en la parte de recepción.

Los equivalentes obtenidos de estos datos se pueden ver en la figura # II.56

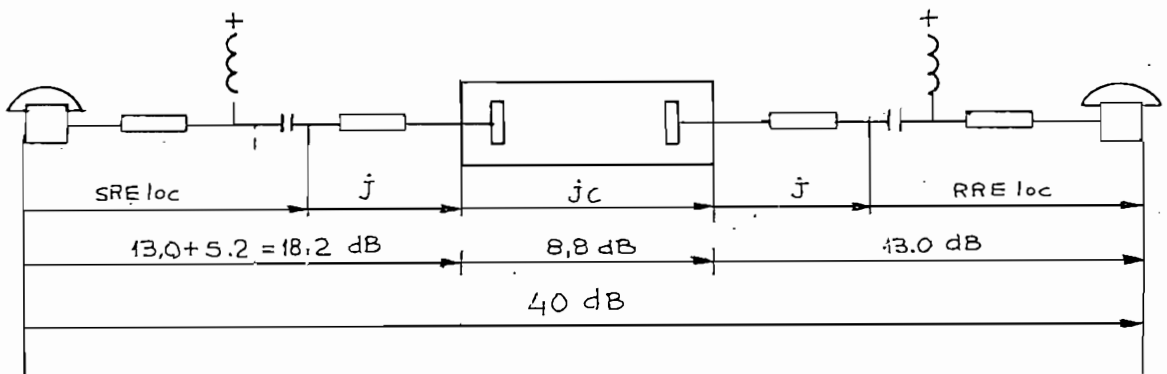


Figura # II.56 Recomendación del CCIF

El desarrollo técnico, especialmente dentro del ramo de la electrónica ha posibilitado la evolución telefónica y ha traído otro factor en las comunicaciones, este es el ruido. Los estudios que llevó a cabo el CCITT con relación a la influencia del ruido resultaron en el requisito de reducir el equivalente de referencia total - de 40 a 36 dB para compensar el deterioro.

Las mejoras realizadas han sido muy grandes para los receptores, mientras que para los emisores han sido moderadas. Se ha trabajado mucho con los micrófonos, sin embargo se han mejorado las características de respuesta de frecuencia, disminución de la distorsión no lineal, etc, con lo que ha mejorado la inteligibilidad de la señal de voz, pero como digo, en cuanto al equivalente de referencia las mejoras han sido pequeñas.

El equivalente de referencia para la recepción llega ahora a valores de -5dB hasta -8dB con relación al S.F. E.R.T. mientras que el equivalente para la emisión rara vez llega hasta el valor de cero.

La red de larga distancia ha cambiado también durante los últimos años, principalmente la red de 4 hilos ha llegado más y más cerca del abonado y en sí la red de 4 hilos forma parte de la red nacional.

El número de conexiones internacionales es serie ha au-

mentado la cantidad de eslabones, todo esto ha aumentado la cantidad de híbridos por los que debe pasar la comunicación, y cada uno de ellos constituye una atenuación fija integrante de la atenuación del Sistema Nacional.

De este modo el CCITT adoptó como su patrón, otro patrón internacional, llamado NOSFER, similar al SFERT de tal manera que cada tipo de aparato telefónico tiene que ser comparado con el NOSFER del CCITT para poder determinar su equivalente de referencia de transmisión (SRE) y de recepción (RRE).

Así, actualmente, las propiedades electrostáticas de los aparatos de abonado y de las líneas de enlace (incluyendo el puente de alimentación en la central local) se describen en función del Equivalente de Referencia.

El Equivalente de referencia del conjunto que constituye un aparato telefónico y una línea de enlace es una cantidad que se obtiene equilibrando el volumen de las señales vocales recibidas y se expresa en decibeles, con relación al NOSFER.

De acuerdo al CCITT, el procedimiento para la medida de los equivalentes se puede ver en la figura # II.57.

En serie con el objeto de medida hay un atenuador G -

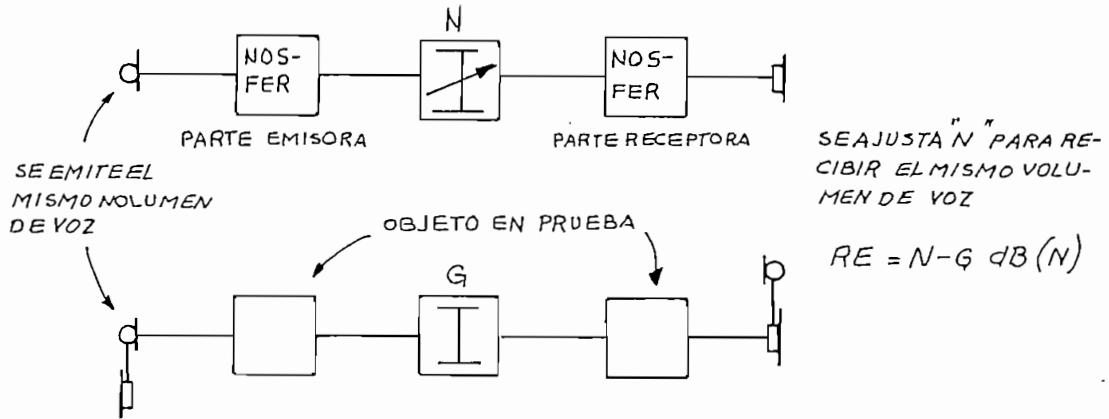


Figura # II.57

fuera del control de la persona que escucha, al efectuar la prueba, esta persona ajusta el atenuador N hasta que escuche el mismo volumen de voz, asumiendo que quien habla emite siempre la misma potencia de voz por ambos sistemas, tenemos:

Equivalente de Referencia $RE = N - G \text{ dB}(N_p)$

Si $N - G > 0$ El objeto bajo prueba es inferior (da menos potencia) que el NOSFER.

Si $N - G < 0$ El objeto bajo prueba es mejor que el NOSFER.

Es posible usar la parte de emisión, la de recepción y la línea intermedia y el atenuador N del NOSFER para comparar con cualquier parte del sistema bajo prueba.

Para determinar el Equivalente de referencia de emisión SRE de un aparato telefónico con su línea de abonado se usa el circuito de la figura # II.58.

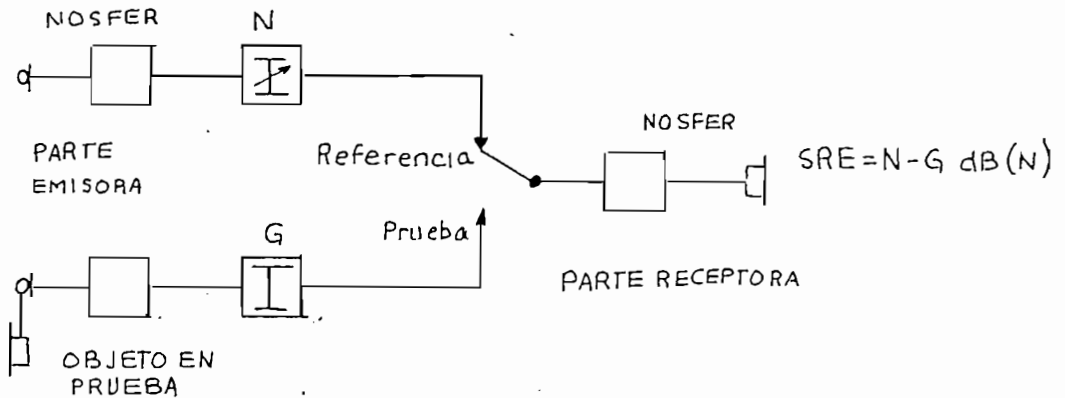


Figura # II.58

Para determinar el Equivalente de referencia de recepción RRE de un aparato telefónico con su línea de abonado se usa el circuito de la figura # II.59.

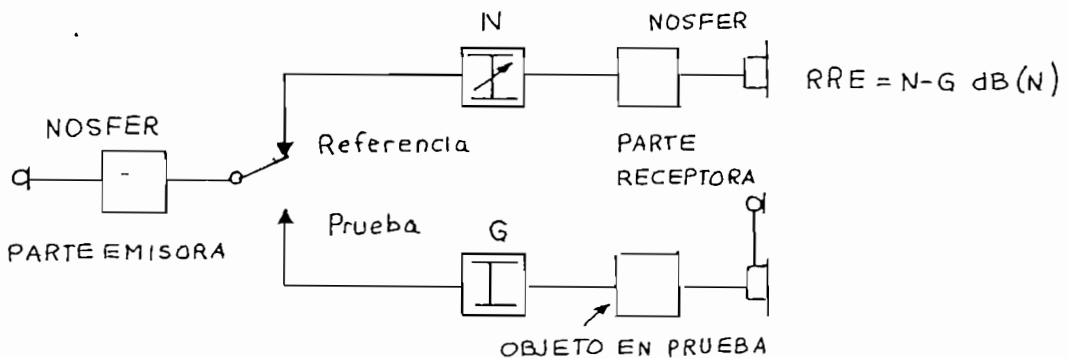


Figura # II.59

En la figura # II.60 se muestra como se puede determinar

el equivalente de referencia de un cuadripolo en general.

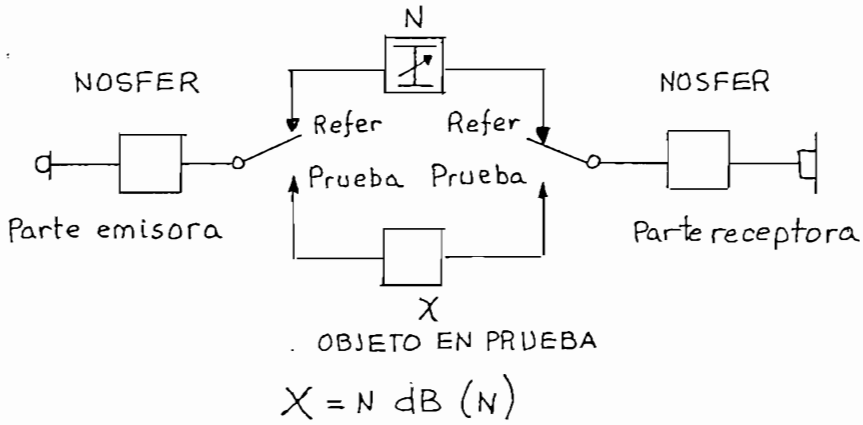


Figura # II.60

De esta manera, la suma de los equivalentes de referencia de transmisión y recepción es lo que se denomina E-equivalente de Referencia Global (ORE) (Overall Reference Equivalent), que especifica el CCITT. Por otra parte es necesario anotar que la suma de los equivalentes de las partes no es necesariamente igual al equivalente de referencia de todo el sistema; la diferencia se produce por que el ancho de banda del sistema no es necesariamente el mismo que el del NOSFER.

II.4.2. CALCULO DEL EQUIVALENTE DE REFERENCIA PARA LAS DISTINTAS PARTES DE LA RED

Para cumplir con las necesidades de transmisión, las redes de circuitos han de planificarse de tal modo que su atenuación, tomando en cuenta los equivalentes de referencia de los sistemas locales de abonados, no haga que las comunicaciones excedan los equivalentes globales admisibles.

1) Cálculo de la contribución de las líneas de abonado al equivalente de referencia

Para efectos de planificación de redes telefónicas - se supone que la contribución de la línea de abonado al equivalente de referencia, es la misma en la transmisión y recepción y se define como:

$$q = Q - Q_0$$

Donde Q es el equivalente de referencia de la línea y un aparato de abonado y Q_0 es el equivalente del aparato sin la línea.

Consideremos los siguientes casos:

a) Para líneas aéreas de cables desnudos.-

En este caso la impedancia característica de la línea es meramente resistiva, y la teoría de transmisión

permite calcular sin dificultad la atenuación de la línea, la cual tiene un valor casi constante lo que permite considerar esta atenuación numéricamente igual al equivalente de referencia de la línea en cuestión.

b) Línea de cable no pupinizado homogénea.-

Para calcular los valores de q , pueden usarse métodos complicados realizados por algunas administraciones

De todas maneras, los resultados de los cálculos mencionados muestran que en general q no aumenta linealmente con la longitud de la línea y para efectos de planificación es razonable suponer que q puede expresarse como:

$$q = C \times l$$

donde l es la longitud de la línea de abonado y C es una aproximación lineal del aumento de q con la longitud de la línea.

De esos cálculos y de experimentación, C puede expresarse como:

$$C = Ka800$$

Donde $a800$ es la atenuación por unidad de longitud del cable en cuestión a 800 Hz, y K es un factor

que depende de la resistencia de bucle por unidad de longitud r ; o del diámetro d del conductor.

Para condiciones particulares del aparato telefónico y el puente de alimentación y para líneas razonablemente largas se observó que:

$$K = 0.875 \cdot d^{-0.25}$$

donde d se expresa en mm.

La concordancia de estos valores de q y los obtenidos experimentalmente, lleva a que las administraciones que no tengan mediciones exactas pueden usar estas fórmulas con un margen razonable de confianza.

A continuación se indican valores de K obtenidos con las fórmulas anteriores para algunos de los cables más usados.

Diámetro nominal del hilo (Cu) en mm	0,32	0,40	0,51	0,64	0,9	1,27
r /Km	436	273	167	109	54	27
K	1,17	1,10	1,04	0,98	0,90	0,82
α_{800} dB/km (40nF/km)	1.82	1.44	1.12	0.91	0,64	0,45
ER dB/km	2.13	1.58	1,16	0.89	0.58	0.37

La atenuación a por unidad de longitud de una línea no

cargada de frecuencia f , se puede calcular a base de la fórmula empírica 15

$$a = \sqrt{\pi f r c}$$

donde a se expresa en nepers por unidad de longitud y f en Hz, r y c son las constantes primarias expresadas en $\Omega \cdot \mu$ faradios por unidad de longitud.

En particular para $f = 800$ Hz

$$a_{800} = 0,05 \quad r c \quad \text{NP/Km} = 0,435 \sqrt{r c} \quad \text{dB/Km}$$

2) Contribución de las líneas de enlace e interurbanas al Equivalente de Referencia

Como se ha analizado en el punto II.3.8, para estos circuitos pueden usarse las siguientes medidas de transmisión.

- a) Cables cargados.- Que tienen una atenuación independiente de la frecuencia, se puede tomar su atenuación nominal a 800 Hz como equivalente de referencia, para cuando se transmiten señales dentro de la banda de frecuencias vocales.
- b) Cables no cargados.- para efectos de planificación se puede seguir el mismo procedimiento que he descrito antes en el punto 1,b; también suponiendo que se transmite dentro de la banda de fre

cuencias vocales.

c) Sistemas múltiplex.-En este caso, por su naturaleza, la transmisión se realiza en 4 hilos, y por lo tanto al poder usar amplificadores o regeneradores (para el caso de transmisión FDM o PCM respectivamente) el hablar de equivalente de referencia, dentro de la red no tiene mayor sentido y por esto los sistemas de múltiplex no contribuyen en nada al Equivalente de Referencia.

3) Contribución de las Centrales Locales e Interurbanas Al Equivalente de Referencia

En general la atenuación de inserción debida a las centrales locales es pequeña y se debe principalmente a la separación eléctrica que hacen el puente de alimentación y el relé de alimentación en corriente continua. Es decir, esta atenuación se produce en las dos centrales a las que están conectados los abonados que participan en una comunicación.

En cuanto a los límites especificados, varía según las prácticas de cada país. Las administraciones que asumen que la central y la línea de abonado forman un todo, no cuentan con la central al calcular el equivalente de referencia. En cambio otras administraciones asignan un límite máximo. Como ejemplo de esto último puedo citar la que han fijado dos pa-

íses:

Francia: La atenuación de inserción a cualquier frecuencia entre 300 y 2400 Hz no debe variar en ± 1 dB del valor a 800 Hz, midiéndose entre distribuidores.

Suecia: Atenuación máxima 1,8 dB a 300 Hz y de 1 dB en la banda entre 800 y 300 HZ.

(ver recomendaciones)

4) Contribución del aparato telefónico al Equivalente de Referencia

La contribución del aparato telefónico es decisiva para el cálculo de los equivalentes de referencia ya que incluso el principal parámetro de especificación del aparato es precisamente su equivalente. La forma de cálculo del equivalente del aparato telefónico ya he descrito en el comienzo del presente capítulo. En la actualidad los aparatos telefónicos se los hace con regulación automática de nivel, lo que significa que el teléfono detecta la resistencia de la línea del abonado a la que está conectada y en base a eso atenúa o amplifica la señal; con esto se consigue que todos los abonados tengan características semejantes, tanto los conectados a líneas largas como los conectados a líneas cortas; en este caso se considera un solo valor el equivalente resultante del a

aparato telefónico, la línea de abonado y el puente de alimentación.

Finalmente, debido a la variedad de tipos de teléfonos existentes en una red y considerando que el aparato es tá sujeto al trato de los abonados; se debe calcular - siempre una tolerancia de 2 dB para la planificación.

5) Distribución de pérdidas en la red de Larga Distancia

De los límites de los equivalentes de referencia de los requerimientos de estabilidad, y consideraciones de eco, etc. se obtienen reglas para determinar la a tenuación permitida en la red de 4 hilos de la red.

El CCITT ha designado dos planes de distribución de pérdidas para la red nacional; ambos cumplen con las condiciones de estabilidad y dan un valor razonable de pérdida de balance en el punto de cambio de 4/2 - hilos. Otros planes similares a estos son también - posibles.

PLAN 1

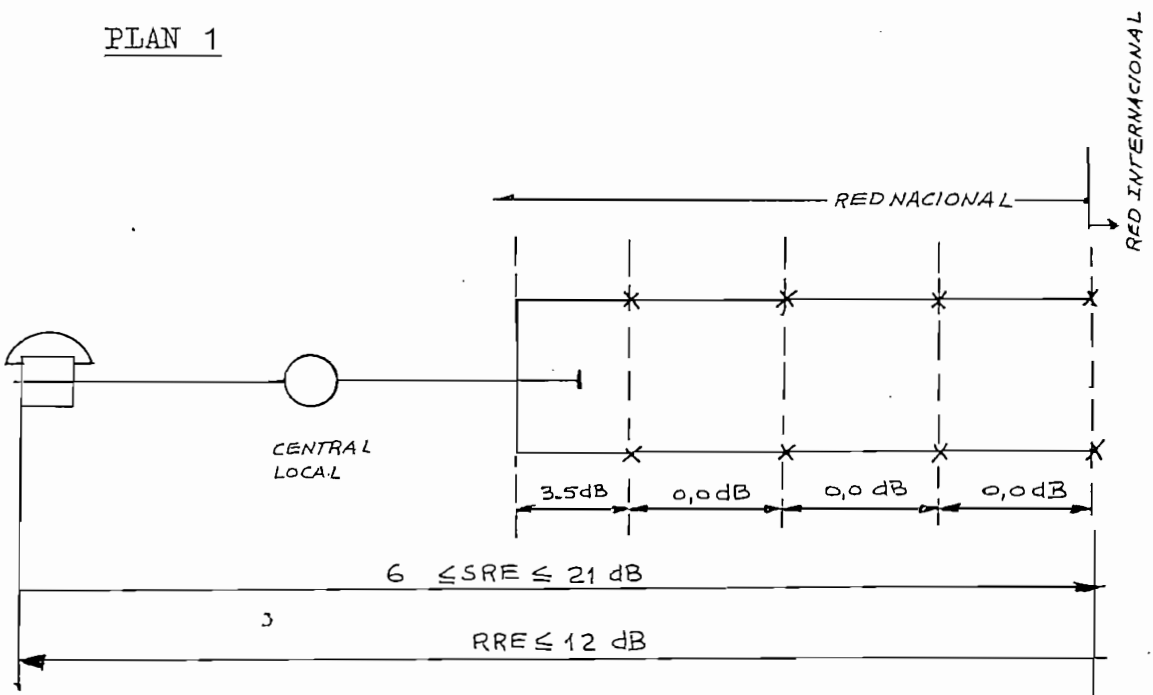


FIG. II. 61 a

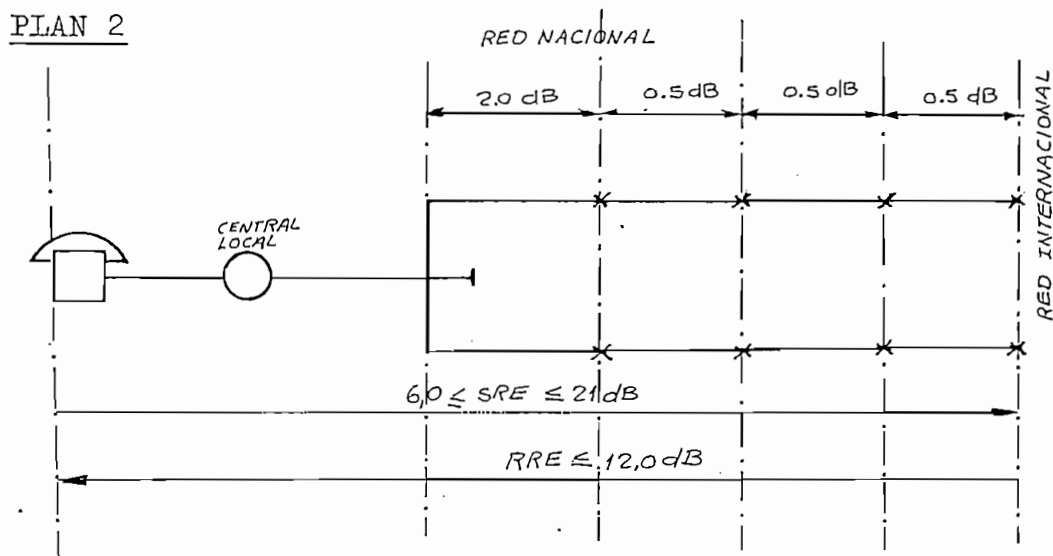


Figura # II.61 b

Estos planes son válidos para países de tamaño mediano, es decir se la distancia desde el abonado hasta la central internacional está entre 1000 - 1500 Km.

Comparación entre los dos Planes de Distribución de Pérdidas

Con el Plan 1, se asignan valores de equivalentes de referencia fijos en los puntos terminales del circuito de cuatro hilos, en este caso el valor asignado (3,5dB) se será siempre igual para cualquier tipo de conexión independiente del enrutamiento. Constituye una manera relativamente sencilla de elaborar el plan de distribución, hace que el plan de transmisión sea rígido ya que el aumento de cualquier enlace o equipo adicional obliga a una revisión total del plan de Transmisión.

Con el Plan 2, en donde se distribuyen las pérdidas a lo largo de la cadena, se consigue mucha flexibilidad y da un menor equivalente de referencia global para comunicaciones que no necesiten pasar por los tres circuitos de 4 hilos, e incluso para obtener un mayor equivalente de referencia para usar en comunicaciones que no son internacionales. Sin embargo este método implica cálculos más cuidadosos.

Plan de Transmisión de la Red de Larga Distancia para Llamadas Salientes y Entrantes

Asumiendo que se escoge el Plan 2, los límites nacionales de los equivalentes se descomponen como se indica en la Tabla II.5. Se asume una central local como las existentes en Ecuador con aparatos telefónicos standard y además se supone que las centrales locales se conectan al centro primario a través de un cable de circuitos de 2 hilos pupinizados.

De la tabla tenemos que:

$$SRE_{local} \leq 16,0 - n \times 0,5 - A$$

$$RRE_{local} \leq 7,0 - n \times 0,5 - A$$

	CONTRIBUCION AL EQUIVALENTE DE REFERENCIA TOTAL	EQUIVALENTES DE REFERENCIA	
		Emisión dB	Recepción dB
CENTRAL INTERNACIONAL			
CENTRO PRIMARIO	n circuitos en 4 hilos	$n \times 0.5$	$n \times 0.5$
	Terminación $\frac{3}{4}$ Hilos:	2.0	2.0
	Desbalance:	0.5	0.5
	Cable Troncal	A	A
CENTRAL LOCAL	Pérdida en la central local incluyendo posibles desbalances	0.5	0.5
	Aparato Telefonico + línea de abonado + Puente de alimentac. + Tolerancia Ap.tel.	SRE _{loc}	RRE _{loc}
		2.0	2.0
Límites de Planificación:		21.0	12.0

TABLA II.5

De este modo, si se conoce el número de circuitos n a 4 hilos y la pérdida A en dB, se obtienen los límites para SRE_{loc} y RRE_{loc}.

Con este método de cálculo, se puede hacer la planificación para diferentes casos de enrutamiento.

La siguiente tabla II.6 muestra los casos de enrutamiento con diferentes medios de transmisión y estructuras.

Como se indica en el capítulo II, Recomendación G.121-A (figuras # II.15 y II.16) es necesario considerar los valores del SRE y RRE, utilizando los "valores medios ponderados" designándolos \overline{SRE} y \overline{RRE} .

Si tomamos como ejemplo el caso de tráfico de la figura # II.62 en donde se han puesto los valores \overline{RRE}_{loc} y \overline{SRE}_{loc} de la figura # II.63 para aparatos telefónicos más cable, para una distancia promedio de 2 Km, tenemos:

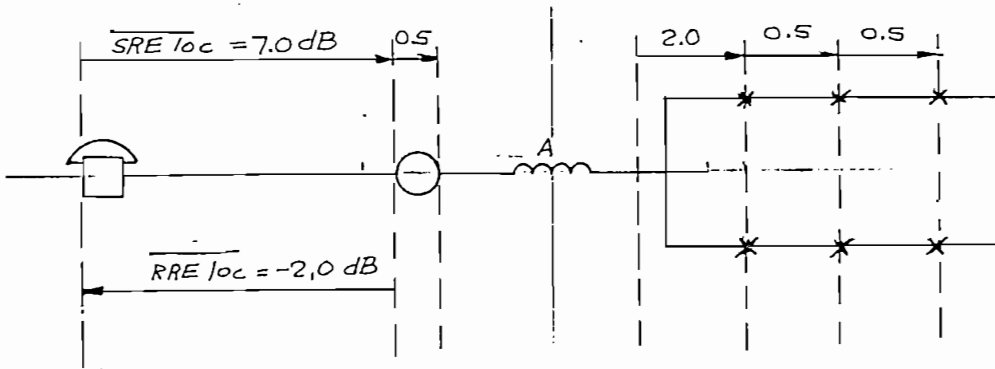


Figura # II.62

Es necesario cumplir con la recomendación del CCITT para \overline{RRE} y \overline{SRE} que indica que la pérdida A de la línea de dos hilos, por lo tanto A no debe exceder de 2,5 dB como promedio, lo que equivale a solo 5 Km. en el caso más favorable con cables pupinizados.

Si asumimos que A de la figura # II.62 tiene este valor de 2,5 dB, tenemos que:

$$\overline{RRE} = (-2,0 + 0,5 + 2,5 + 2,0 + 0,5 + 0,5) = 4,0 \text{ dB}$$

$$\overline{SRE} = (7,0 + 0,5 + 2,5 + 2,0 + 0,5 + 0,5) = \underline{13,0 \text{ dB}}$$

$$\overline{ORE} = 17,0 \text{ dB}$$

EQUIVALENTES DE REFERENCIA

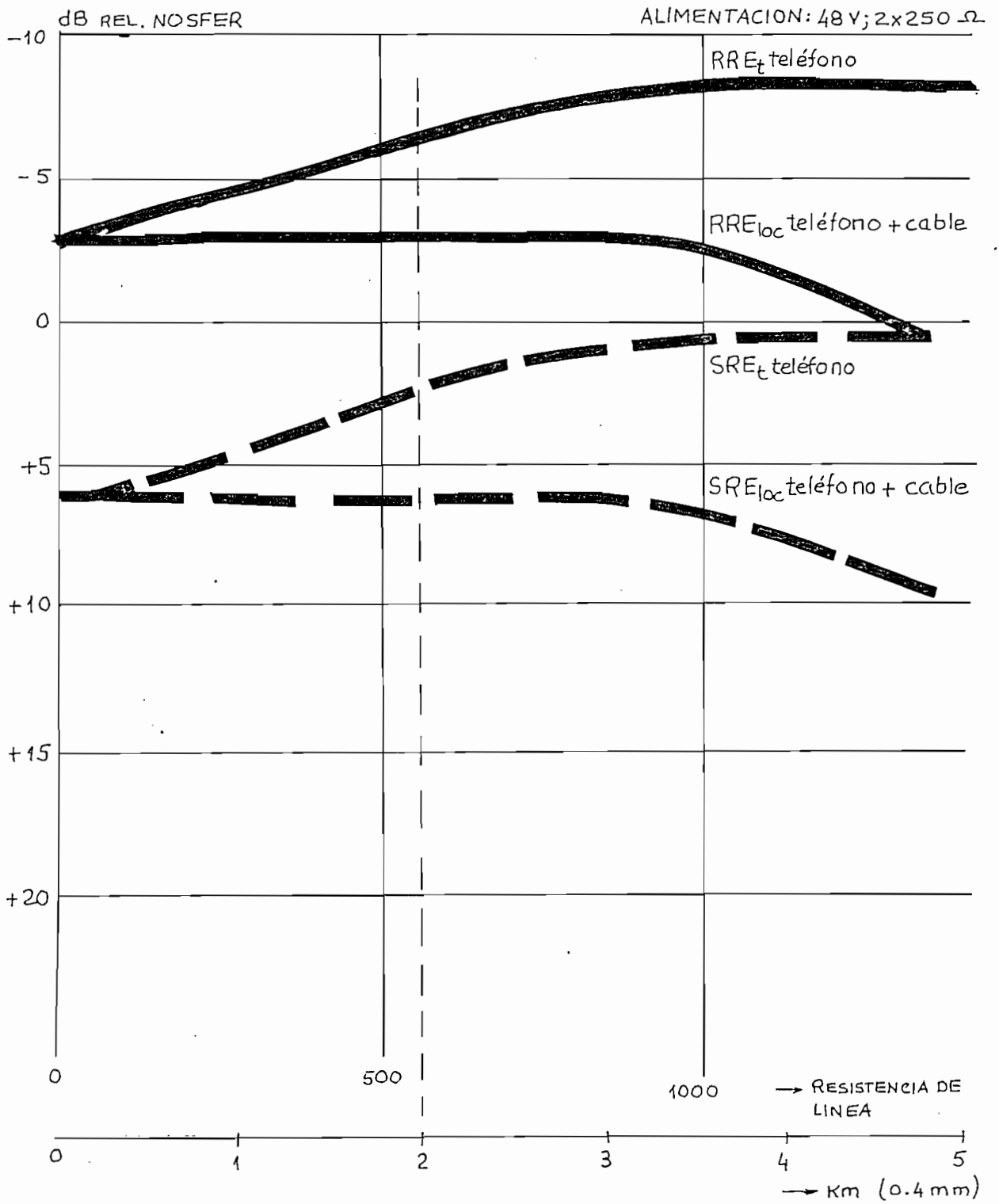


FIG. II.63

De la figura # II.15 $10 \leq \overline{SRE} \leq 13 \text{ dB}$
 o sea $-0,5 \leq A \leq 2,5 \text{ dB}$

El valor de 17,0 dB para el \overline{ORE} es muy alto, ya que debe estar entre los límites de 10,0 a 13,0 dB.

La conclusión es que para cumplir con las recomendaciones del CCITT, en la práctica debe extenderse la red de 4 hilos hasta lo más cerca posible del abonado, como se puede ver en el caso de la figura # II.64.

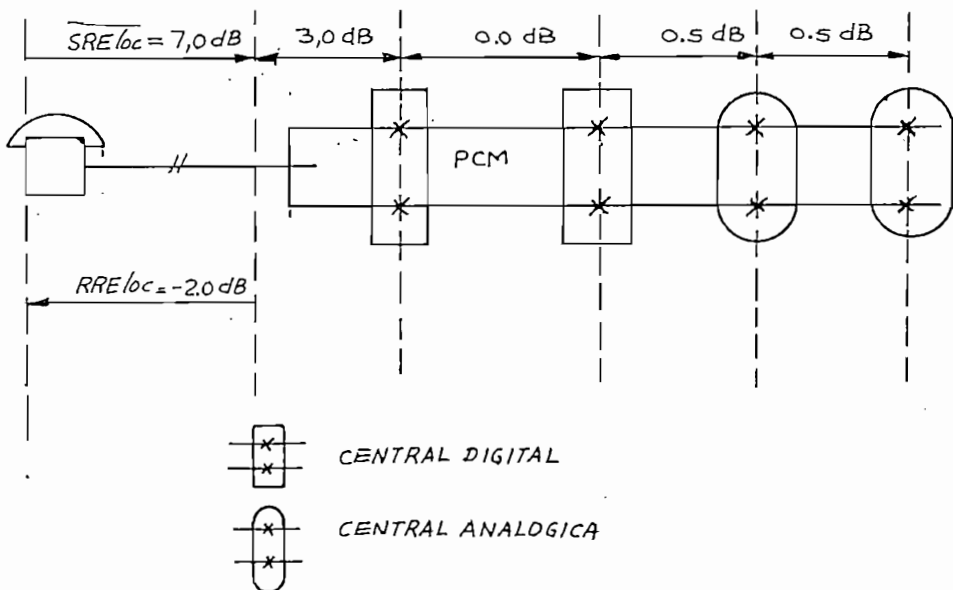


Figura # II.64

Con lo que tendríamos:

$$\overline{SRE} = (7,0 + 3,0 + 0,5 + 0,5) \text{ dB} = 11,0 \text{ dB}$$

$$\overline{RRE} = (0,5 + 0,5 + 3,0 - 2,0) = \underline{2,0 \text{ dB}}$$

$$\text{y } \overline{ORE} = 13,0 \text{ dB}$$

A más de cumplir con las recomendaciones al introducir

un esquema como el de la figura # II.64, se puede tener un beneficio económico, ya que al ahorrarse la pérdida "A" del caso anterior, se puede extender más lejos la red de abonados, o usar cables más delgados.

6) Consideraciones de Estabilidad

Cada uno de los aparatos telefónicos de la figura # II.65, tienen un circuito para balancear las dos líneas a 2 hilos, sin embargo el balance nunca es perfecto, y se produce cierta inestabilidad entre ambas direcciones de conversación.

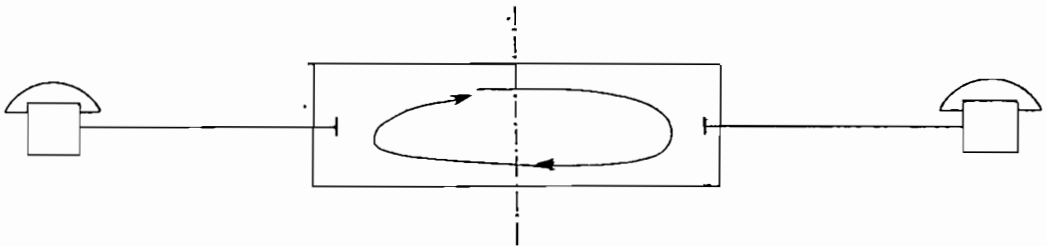


Figura # II.65

Las pérdidas del circuito de la figura # II.65 tienen que ser mayores que 0 + un cierto margen, de otro modo habría oscilaciones. Este margen de estabilidad (S) se expresa como la suma de todas las pérdidas y ganancias en la mitad del bucle en el rango de 0 - 4KHz. Ver recomendación G.122, figura # II.18 del capítulo II.2.2.

Las pérdidas del bucle pueden dividirse como se indica en la figura # II.66, en donde B, que es la pérdida de balance es una medida de la calidad del balance, y expresa en decibeles la relación de la potencia que iría

al aparato con acoplamiento perfecto y la potencia reflejada hacia la línea de 4 hilos; T1 y T2 son pérdidas por el cambio de 4 a 2 hilos.

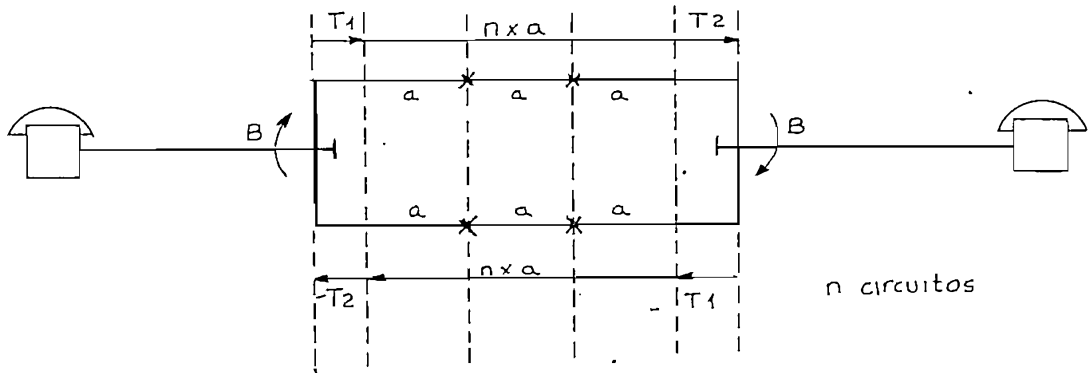


Figura # II.66

La pérdida total es: $2(B + T_1 + T_2 + n \times a)$

El criterio de estabilidad es entonces:

$$2(B + T_1 + T_2 + n \times a) \geq 0 + \text{margen dB}$$

Para la mitad del circuito, según Recomendación G.122 - tendremos:

$$(B + T_1 + T_2 + n \times a) \geq 0 + (10+n)\text{dB}$$

II.4.3 DEFINICION DE LOS NIVELES RELATIVOS DE TRANSMISION

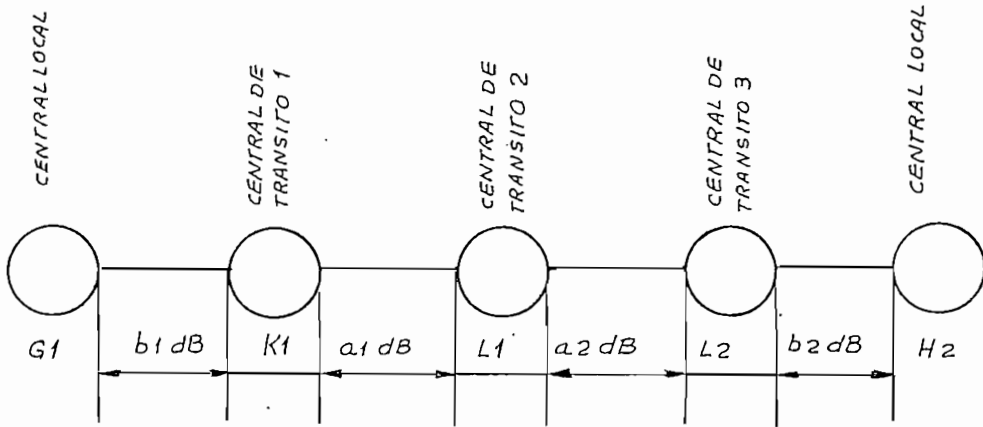
Cada elemento de transmisión de una conexión telefónica tiene un rango dinámico limitado y para los efectos de ruido del circuito es deseable asegurar que la señal - que se transmite cargue los equipos lo más posible sin exceder su capacidad. Para asegurar que los equipos operen bajo las mejores condiciones de carga, en la práctica se define un nivel relativo a la entrada de cada elemento activo.

En un punto de cero dB relativo (0dBr) se arregla de tal manera que el promedio de potencia por canal telefónico, medido a largo plazo, sea de 32 uW; convencionalmente se asume que 22 uW se asigna a la voz y el resto se asigna para los tonos, ecos, pilotos, etc. todo dentro de la banda de frecuencia vocal.

Además como promedio la voz activa cada canal telefónico solamente 1/4 del tiempo total y por lo tanto en cada canal telefónico se puede permitir hasta 88 u.W.

En cada circuito de las figuras II.67 se considera que tiene un punto de nivel relativo = 0dB (0dBr) localizado a la entrada del circuito de enlace en 2 hilos. Por lo tanto en la figura # II.67 considerando la transmisión de izquierda a derecha, el punto K1 está a 0dBr y

el punto L1 está a un nivel relativo de $-a_1$ dB si se considera el circuito K1 - L1.



Enlace de Larga Distancia con dos circuitos locales y dos circuitos de enlace en Tandem

Figura # II.67

El punto L1 está también a un nivel de 0dB para el circuito L1 - L2 y L2 estará a $-a_2$ dB para el mismo circuito.

Se ha convenido en hacer estas representaciones para asegurar que ninguno de los circuitos K1 - L1, L1 - L2, L2 - L3, etc. sean sobrecargados cuando una fuente de voz se conecta a sus entradas a través del camino de menor pérdida.

Si la conexión de la figura # II.67 no fuera un circuito conmutado sino que todos los circuitos de enlace estuvieran conectados permanentemente, la fuente de potencia vocal en K1 siempre estará separada de L1 por una -

pérdida a_1 y L_1 podrá ser considerado como un punto de $-a$ dB y L_2 puede ser tratado como un punto $(-a_1 - a_2)$ dB. De esta manera se establece la diferencia de los niveles relativos cuando se habla de circuitos y cuando se habla de las comunicaciones completas.

Es interesante observar que en un punto de conmutación de un nivel relativo $-a$ hasta la entrada de otro punto de conmutación de un nivel relativo $-b$; corresponde a la introducción de una atenuación de $a - b$ en esa conexión.

Para circuitos de 4 hilos como el de la figura II.68 - a es necesario considerar la localización de los niveles relativos en las interfaces.

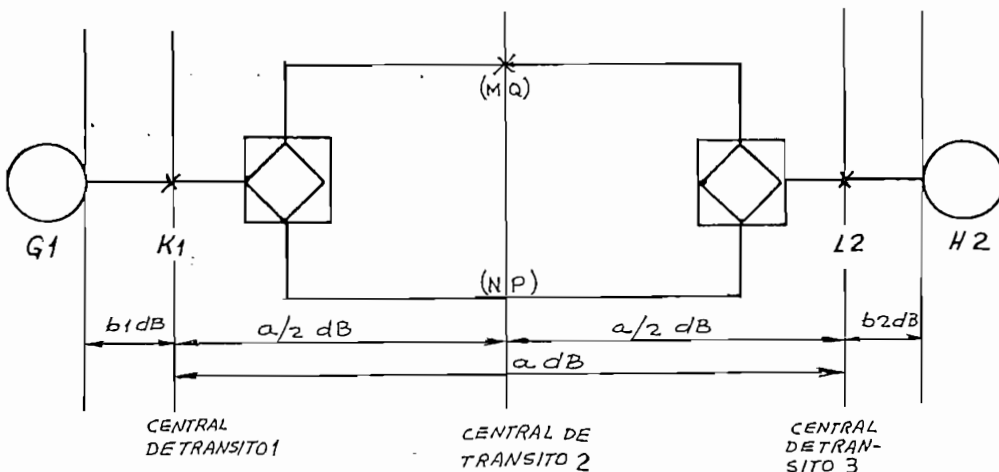


Figura # II.68-a

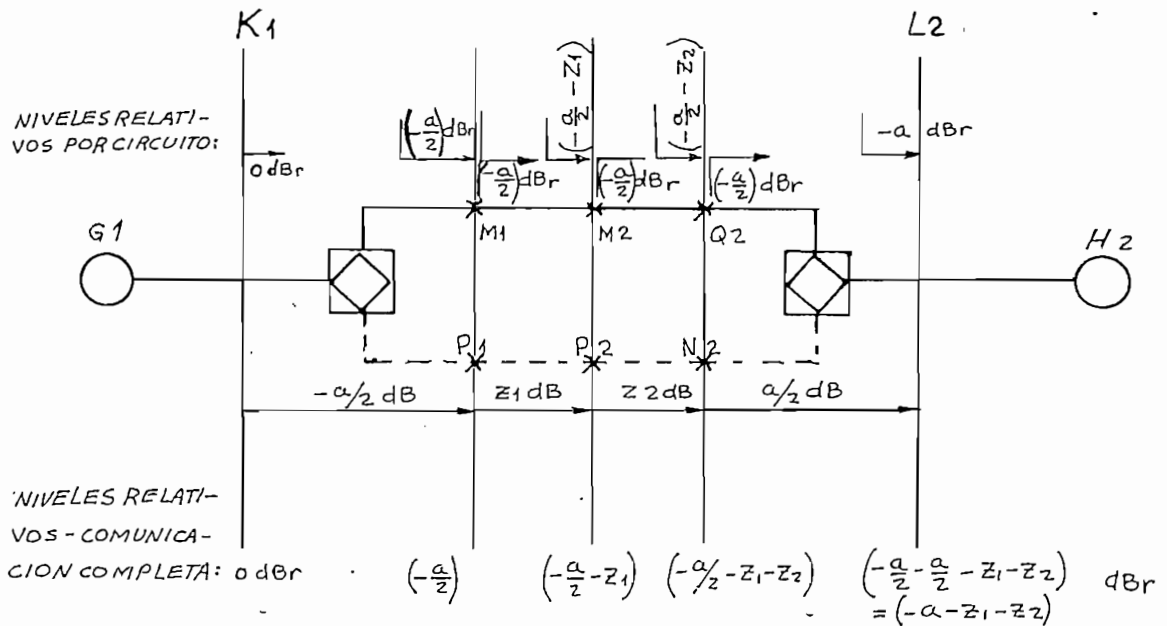


Figura # II.68-b

La figura # II.68-b muestra la conexión a través de 4 circuitos de enlace con conmutación en 4 hilos en tres centros. El valor mínimo de "a" viene dado por los requerimientos de estabilidad y del plan de distribución de pérdidas que se escoja.

Por lo tanto, fácilmente se puede comprender que en un plan de transmisión, es indispensable también determinar los niveles relativos de potencia con los que efectivamente se va a cargar a los sistemas, y de acuerdo a éstos indicar, la manera en que se explotarán en la práctica los circuitos.

Determinación de los niveles de Transmisión

Como referencia para este estudio debemos tener presente lo siguiente:

- Asumiremos que utilizamos el plan de distribución de pérdidas distribuidas de la figura II.61.b (Plan 2)
- Los valores de los niveles relativos de $-3,5\text{dB}$ y -4dB de transmisión y recepción en los puntos virtuales de conmutación, son puntos abstractos.
- Un equipo de terminación de $2/4$ hilos divide la potencia en dos partes iguales lo cual en sí implica una pérdida "real" de 3dB y si consideramos también la pérdida de inserción que es de $0,5\text{dB}$, Tenemos una pérdida real de $3,5\text{dB}$ en la terminación y ésta es la llamada Pérdida de Inserción.
- Los valores de pérdida de terminación indicados en el Plan 2 de la figura II.61.b, se consiguen añadiendo amplificadores o atenuadores en el lado de 4 hilos del híbrido como se indica en la figura II.69.

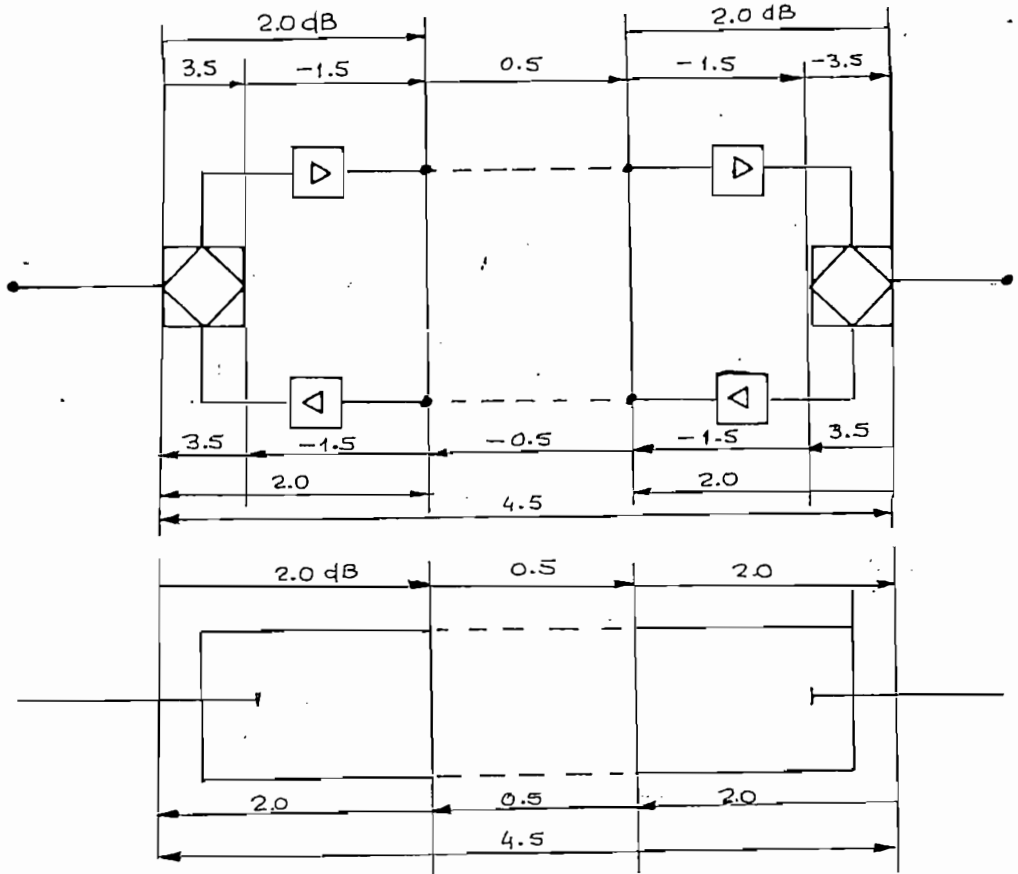


FIGURA II.69

Cuando existe un circuito activo real en la cadena de 4 hilos no se necesita tener los amplificadores de -1,5dB en cambio se obtiene un esquema como el de la figura # II.70

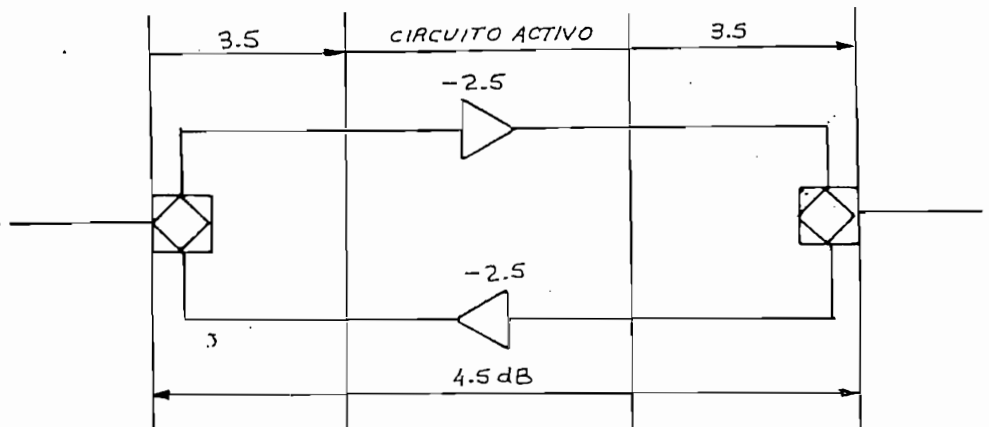


FIGURA II.70

Para mantener el esquema del Plan de Transmisión, es necesario indicar que el esquema de la figura anterior es aplicable solamente en el caso de que haya un solo circuito de 4 hilos.

Si hay más circuitos de 4 hilos debe conseguirse el mismo resultado en los extremos, por lo tanto esa amplificación de 2,5dB debe ser el equivalente de todos los circuitos activos que intervienen. Esto se consigue mediante la inclusión de atenuadores como se indica en la figura # II.71

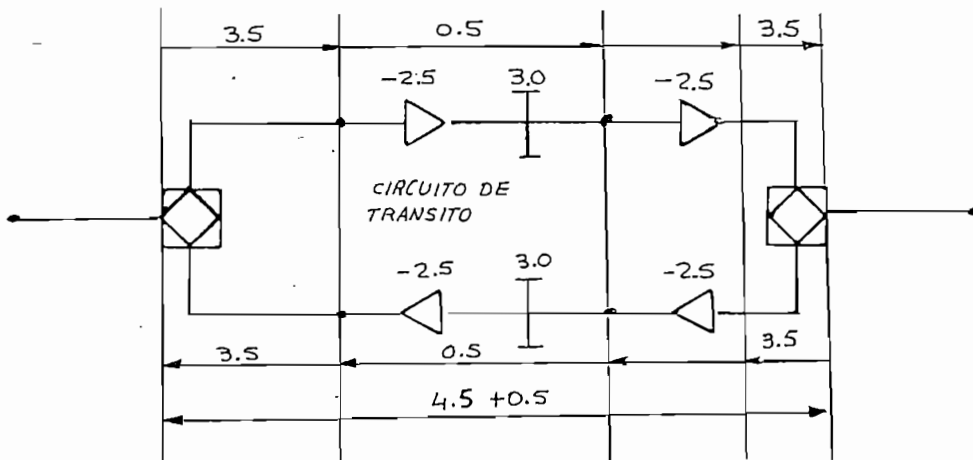


FIGURA II.71

Procedimiento para calcular los niveles relativos y atenuadores.

1) Partimos del Plan de Transmisión que indica los equivalentes de referencia en el circuito de 2 hilos y consideramos los valores de los niveles relativos en los puntos virtuales de conmutación.

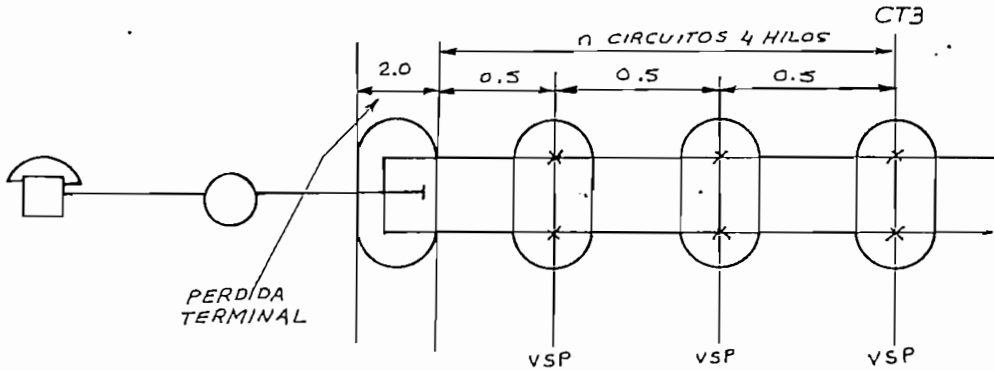


FIGURA II.72 Plan de Transmision (Ejemplo)

- 2) La pérdida terminal viene dada por el Plan de Transmision. Los niveles de la VSP están definidos, entonces se puede determinar los niveles relativos en el lado de 2 hilos del híbrido:

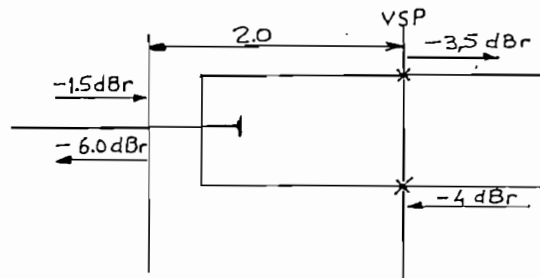


FIGURA II.73

- 3) Para determinar los niveles reales de conmutación, debemos considerar que el híbrido en sí tiene una pérdida real de $3,5 \text{ dB}$ por lo tanto tenemos:

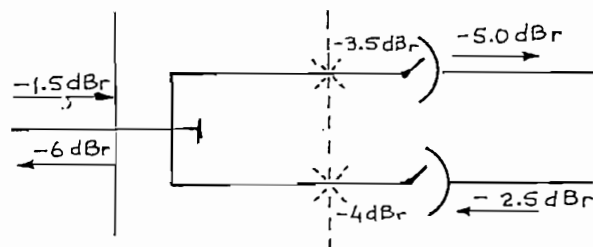


FIGURA II.74

- 4) Estos niveles deben conectarse a equipos de transmisión los cuales aceptan ciertos niveles relativos indicados por el fabricante (R dBr en transmisión y S dBr en recepción).

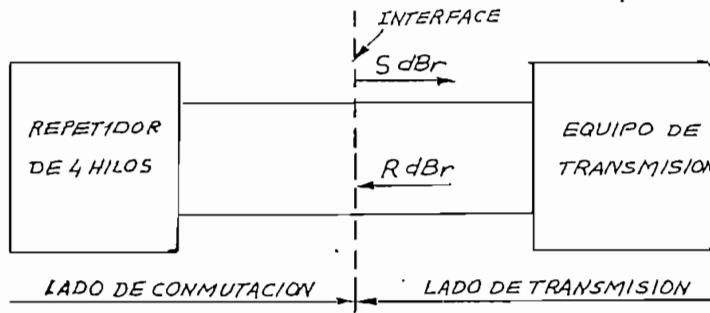
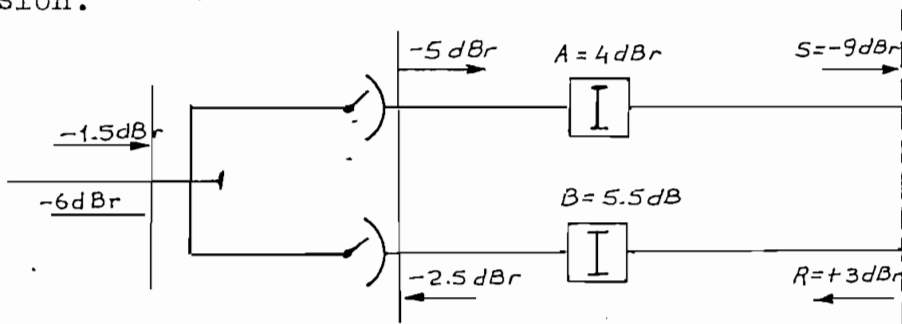


FIGURA II.75 (Como Ejemplo $S = -9$ dBr y $R = +3$ dBr)

- 5) Por lo tanto se deben insertar atenuadores (A y B) en el repetidor de 4 hilos para acoplar el lado de conmutación a los requerimientos del equipo de transmisión.



$$A = [-5, 0 - (S)] \text{ dB} \quad \text{En nuestro ejemplo } A = -5 + 9 = 4 \text{ dB}$$

$$B = [-R - (-2.5)] \text{ dB} \quad \text{En nuestro ejemplo } B = 3 + 2.5 = 5.5 \text{ dB}$$

FIGURA II.76

- 6) En el caso de que la central sirva de tránsito (o sea existe más de un circuito activo) se deben poner los atenuadores C y D adicionales como se indicó en la figura # II.71. Por otro lado, sabemos el nivel entrante en el punto de conmutación ($-2,5$ dBr) y

se lo puede indicar. Para el nivel saliente, debemos considerar que el Plan de Transmisión indica que éste debe ser mayor (la diferencia, de 0,5 dB es la pérdida nominal del circuito de 4 hilos) Por lo tanto, el nivel relativo saliente en el punto de transmisión, debe ser el mismo que el nivel entrante más la pérdida de 0,5dB. De modo que tendremos:

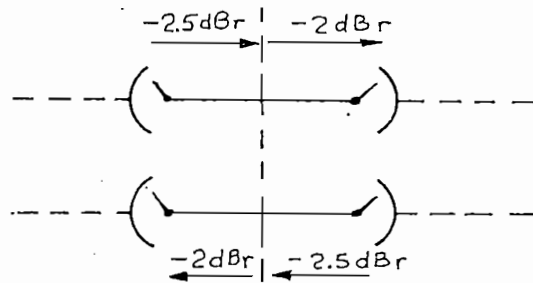
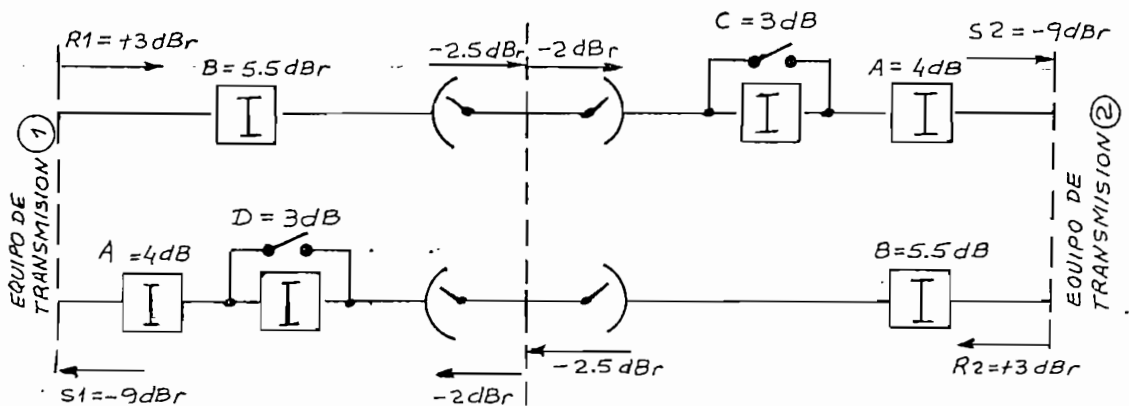


FIGURA II.77

7) Si introducimos estos niveles en el esquema que tenemos y asumiendo que los sistemas de transmisión 1 y 2 son iguales tendremos:



- En nuestro ejemplo $S_1 = S_2$; $R_1 = R_2 \Rightarrow C = D$

$$C = -2 - S_2 + A = -2 + 9 - 4 = 3 \text{ dB}$$

$$D = -2 - S_1 - A = -2 + 9 - 4 = 3 \text{ dB}$$

Los atenuadores C y D actúan solo en caso de tránsito

FIGURA II.78

- 8) Por último debemos considerar que el último esquema no considera las pérdidas que hay en los cables, contactos, etc. si la central es analógica. Estas perdidas son de 0,5 dB, y por lo tanto podemos modificacar el esquema de la siguiente manera (considerando también el paso terminal).

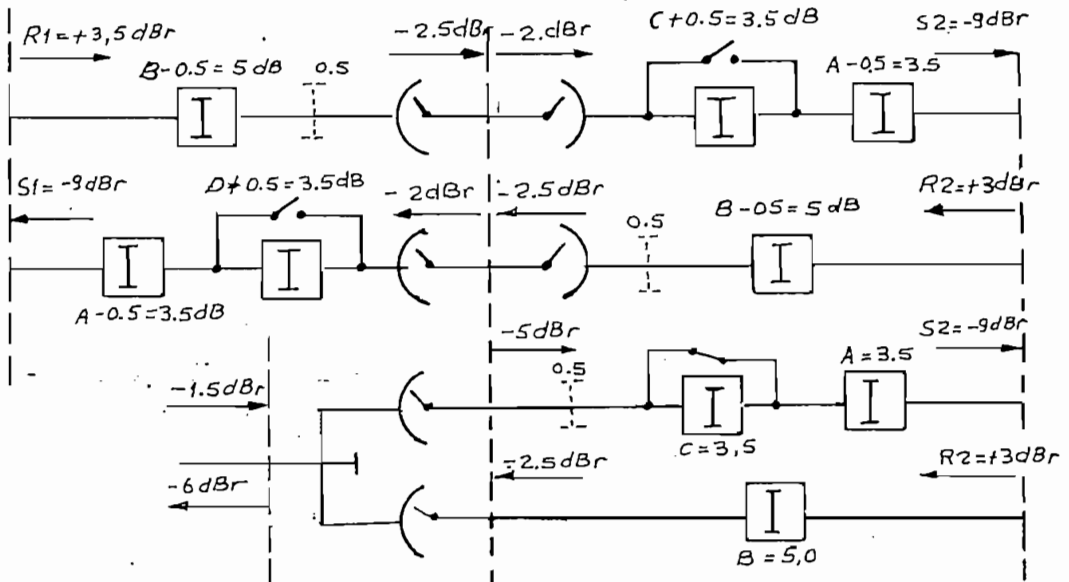


FIGURA II.79

Finalmente, cuando hay una central en el lado de dos hilos del circuito, éste está desconectado mientras se establece la comunicación y contesta el abonado B también durante el tiempo en que éste cuelga y se libera la comunicación; por lo tanto en el lado del abonado B, hay que garantizar la estabilidad lo cual se consigue con soluciones como las de la siguientes figuras:

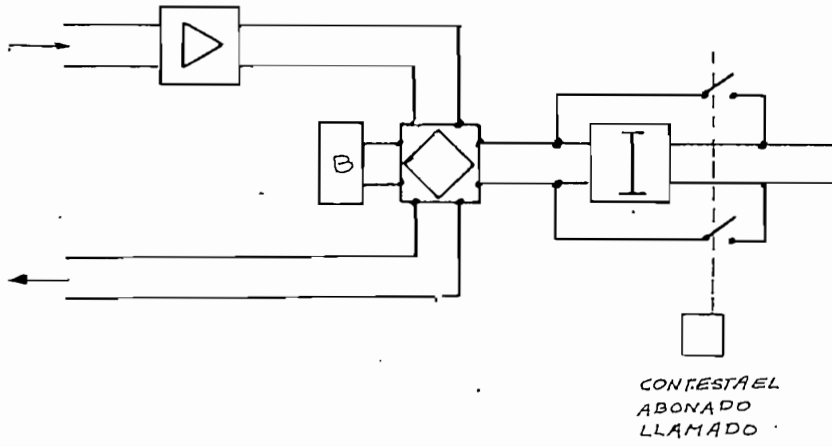


FIG. II.80

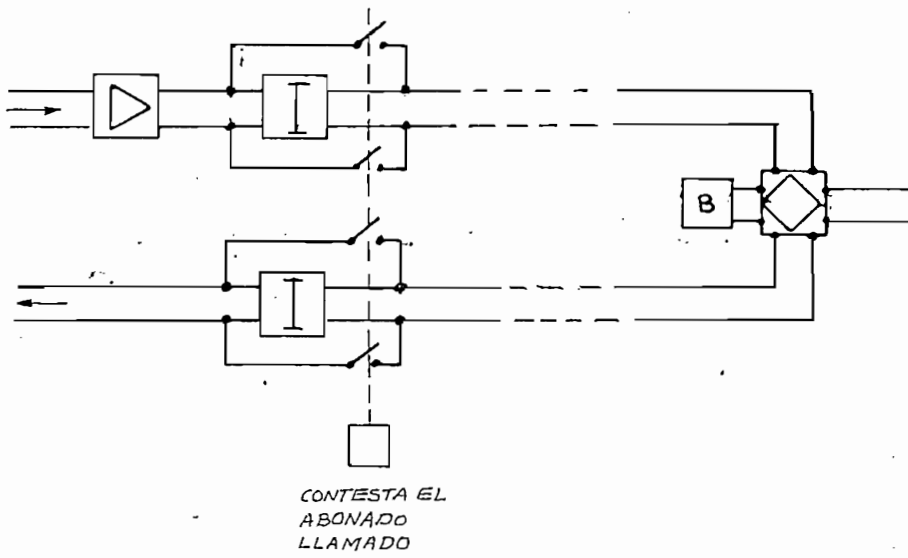


FIG. II.81

C A P I T U L O I I I

III.1 SISTEMA TOTAL

Como respuesta a las necesidades de Telecomunicaciones del Ecuador, el Gobierno en su "Plan Nacional de Desarrollo" ha incluido un "Plan Quinquenal de Telecomunicaciones", el cual fija la política general de las mejores propuestas, con metas progresivas indicando las necesidades que deben satisfacerse, indicando cantidades totales. Como medio para alcanzar los objetivos destaca la necesidad de introducir sistemas digitales de transmisión y de conmutación.

Como he indicado al comienzo del Capítulo II, este Plan Quinquenal implica la formulación de nuevos planes Fundamentales de Telecomunicaciones (de Enrutamiento, Numeración, etc. o al menos la revisión de las normas existentes).

Estos Planes Fundamentales se encuentran a la fecha bajo estudio y elaboración del Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones, y seguramente entrarán en vigencia cuando sean públicas las bases para una licitación internacional para suministro de los sistemas programados en el Plan Quinquenal.

La presente parte de mi Tesis consiste en elaborar uno

de estos Planes Fundamentales, el de Transmisión.

III.1.1 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

El presente Plan de Transmisión Telefónica para el Ecuador está basado en el principio del Equivalente de Referencia. El Plan pretende explotar las ventajas de Transmisión y conmutación en 4 hilos, tomando en cuenta las facilidades que para esto dan los nuevos sistemas de conmutación con selectores de grupo digitales y transmisión digital.

El método de planificación adoptado se ajusta a las recomendaciones del CCITT y las consideraciones analizadas en capítulos precedentes.

Objetivo General

El método consiste en determinar un patrón de planificación, incluyendo normas fundamentales de tal manera que el objetivo general consiste en que la gran mayoría de las comunicaciones cumpla con el patrón e incluso que tengan una calidad global superior al mismo; la calidad de transmisión sólo será inferior a la del sistema Patrón en una pequeñísima proporción de las comunicaciones.

En el plan de Transmisión se distinguen:

a) Ocho tipos de centros de Conmutación:

- CL Central local
- CP Centro Primario
- CPD Centro primario Digital
- CT Cental Tandem
- CS Centro Secundario (Centro de Tránsito Regional)
- CSD Centro Secundario Digital
- CST Centros Secundarios Terminales
- CI Centro Internacional (Centro Ternario)

b) Dos partes en la comunicación interurbana más general:

- La cadena interurbana propiamente dicha que comprende circuitos de enlace unicamente a 4 hilos y los centros de tránsito regional.
- Redes locales, que comprenden cada una un centro primario, una central local, las líneas de enlace, líneas de abonado y aparatos telefónicos.

En la figura # III.1 se presenta el esquema de una comunicación descompuesta en sus partes.

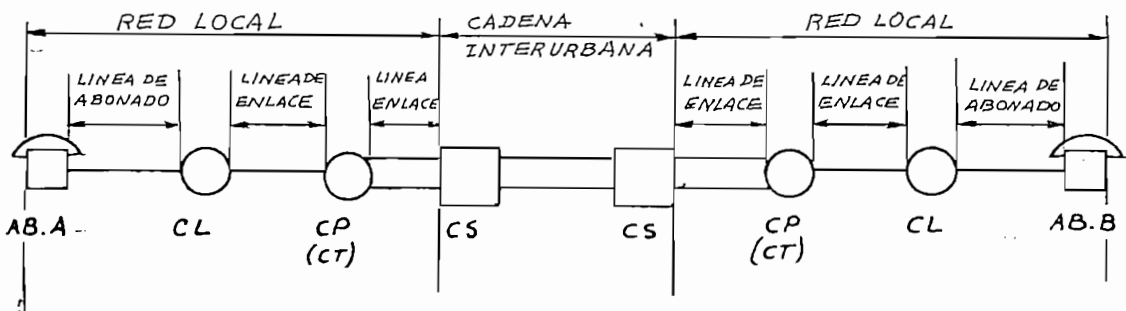


Figura # III.1

III.1.2.NORMAS FUNDAMENTALESa) Normas Generales

- a.1) Los centros secundarios ubicados en Quito y Guayaquil podrán ser centrales con selector de grupo digital, podrán tener conectados abonados y podrán servir de Tandem. Se podrán crear más centros secundarios, preferiblemente reubicando las centrales analógicas que existen en Quito y Guayaquil.
- a.2) Las centrales analógicas locales existentes deben seguir prestando servicio y pueden ser ampliadas hasta su capacidad máxima.
- a.3.1) Las centrales locales nuevas que se instalen serán preferiblemente centrales con selectores de grupo digitales con conmutación en 4 hilos y con interfaces de 4 hilos hacia los centros superiores.
- a.3.2) Cuando estos enlaces digitales se conecten con centrales analógicas de la misma categoría el enlace puede ser en dos o cuatro hilos y el interfaz analógico-digital podrá estar en la central digital o analógica.
- a.3.3) Las centrales digitales deben tener la posibilidad de tener concentradores digitales. El enlace entre la central digital y sus concentradores de línea debe ser en 4 hilos.

- a.3.4) Las nuevas centrales analógicas que puedan instalarse deberán cumplir con las características de interface hacia la red digital.
- a.4) Para las áreas Multicentrales.
 - a.4.1) Se continuarán usando los enlaces existentes entre las centrales locales analógicas.
 - a.4.2) La ampliación de enlaces entre las centrales locales analógicas se la hará usando sistemas digitales de transmisión, una vez que se sature la red.
 - a.4.3) Se debe estudiar el estado de las líneas de enlace existentes y determinar su capacidad para llevar señales digitales. De todas maneras se tratará de utilizar al máximo las líneas.

Quando la capacidad de los cables existentes no sea suficiente, se podrán usar para la transmisión digital, cables de pares simétricos (de 0.4 a 0.9 mm), enlaces de radio digitales o cables de fibras ópticas prefiriendo el medio más económico de acuerdo a la capacidad del sistema.

b) Normas para las comunicaciones internacionales

- b.1) El Equivalente de referencia entre cualquier abonado y el punto virtual de conmutación interna, no excederá de 12,0dB en recepción. Para Transmisión no será menor de 6,0 dB ni mayor de 21.0 dB.

- b.2) Estos objetivos deberán cumplirse por lo menos en el 97% de todas las llamadas que se establezcan en el sistema actualmente existente; y en el 100% de todas las llamadas que puedan establecerse en redes nuevas que se implementen en el futuro.
- b.3) Se adoptará el plan de distribución de "pérdidas distribuidas" (Plan 2, Fig. # II.61); esto significa que entre el punto virtual de conmutación internacional y los centros secundarios habrá 0,5dB de pérdida a través de un solo circuito.
- b.4) En los extremos virtuales de conmutación Internacional el nivel relativo nominal de recepción será de -4dBr y de -3,5dBr en transmisión.
- b.5) Para los valores medios de las distribuciones de los equivalentes de referencia, ponderados en función del tráfico se cumplirán las recomendaciones G.111.C.b y G.121-A del CCITT es decir se tendrá como objetivo a largo plazo los siguientes límites

Para el Equivalente de Referencia en la emisión:

de 10 - 13 dB

Para el Equivalente de Referencia en la recepción:

de 2,5 - 6,5 dB

Estos objetivos deben cumplirse principalmente en las redes digitales que se implementen.

Como objetivo a corto plazo rigen los siguientes

límites:

Para el equivalente de referencia en la emisión:

de 10 - 16 dB

Para el equivalente de referencia en la recepción:

de 2,5 - 6,5 dB

b.6) En cuanto a estabilidad se respetará la recomendación G.122 del CCITT.

En la figura III.3 se muestran las normas anteriores.

c) Comunicaciones Nacionales (Sistema Patrón Nacional)

c.1) El Equivalente de referencia de una comunicación nacional no excederá de 32,5 dB.

c.2) Este objetivo se cumplirá por lo menos en el 97% de todas las llamadas que se establezcan en la red existente y en el 100% de las redes nuevas.

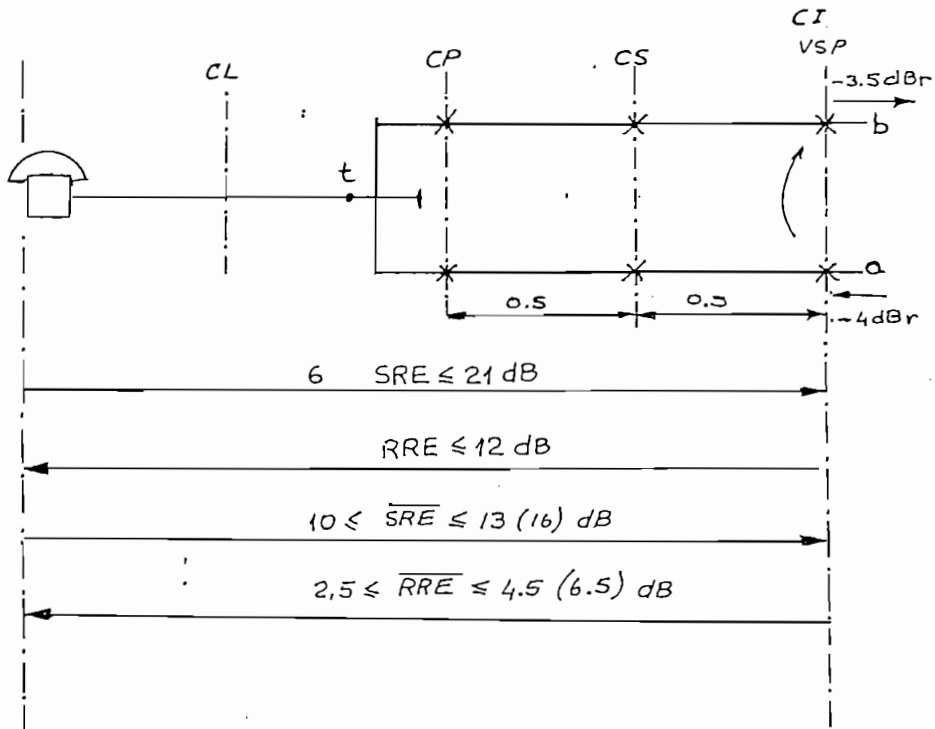
c.3) Los circuitos desde un centro secundario (CS o CSD) hacia otra igual o de mayor categoría se conmutarán en 4 hilos y operarán a un valor nominal de 0,5 dB.

c.4) El equivalente de referencia de las centrales analógicas tendrá un valor nominal de 1,0 dB.

c.5) La terminación de 4 a 2 hilos y de 2 a 4 hilos en un centro analógico tendrá un valor $T = 2,0$ dB.

c.6) En cuanto a estabilidad y eco se tendrá en cuenta las recomendaciones G.122 A y B del CCITT.

c.7) Los aparatos telefónicos estarán equipados con regulación automática. Sus características de transmisión referidas al NOSFER tendrán las siguientes



Atenuación a-t-b ≤ 6 dB: $0 \leq f \leq 4$ KHz
 A a-t-b ≤ 1 dB: $100 \leq f \leq 200$ Hz
 A a-t-b ≤ 0 dB: $200 \leq f \leq 300$ Hz
 A a-t-b ≤ 0 dB: $f > 3.400$ Hz
 A a-t-b ≤ 4 dB: $f < 100$ Hz

CL = CENTRAL LOCAL
 CP = CENTRO PRIMARIO (TANDEM)
 CS = CENTRO SECUNDARIO
 CI = CENTRO INTERNACIONAL

Los valores entre paréntesis indican objetivos a corto plazo

FIGURA III.3

valores nominales:

una tolerancia de 2,0 dB

SRE = +4,5 dB a 0

RRE = -2,5 dB a 0

En todo caso se planificarán las redes considerando los valores SRE_{loc} y RRE_{loc} que comprenden al aparato telefónico, la línea de abonado y el puente de alimentación de acuerdo a las curvas de la figura # III.4.

c.8) Para cumplir con la recomendación G.122-A del CCITT se debe tratar de extender la cadena de 4 hilos hasta los centros primarios. Para esto se usará transmisión PCM.

El valor óptimo del ORE está entre 10,0dB y 13,0 dB; ver norma b.5.

c.9) La terminación de 4 a 2 hilos y de 2 a 4 hilos en un centro digital tendrá un equivalente de referencia nominal de 3,0 dB.

c.10) Desde el punto de vista de transmisión se usará un solo calibre (0,4 mm de diámetro en calbes de cobre) para las líneas de abonado. Sin embargo, por consideraciones mecánicas podrán usarse calibres más gruesos de los hilos de cobre, o en su defecto conductores de aluminio.

c.11) Para las centrales Tandem.

c.11.1) En las áreas multicentrales podrán existir centrales Tandem, sin embargo, si una de estas cen-

trales es de conmutación a 2 hilos, únicamente podrá intervenir en una comunicación internacional o de larga distancia nacional, se cursa solamente los tráficos de desbordamiento de larga distancia.

- c.11.2) Las nuevas centrales Tandem que se introduzcan en la red nacional, deberán ser digitales y de conmutación en 4 hilos.
- c.11.3) Para los tráficos de larga distancia, las centrales tandem analógicas de 2 hilos, o digitales de 4 hilos estarán enlazadas a un centro secundario mediante una línea de 4 hilos, con una pérdida nominal de 0,5 dF.
- c.11.4) Una central Tandem podrá estar conectada al centro terciario (central internacional) únicamente cuando sea al mismo tiempo centro secundario (ver norma a.1).
- c.11.5) No se permitirá el tráfico de larga distancia a través de una central tandem de 2 hilos si el tráfico se origina en una central local periférica y pasa anteriormente por un centro primario. En este caso la central tandem de 2 hilos ocupará el lugar del centro primario CP de la figura # III.1.
- c.11.6) En caso de que existan 2 centrales tandem dentro de la misma área multicentral, para una misma comunicación de larga distancia, intervendrá únicamente una de ellas.

- c.12) Para los concentradores de líneas
- c.12.1) Los concentradores de líneas serán centros de conmutación digitales y deberán depender directamente de una central digital.
- c.12.2) Los concentradores tendrán la posibilidad de establecer llamadas entre los abonados conectados a él, sin ayuda de su central principal.
- c.12.3) Desde el punto de vista de transmisión al concentrador se lo considera parte de la central principal de la cual depende. Esto quiere decir que el enlace entre el concentrador y su central principal tendrá un equivalente de referencia nulo.

DATOS PRINCIPALES DE TRANSMISION
PARA EL INSTRUMENTO TELEFONICO

Nr

FIG. III.4

Sida

1 (1)

Tillhor

Datum

1973-04-15

Godkind (tjst och namn)

Korr

Equivalentes de referencia de emisión
(SRE) y de recepción (RRE)

Sistema de alimentación: 48 V; 2 x 400

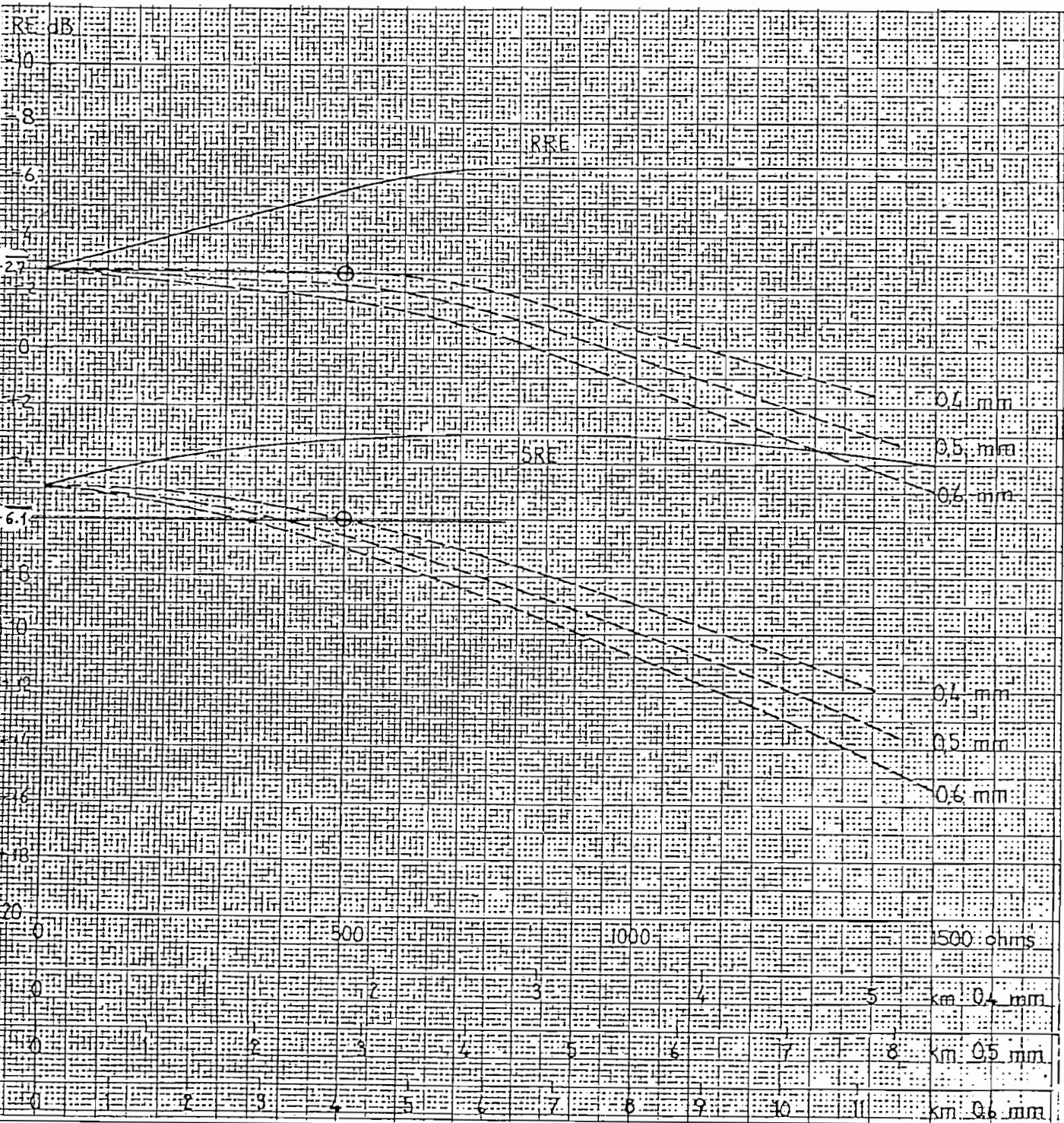
Cables: 0,4 mm, $r = 280 \Omega/\text{km}$, $c = 40 \text{ nF}/\text{km}$, $\alpha = 1,62 \text{ dB}/\text{km}$

0,5 mm, $r = 180 \Omega/\text{km}$, $c = 40 \text{ nF}/\text{km}$, $\alpha = 1,22 \text{ dB}/\text{km}$

0,6 mm, $r = 125 \Omega/\text{km}$, $c = 40 \text{ nF}/\text{km}$, $\alpha = 0,95 \text{ dB}/\text{km}$

———— Exclusive atenuación de cable

----- Inclusive atenuación de cable



ram

Oversatt

Andra utgåvor

Uppgj. (tjst och sign) Kontr. (tjst och sign)

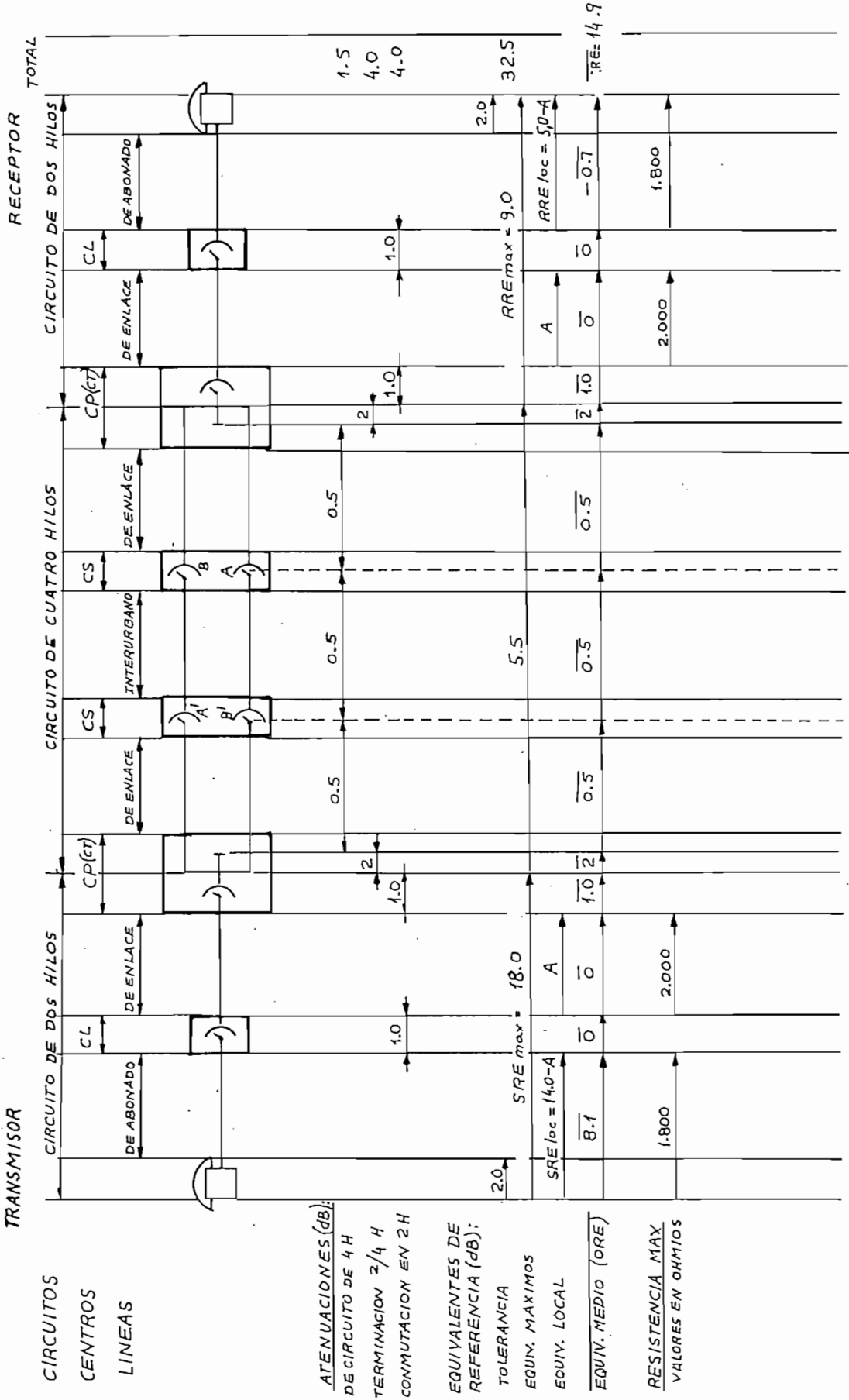
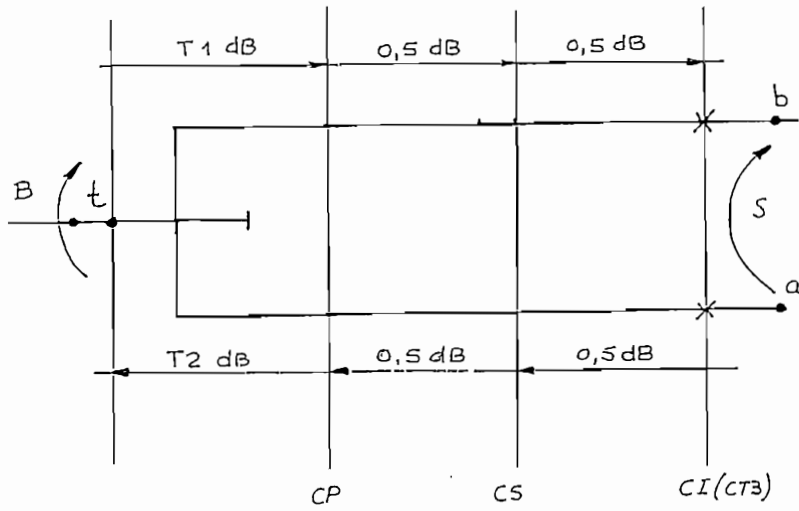


FIG. III.5a CONEXION NACIONAL



$$A_{a-t-b} \geq (10+n) \text{ dB}$$

$$A_{a-t-b} \geq (10+2) \text{ dB}$$

$$n=2$$

$$T_1 = T_2 = 2 \text{ dB}$$

$$S = B + A_{a-t} + A_{t-b} \geq 12 \text{ dB}$$

$$S = B + (1+2) + (1+2) \geq 12 \text{ dB}$$

$$S = B \geq 6 \text{ dB}$$

FIGURA III.5.b

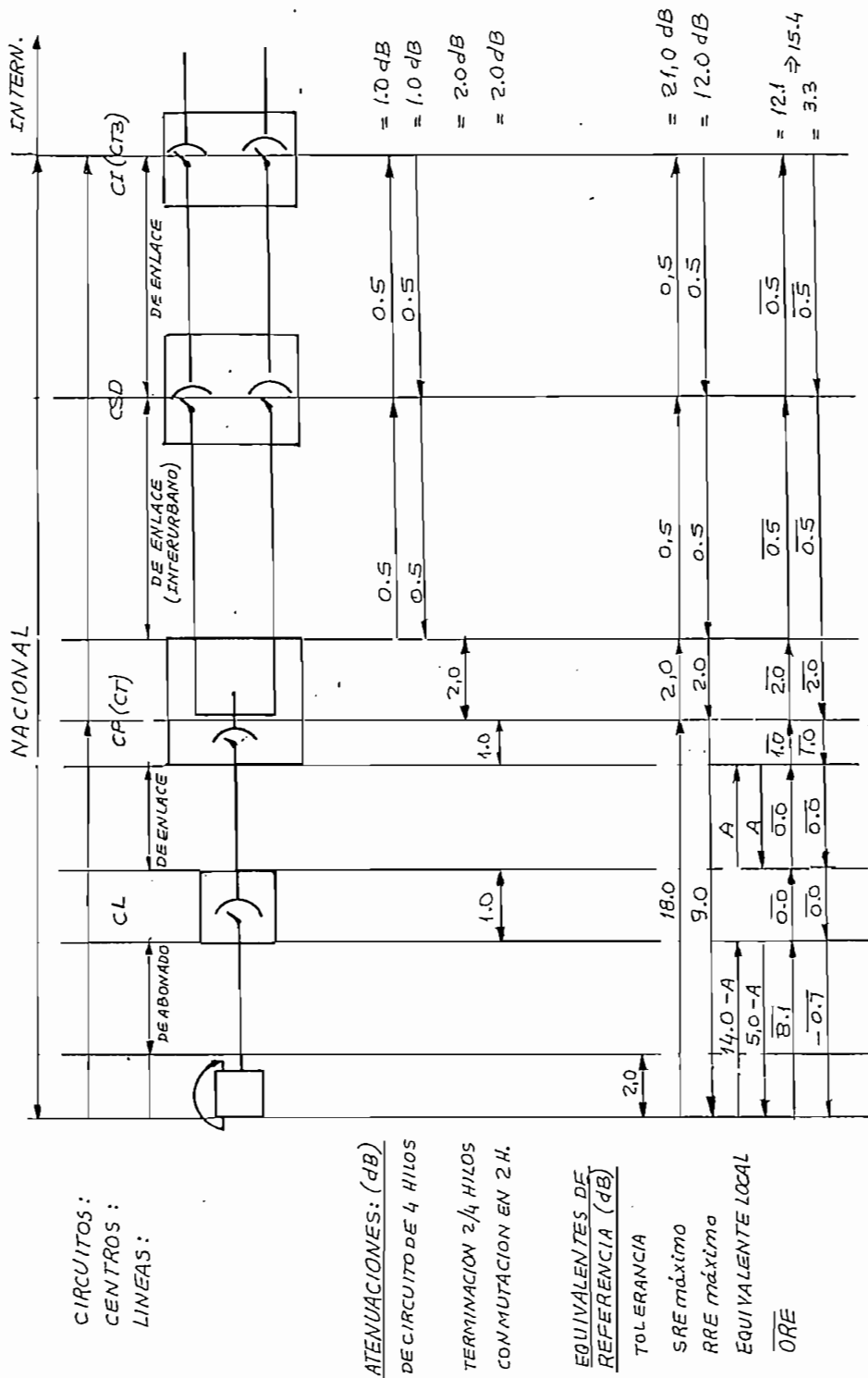


FIGURA III.5.c

Explicaciones y Comentarios de la figura # III.5 a,b y c

El circuito de la figura # III.5a, representa el caso de transmisión Nacional más complicado que podrá darse en el Ecuador, según el presente Plan; dentro del objetivo a largo plazo.

En el diagrama III.5a se identifican dos centros secundarios, enlazados por un solo circuito interurbano con una atenuación de 0,5 dB.

A cada centro secundario se encuentra enlazado un centro primario (o central Tandem) el cual es una central analógica con conmutación en dos hilos. El enlace entre un centro secundario y un primario (o Tandem) se lo hace mediante una línea de 4 hilos que tiene una atenuación nominal de 0,5 dB.

A cada centro primario se encuentra conectada una central local a través de una línea de enlace física la cual tiene un equivalente de referencia A. En realidad estas centrales locales son pequeñas centrales periféricas y son pocas.

La línea física de enlace debe ser pupinizada. Si en el lugar del centro primario tenemos una central tandem, la central local viene a ser una de las centrales del área multicentral la cual no puede interpretarse co

mo periférica. Las centrales periféricas no intervienen en caso de tráfico hacia un centro secundario a través de tandem, como se indica en la norma c.11.5.

Los valores de la figura # III.5a se obtienen de la siguiente forma:

Atenuaciones

De circuito de cuatro hilos: según la norma c.3

De terminación de 2/4 hilos: según la norma c.5

De conmutación en 2 hilos: según la norma c.4

Equivalentes de Referencia

Tolerancia: Según la norma c.7

Equivalente de referencia de transmisión máximo para el circuito de 2 hilos:

Límite Nacional para

comunicaciones internacionales 21,0 dB

Atenuación de enlace interurbano $-(+0,5)$ dB

Atenuación de enlace CP(CT)-CS $-(+0,5)$ dB

Atenuación de terminación 2/4 hilos $-(+2,0)$ dB

SRE máximo 18,0 dB

Equivalente de referencia de recepción máximo para el circuito de 2 hilos:

Límite para las	
comunicaciones internacionales	12,0 dB
Atenuación de enlace interurbano	-(+0,5)dB
Atenuación de enlace CS-CP(CT)	-(+0,5)dB
Atenuación de terminación 4/2 hilos	-(+2,0)dB
	<hr/>
RRE máximo	9,0 dB

Equivalente de Referencia máximo de la cadena nacional de cuatro hilos:

Terminación de 2/4 hilos	2,0 dB
Circuito de enlace CP(CT)-CS	0,5 dB
Circuito de enlace interurbano	0,5 dB
Circuito de enlace CS-CP(CT)	0,5 dB
Terminación de 4/2 hilos	2,0 dB
	<hr/>
EQ. REF. 4 HILOS	5,5 dB

Equivalente de Referencia Global para comunicaciones Nacionales:

$$\begin{aligned} & \text{SRE máx.} + \text{EQ. R. 4 hilos} + \text{RRE máx.} = \\ & = 18,0\text{dB} + 5,5\text{dB} + 9,0\text{dB} = \underline{32,5 \text{ dB}} \end{aligned}$$

Equivalente medio, ponderado en la función del tráfico, ($\overline{\text{ORE}}$):

El valor medio se considera para el 50% de las comunicaciones.

a) Para \overline{SREloc} y \overline{RREloc} :

De la tabla I.1 del Capítulo I, concluimos que en las redes locales, aproximadamente el 50% de abonados se encuentra a una distancia de 1800 metros de la central.

Considerando la figura # III.6 y la tolerancia de la norma c.7, encontramos que:

$$\overline{SREloc} = \overline{6,1dB} + \overline{2,0dB} = \overline{8,1dB}$$

$$\overline{RREloc} = \overline{-2,7dB} + \overline{2,0dB} = \overline{-0,7dB}$$

b) Para el circuito de enlace CL - CP(CT) y para la central CL:

En caso de que CP sea centro primario, las centrales CL son centrales periféricas pequeñas que son pocas y no llegan nunca a representar más del 10% en las comunicaciones de larga distancia, por lo tanto no contribuyen al cálculo del equivalente medio ponderado en función del tráfico.

En caso de que CP sea central tandem, se considera que esta no tramita nunca más del 10% del tráfico de larga distancia, y por lo tanto tampoco hay contribución al equivalente medio ponderado en función del tráfico.

c) Para el circuito en cuatro hilos, se toma el valor nominal de sus equivalentes, ya que el 100% de las

llamadas de larga distancia se realizan por estos circuitos. Lo mismo se puede decir de la atenuación nominal de 1,0 en el centro primario.

Así obtenemos el valor para el \overline{ORE} de 15,4 dB
siendo $\overline{SRE} = 12,1\text{dB}$ y $\overline{RRE} = 3,3\text{dB}$

Finalmente cabe indicar que los puntos A y B de la figura # III.5a pueden ser identificados como los puntos virtuales de conmutación internacional en el sentido de transmisión; y los puntos A' y B' como los puntos virtuales de conmutación internacional en el sentido de recepción.

En la figura # III.5.b se muestran las condiciones del circuito nacional, desde el punto de vista de la estabilidad, de acuerdo a la recomendación G.122 del CCITT, en la cual se parte de las condiciones para las comunicaciones internacionales.

Las pérdidas en el circuito de la figura # III.5b se comprenden en los siguientes términos:

T1 Terminación 2/4 hilos = 2,0dB según la norma c.5
T2 Terminación 4/2 hilos = 2,0dB según la norma c.5
Atenuación del circuito de enlace CP(CT)-CS = 0,5 dB
Atenuación del circuito de enlace CS - CI = 0,5 dB

B: Pérdida de balance, que es una medida de la calidad del balance de terminación en el cambio 2/4 hilos (ó 4/2 hilos) y representa en decibeles la relación entre la potencia que se entrega al aparato telefónico con balance perfecto y la potencia que se refleja hacia el circuito de 4 hilos debido a desbalances en el híbrido.

De la recomendación G.122-A tenemos que el valor S de estabilidad en el trayecto a-t-b debe ser:

$$S = A_{a-t-b} \geq (10 + n) \text{dB}$$

n = número de circuitos a cuatro hilos de la cadena nacional.

Tenemos:

$$S = B + A_{a-t} + A_{t-b} \geq (12 + 2) \text{dB}$$

$$S = B + (0,5 + 0,5 + 2,0) + (2,0 + 0,5 + 0,5) \geq 12,0 \text{ dB}$$

$$S = B + 6,0 \text{dB} \geq 12,0 \text{dB}$$

$$B = 6,0 \text{dB}$$

La atenuación del circuito de cuatro hilos para una comunicación nacional desde el punto de vista de estabilidad y eco sería:

$$2(B + T_1 + T_2 + n \times 0,5) \text{dB}$$

$$= 2(6 + 2 + 2 + 3 \times 0,5) \text{ dB}$$

$$= 2(11,5) \text{dB} = 23,0 \text{dB}$$

Con este valor de 23,0dB obtenido de acuerdo a los cri-

terios de estabilidad de la recomendación G.122-A; también se cumplen los requerimientos de eco de la recomendación G.122-B en donde se exige un valor de $S (4+n)$ dB y el objetivo para el eco estipulado en el Capítulo II, numeral II.3.4.

La figura III.5.c representa el caso para comunicaciones internacionales correspondientes al plan de Transmisión más complicado que podrá darse en el Ecuador, según el objetivo a largo plazo de la figura # III.5a

III.2 APLICACION DEL PLAN EN UNA ZONA EN PARTICULAR

El objetivo de la presente parte consiste en mostrar la manera en que se podrían cumplir las normas enunciadas en el capítulo anterior, partiendo de lo que existe actualmente.

Como ejemplo, analizaré la caso de la ciudad de Quito.

III.2.1 PRIMERA ETAPA: COMUNICACIONES DE LARGA DISTANCIA.

Teniendo presente que uno de los objetivos del plan es introducir sistemas de conmutación digitales, se puede empezar cumpliendo la norma a.1 lo que significa el reemplazo de la central ARM 201/2 de Quito (Centro Secundario) por una central de tráfico digital.

Este cambio se justifica, debido a que actualmente la central ARM 201/2 de Quito no soporta la demanda de tráfico existente y cualquier solución al problema telefónico que se plantee, debe incluir una ampliación importante de esta central o su reemplazo.

Por otro lado, por experiencias en otros países se sabe que un centro de tránsito es un buen lugar para empezar con la digitalización.

Una vez que el centro secundario sea digital, será nece

sario enlazarlo a las centrales existentes en Quito y en la Región 1.

Teniendo presente la norma c.8, dentro de esta etapa se tendrían los siguientes enlaces hacia las centrales existentes:

a) Enlace CSD - Centrales Quito Cento I,II, y III:

Esta línea puede ser provisionalmente de 2 hilos ya que la distancia de estas centrales y el CSD es muy corta (algunos metros).

b) Enlace CSD - Centrales Mariscal Sucre I, II, III y IV

Ya que estas centrales, son de las que generan más tráfico de larga distancia y a que se encuentran a cierta distancia del CSD, sería conveniente introducir sistemas de transmisión PCM en esta ruta y tratando de que al final de esta primera etapa, todos los enlaces sean PCM.

c) Enlace CSD - Centrales Villa Flora I y II:

Durante esta etapa, esta ruta seguirá siendo en 2 hilos ya que el tráfico de larga distancia originado en Villa Flora no es tan alto y tampoco la distancia es muy grande.

d) Enlace CSD - Centrales de Iñaquito I, II y III:

Estas centrales, juntamente con las de Mariscal Sucre generan un tráfico de larga distancia alto, además, se encuentran lejos del CSD, por lo tanto, esta ruta debe ser PCM.

e) Enlace CSD - Central de Cotocollao:

La distancia de este enlace es grande, aunque el tráfico originado en esta central no es tan alto. Sin embargo como analizaré más adelante, los valores de equivalentes de referencia para la parte local de esta central solamente entran en los límites si se usan diámetros de conductores de 0,6 mm, lo cual, es demasiado costoso, por lo tanto, el enlace CSD - Cotocollao debe ser PCM.

f) Enlace CSD - Centrales de Región 1 (por ejemplo: Ambato, San Rafael, etc.):

En la actualidad, estos enlaces son circuitos de cuatro hilos FDM, por lo tanto ya cumplen con la norma c.8 y no necesitan modificación durante esta primera etapa.

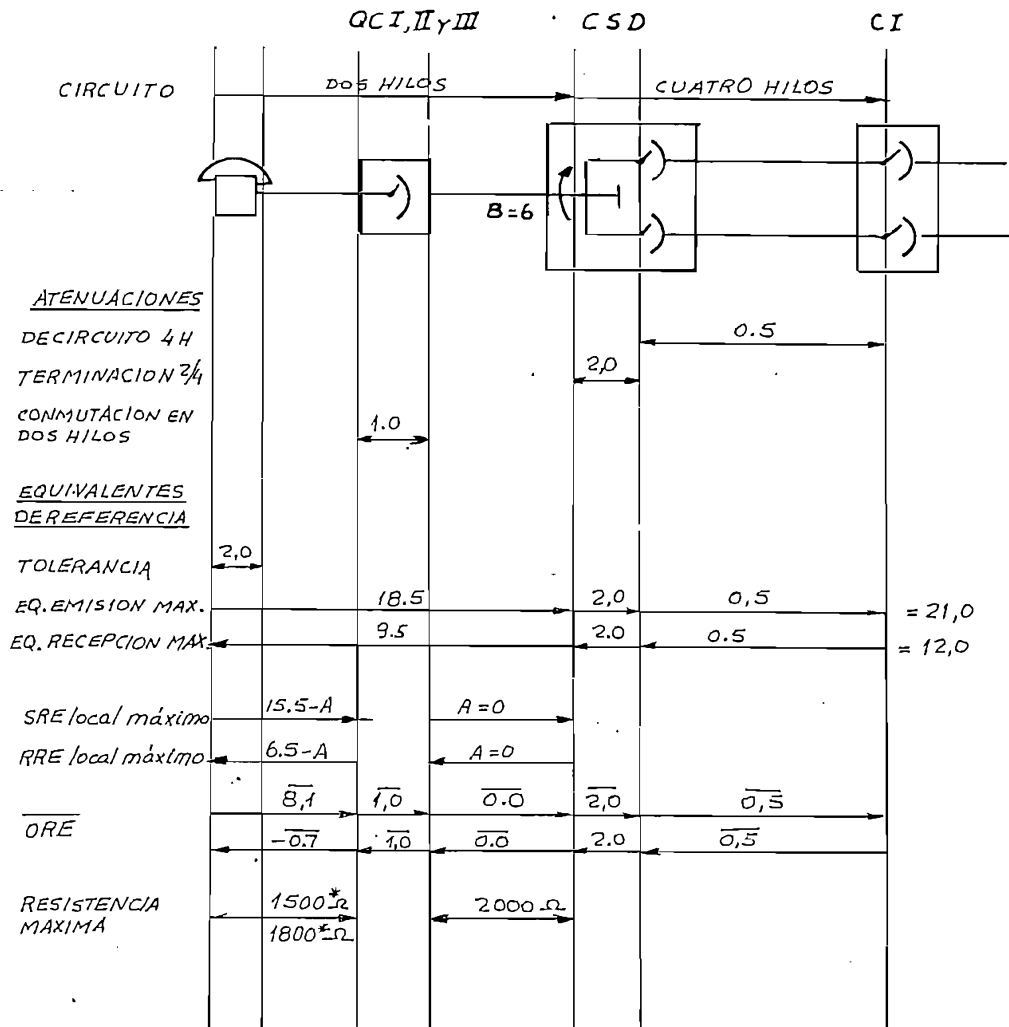
g) Enlace CSD - Abonados:

El centro secundario Digital que hemos introducido -

en esta primera etapa, podrá tener conectados abonados, ya sea directamente o a través de conectadores digitales de líneas. Esto significa que la demanda de nuevas líneas telefónicas de la zona de la central Quito Centro, se conectarán al CSD.

Al final de la primera etapa, tendremos entonces unos esquemas como los de la figura # III. 6 a,b,c, y d.

CENTRALES DE QUITO CENTRO :



* Para Quito Centro I : 1500 Ω
 Para Quito Centro II y III : 1800 Ω

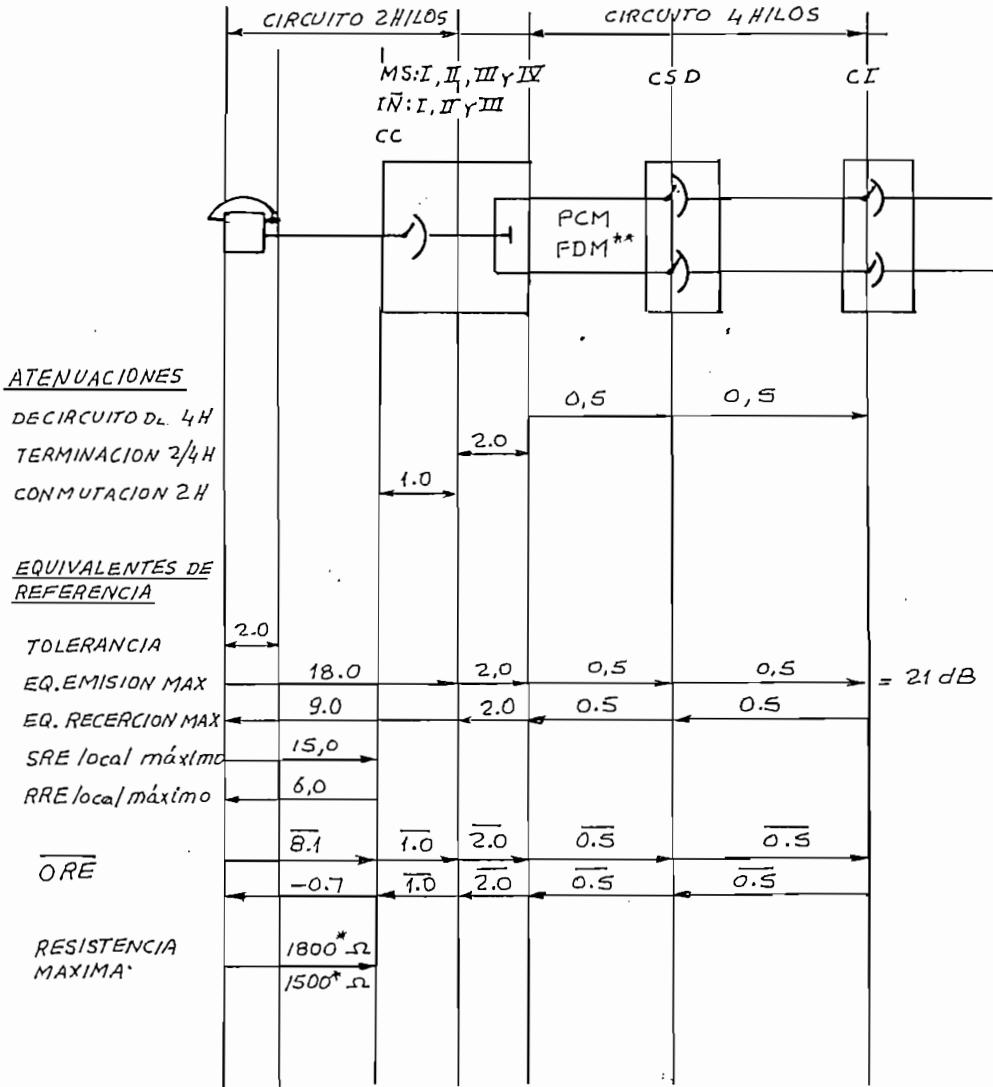
Con SRE local máximo = 15,5 dB y RRE local máximo = 6,5 dB ⇒ D > 6 Km para cable de $\phi = 0.4$ mm.

RESISTENCIA:

- Quito Centro I : con cable $\phi = 0.4$ mm → D máx = 5,3 Km = 1484 Ω
 Quito Centro II y III con cable $\phi = 0.4$ mm → D máx = 6,4 Km = 1792 Ω
 ⇒ SRE máx para 6,4 Km = 15.5 dB
 ⇒ RRE máx para 6,4 Km = 4.5 dB

FIGURA III. 6. a

CENTRALES DE MARISCAL SUCRE I, II, III y IV, IÑÁQUITO I, II y III
Y COTOCOLLAO (si esta tiene enlace PCM hacia CSD) y PARA
LAS CENTRALES FUERA DE QUITO (AMBATO, ESMERALDAS ETC.)



* Para Mariscal Sucre I e Iñáquito I = 1500 Ω
 Para Mariscal Sucre II, III y IV, Iñáquito II y III = 1800 Ω
 ** FDM Para las centrales fuera de Quito
 Con SRE local máximo = 15,0 dB y RRE local máximo = 6,0 dB
 ⇒ D máxima > 6 Km

RESISTENCIA: Centrales AGF

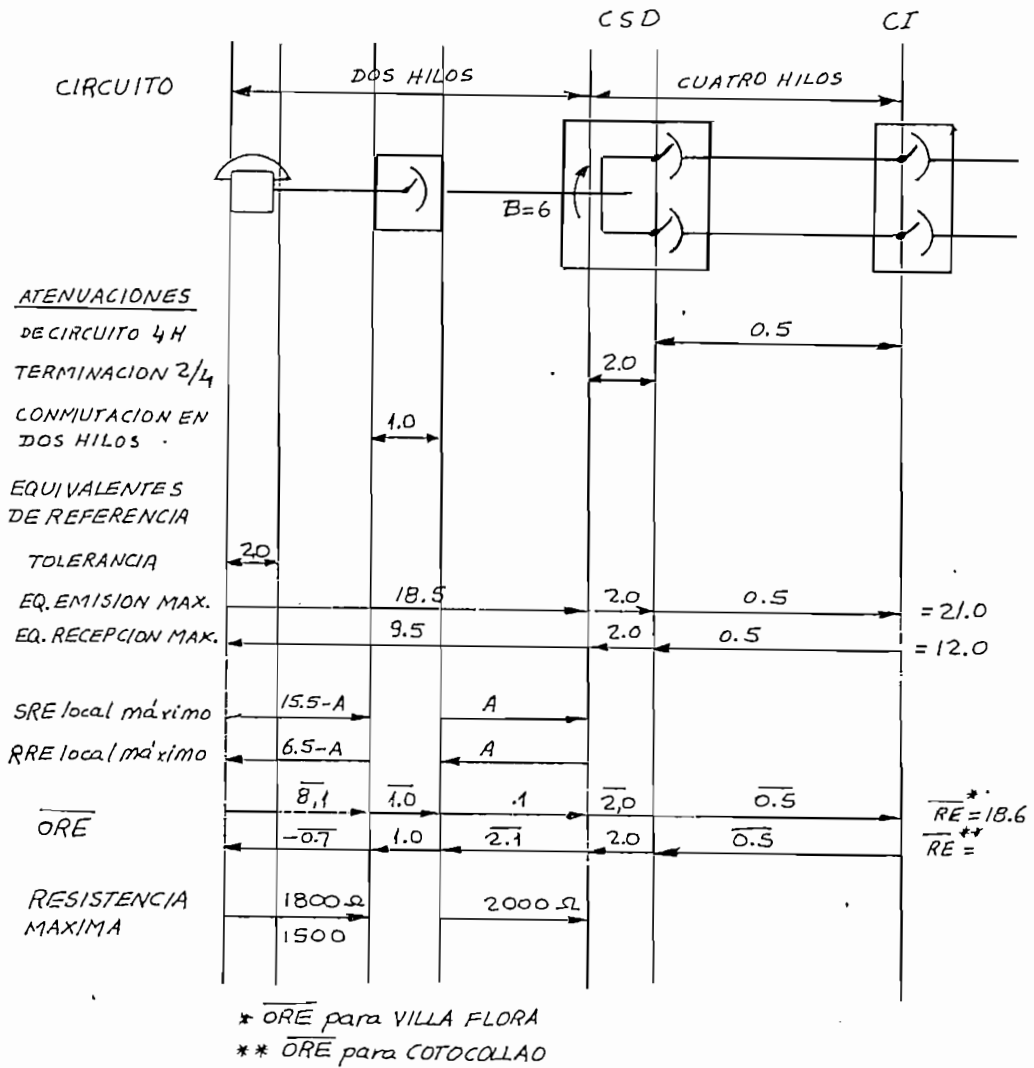
Con Cable ϕ 0,4 mm ⇒ D máx = 5,3 Km = 1484 Ω
 ⇒ RRE máx = 2,1 y SRE máx = 12,6 dB

Centrales ARF

Con Cable ϕ = 0,4 mm. ⇒ D máx = 6,4 Km = 1792 Ω
 ⇒ SRE local máx = 15,0 dB y RRE local máximo = 4,5 dB

FIGURA III. 6. b

CENTRALES DE VILLA FLORA I Y II Y COTOCOLLAO (si esta tiene enlace analógico hacia el CSD)



Para Villa Flora: resistencia de línea de abonado = 1500 Ω
 ENLACE CC-CSD: Ver comentario en página siguiente
 ENLACE VF-CSD: cable 0.6 mm. pupinizado, 3.7 Km ⇒ A = 2.1 dB
 RESTA PARA: SRE local máx = 13.4 dB ⇒ D máx = 5.7 Km (φ = 0.4 mm)
 RRE local máx = 4.5 dB
 RESISTENCIA: con cable φ = 0.4 mm → D máx = 6,4 Km = 1792 Ω
 ⇒ SRE máx = 13.4 dB
 RRE máx = 4.5 dB

FIGURA III. 6. c

El cable troncal CC-CSD existente (5,4 Km EPB, 0,7 mm. Pup. + 8,1 Km, EPB, 0,6 mm. pupinizado) tiene un equival lente de referencia de: $5,4 \times 0,41\text{dB} + 8,1 \times 0,55\text{DB} = 2,20 + 4,5 = 6,7 \text{ dB}$.

Resta para la red local:

$$\text{SREloc máximo} = 8,8\text{dB}$$

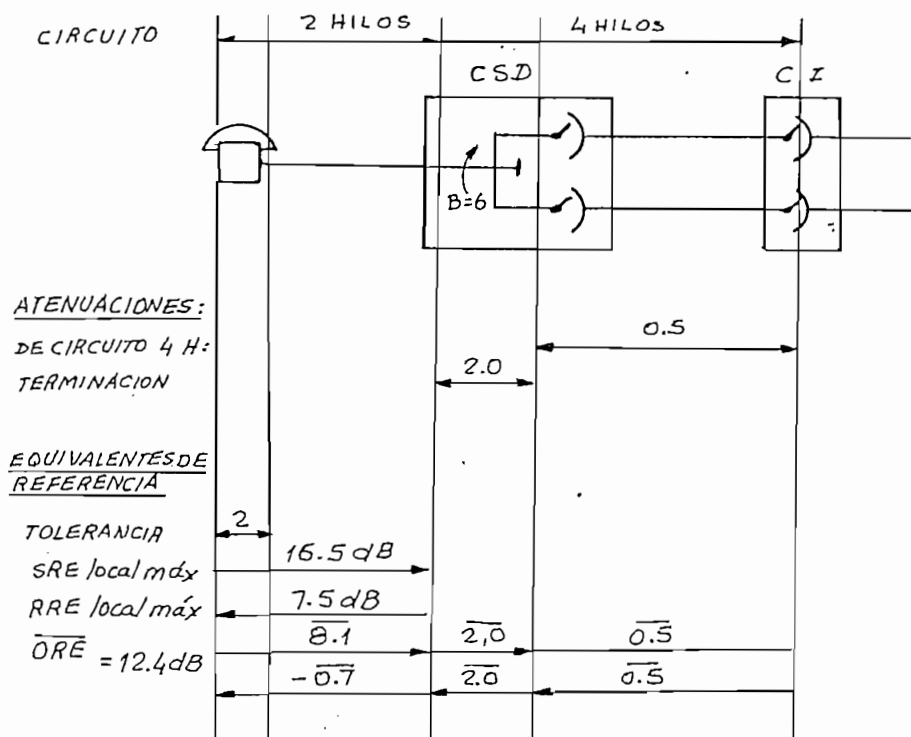
$$\text{RREloc máximo} = -0,2\text{dB}$$

Con SREloc máximo de 8,3 dB, la línea local puede ser máximo de 3,2 Km con cable de 0,4 mm, de 4,2 Km con cable de 0,5 mm y de 5,6 con cable de 0,6 mm.

Con RREloc = -0,7dB, la línea local puede ser máximo de 3,6 Km con cable de 0,4 mm, de 4,8 con calbe de 0,5 mm de 5,7 con calle de 0,6 mm.

La resistencia en este caso no es limitante.

CENTRAL CSD (con conexión directa de abonados)



EL VALOR DE RESISTENCIA DE LINEA SERÁ SEGUN LOS REQUERIMIENTOS DE LA CENTRAL CSD

SE PUEDE USAR LIBREMENTE CABLES DE HILOS DE 0.4 mm DE DIAMETRO PARA LA RED DE ABONADOS HASTA LA DISTANCIA QUE LO PERMITA LA RESISTENCIA

Figura # III.6,d

Como se puede ver, al término de esta primera etapa, se consigue bastante buena calidad para las comunicaciones de larga distancia, de todas las centrales de Quito. Para la central de Cotacollao, Figura # III.6,c, es necesario el uso de enlaces PCM hacia el CSD si se desea usar conductores de 0,4 mm de diámetro en la red local; otra razón es que el valor del \overline{ORE} resulta demasiado alto:

En cuanto a estabilidad, se ha seguido el criterio indicado en el Plan General de Transmisión, descrito en la parte anterior.

Finalmente resta indicar los niveles relativos que debe tener la central CSD y las centrales terminales, para lo cual asumiré que se usa equipo Ericsson diseñado para recibir en sus entradas -14dB_r y entregan a su salida un nivel de $+8\text{dB}_r$. El método de cálculo usado es el descrito en la parte II.4.3.

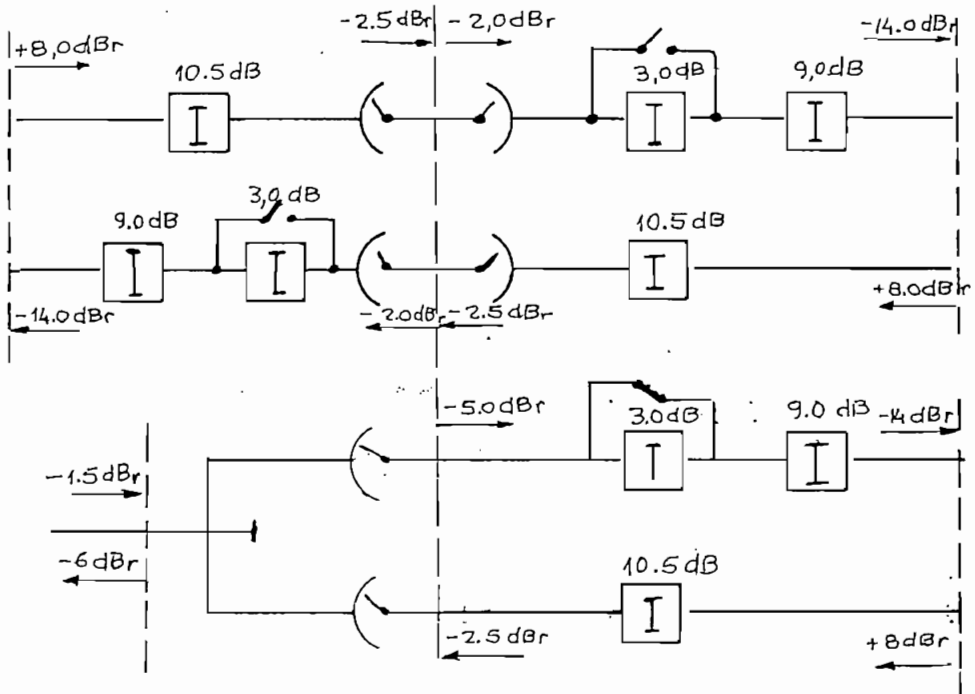


FIGURA III.7

III.2.2 PRIMERA ETAPA: COMUNICACIONES URBANAS

Es necesario ahora revisar la situación de los enlaces existentes entre las centrales de Quito, y de ser necesario, se deberán introducir mejoras con el objeto de cumplir las normas del Plan General de Transmisión y también con la idea de preparar la red urbana para su digitalización. Para facilidad de los cálculos siguientes, me he referido a la tabla II.2 que se encuentra al final de la parte II.3.3.

1) Enlaces de Quito Centro - Mariscal Sucre y viceversa

	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local, centrales del Centro (Figura III.6.a)	15,5	8,1
Dos centrales analógicas	2,0	<u>2,0</u>
Cable de 0,4 mm sin pupinizar 3,2 Km	5,2	<u>5,2</u>
RRE local Centrales Mariscal Sucre (Figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	27,2	14,6

Resistencia de línea = 896Ω (32, x 280Ω)

Ambos valores se encuentran dentro de los límites a corto plazo por lo tanto desde el punto de vista únicamente de transmisión, no es necesario introducir mejoras.

2) Enlaces de Quito Centro - Villa Flora

	<u>RE.</u>	<u>ORE</u>
SRE local, centrales de Quito Centro considerando máxima resistencia = 6,4 Km (Figura III.6.a)	15,5	<u>8,1</u>
Dos centrales analógicas	2,0	<u>2,0</u>
Cable de 0,4 mm sin pupinizar 4,1 Km	6,6	<u>6,6</u>
RRE loc máximo Centrales de Villa Flora, red local de 0,4 mm 5,7 Km (Figura III.6.c)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	28,6	16,0

Resistencia de línea = $1148 \Omega (4,1 \times 280 \Omega)$

Ambos valores se encuentran dentro de las límites a corto plazo, por lo tanto desde el punto de vista de transmisión, no es necesario introducir mejoras.

3) Enlace Villa Flora - Quito Centro

	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales de Villa Flora (figura III.6.c)	13,4	<u>8,1</u>
Dos centrales analógicas	2,0	<u>2,0</u>
Cable de 4,0 mm sin pupinizar 4,1 Km	6,6	<u>6,6</u>
RRE local, centrales de Quito Centro (Figura III.6.a)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	26,5	16,0

Resistencia de línea = $1148 \Omega (4,1 \times 280 \Omega/\text{Km})$

Ambos valores se encuentran dentro de los límites a corto plazo, por lo tanto desde el punto de vista de transmisión no es necesario introducir mejoras.

4) Enlace Centro - Iñaquito y viceversa

4.a) <u>Existente</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales de Centro (figura III.6.a)	15,5	$\overline{8,1}$
Dos centrales analógicas	2,0	$\overline{2,0}$
Cable de 0,6 mm sin pupinizar 8,0 Km	7,7	$\overline{7,7}$
RREloc centrales de Iñaquito (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>- 0,7</u>
	29,7	17,1

Resistencia de línea $8 \times 124 \Omega = 992 \Omega$

El valor del \overline{ORE} sobrepasa el límite y es necesario mejorar la calidad, suponiendo que hay pares libres en el cable troncal, introducimos pupinización, con bobinas de 74 mH espaciadas 1850 m, con lo que se obtiene:

4.b)	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales centro (figura III.6.a)	15,5	$\overline{8,1}$
Dos centrales analógicas	2,0	$\overline{2,0}$
Cable de 0,6 mm pupinizado 8,0 Km	4,4	$\overline{4,4}$
RRe local centrales de Iñaquito (figura III.6.)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	26,4	13,8

Resistencia de la línea = 1.016Ω

Estos valores entran dentro de los límites, sin embargo, cuando la capacidad del cable existente llegue a su límite, la ampliación de esta ruta deberá hacerse mediante sistemas PCM con lo que tendríamos:

4.c)	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales del centro (Figura III.6.a)	15,5	<u>8,1</u>
Dos centrales analógicas	2,0	<u>2,0</u>
Enlace PCM según normas generales	0,5	<u>0,5</u>
Dos terminales 2/4 hilos	4,0	<u>4,0</u>
RRE local, centrales de Iñaquito (Figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	26,5	13,9

5) Enlace Centro - Cotocollao y viceversa

5.a) <u>Existente</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales del Centro (figura III.6.a)	15,5	<u>8,1</u>
Dos centrales analógicas	2,0	<u>2,0</u>
Cable de 0,6 mm 13,4 Km	12,9	<u>12,9</u>
RRE local centrales de Cotocollao (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	34,9	22,3

$$\text{Resistencia de línea} = 13,4 \times 124 \Omega = 1.662 \Omega$$

Ambos valores sobrepasan los límites a corto plazo, por lo tanto como primera alternativa de solución, pinizamos el cable con el siguiente resultado:

5.b)	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales del Centro (figura III.6.a)	15,5	<u>8,1</u>
Dos centrales analógicas	2,0	<u>2,0</u>
Cable de 0,6 mmm pupinizado 13,4Km	7,4	<u>7,4</u>
RRE local centrales de Cotocollao (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	29,4	16,8

Resistencia de línea = 1.702Ω

El valor del \overline{ORE} sobrepasa el límite a corto plazo sin embargo, durante esta primera etapa se lo puede aceptar. Igualmente cuando se complete la capacidad del cable, la ampliación debe hacerse mediante sistemas PCM, con lo que obtenemos:

5,c)	<u>RE</u>	<u>\overline{ORE}</u>
SRE local centrales del Centro (figura III.6.a)	15,5	$\overline{8,1}$
Dos centrales analógicas	2,0	$\overline{2,0}$
Enlace PCM según normas generales	0,5	$\overline{0,5}$
Dos terminaciones 2/4 hilos	4,0	$\overline{4,0}$
RRE local central de Cotocollao (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>$\overline{-0,7}$</u>
	26,5	13,9

6) Enlace Mariscal Sucre - Villa Flora

6.a) <u>EXISTENTE</u>	<u>RE</u>	<u>\overline{ORE}</u>
SRE local centrales Mariscal Sucre (figura III.6.b)	15,0	$\overline{8,1}$
Dos centrales Analógicas	2,0	$\overline{2,0}$
Cable de 0,6 mm 7,3 Km	7,0	$\overline{7,0}$
RRE local centrales de Villa Flora (figura III.6.c)	<u>4,5</u>	<u>$\overline{-0,7}$</u>
	28,5	16,4

Resistencia de la línea = $7,3 \times 124 \Omega = 905 \Omega$

El valor de \overline{ORE} sobrepasa el límite a corto plazo; e igualmente tratamos de mejorar el enlace median

te la pupinización, con el siguiente resultado:

6.b)	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales de Mariscal Sucre (figura III.6.b)	15,0	<u>8,1</u>
Dos centrales analógicas	2,0	<u>2,0</u>
Cable de 0,6 mm pupinizado 7,3 Km	4,0	<u>4,0</u>
RRE local centrales de Villa Flora (figura III.6.c)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	25,5	13,4

Resistencia de la línea = 927 Ω

Podemos concluir que en el enlace 5.b tenemos el mismo caso, y por lo tanto cuando sea necesario el uso de PCM tendríamos:

6.c)	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales de Mariscal Sucre (figura III.6.b)	15,0	<u>8,1</u>
Dos centrales analógicas	2,0	<u>2,0</u>
Enlace PCM	0,5	<u>0,5</u>
Dos terminaciones 2/4 hilos	4,0	<u>4,0</u>
RRE local centrales de Villa Flora (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	26,0	13,9

7) Enlace Villa Flora - Mariscal Sucre

7.a) <u>Existentente</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales de Villa flora (figura III.6.c)	13,4	<u>8,1</u>

Dos centrales analógicas	2,0	<u>2,0</u>
Cable de 0,6 mm 7,3 Km	7,0	<u>7,0</u>
RRE local centrales de Mariscal Sucre (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	26,9	16,4

Se puede concluir lo mismo que en el caso anterior , con lo que tendríamos con pupinizafión:

7.b)	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales de Villa Flora (figura III.6.C)	13,4	<u>8,1</u>
Dos centrales analógicas	2,0	<u>2,0</u>
Cable de 0,6 mm pupinizado 7,3 Km	4,0	<u>4,0</u>
RRE local centrales Mariscal Sucre (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	23,9	13,4

Resistencia de la línea = 927 Ω

Con las mismas conclusiones que en el caso anterior obtenemos para cuando sea necesario enlace PCM:

7.c)	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales de Villa Flora (figura III.6.c)	13,4	<u>8,1</u>
Dos centrales analógicas	2,0	<u>2,0</u>
Enlace PCM	0,5	<u>0,5</u>
Dos terminaciones 2/4 hilos	4,0	<u>4,0</u>
RRE local centrales de Mariscal Sucre (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	24,4	13,9

8) Enlace Mariscal Sucre - Iñaquito y viceversa

8.a) <u>Existente</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales Mariscal Sucre (figura III.6.b)	15,0	$\overline{8,1}$
Dos centrales analógicas	2,0	$\overline{2,0}$
Cable de 0,4 mm 4,8 Km	7,7	$\overline{7,7}$
RRE local centrales de Iñaquito (figura III.6.b)	$\frac{4,5}{29,2}$	$\frac{-0,7}{\overline{17,1}}$

Resistencia de línea 4,8 x 280 = 1344 Ω

Concluimos lo mismo que en los enlaces anteriores y con pupinización tendríamos:

8.b)	<u>vRE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales Mariscal Su Sucre (figura III.6.b)	15,0	$\overline{8,1}$
Dos centrales analógicas	2,0	$\overline{2,0}$
Cable 0,4 mm pupinizado 4,8 Km	5,9	$\overline{5,9}$
RRE local centrales de Iñaquito (figura III.6.b)	$\frac{4,5}{27,4}$	$\frac{-0,7}{\overline{15,3}}$

Resistencia de línea: 1358 Ω

Concluyendo lo mismo que en los casos anteriores obtenemos para PCM un esquema igual al enlace 6.b

8.c) RE = 26,0 dB

\overline{ORE} = 13,9 dB

9) Enlace Mariscal Sucre - Cotocollao y viceversa

9a) <u>Existentes</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales Mariscal Sucre (figura III.6.b)	15,0	8,1
Dos centrales analógicas	2,0	2,0
Cable de 0,6 mm 10,2 Km	9,8	9,8
RRE local centrales de Cotocollao (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	31,3	19,2

Resistencia de línea = $10,2 \times 124 = 1265 \Omega$

Igual que en los cuadros anteriores tendríamos:

9b) Pupinización RE = 27,1 y $\overline{ORE} = 15,0$

9c) Con PCM; RE = 26,0 y $\overline{ORE} = 13,9$

10) Enlace Iñaquito-Cotocollao y viceversa

10.a) <u>Existente</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales de Iñaquito (figura III.6.b)	15,0	8,1
Dos centrales analógicas	2,0	2,0
Cable de 0,4 mm 5,4 Km	8,7	8,7
RRE local centrales de Cotocollao (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	30,2	18,1

Se concluye lo mismo que en los casos anteriores:

10.b) Con pupinización: RE = 28,1 y ORE = 16,0 dB

10.c) Con PCM: RE = 26,0 y $\overline{ORE} = 13,9$ dB

11) Enlace Villa Flora-Iñaquito

11.a) <u>Existente</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales Villa Flora (figura III.6.c)	13,4	8,1
Dos centrales analógicas	2,0	2,0
Cable de 0,6 mm 12,1 Km	11,6	11,6
RRE local centrales Iñaquito (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	31,5	21,0

Resistencia de línea 12,1 x 124 = 1500 Ω

Se concluye lo mismo que antes y tenemos:

11.b) Con pupinización: RE = 26,6 y ORE = 16,1

11.c) Con PCM: RE = 24,4 y ORE 13,9

12) Enlace Iñaquito - Villa Flora

12.a) <u>EXISTente</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local Centrales Iñaquito (figura III.6.b)	15,0	8,1
Dos centrales analógicas	2,0	2,0
Cable de 0,6 mm 12,1 Km	11,6	11,6
RRE local centrales Villa Flora (figura III.6.c)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	33,1	21,0

Igualmente que para los casos anteriores obtenemos:

12.b) Con pupinización: RE = 28,2 y ORE = 16,1

12.c) Con PCM: ORE = 13,9 y RE = 26,0

13) Enlace Villa Flora Cotocollao

13.a) <u>Existente</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales Villa Flora (figura III.6.c)	13,4	8,1
Dos centrales analógicas	2,0	2,0
Cable de 0,7 mm 17,5 Km	13,9	13,9
RRE local centrales Cotocollao (figura III.6.b)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	33,8	23,3

Se puede concluir lo mismo que en el caso anterior y tenemos:

13.b) con pupinización: RE = 27,1 y $\overline{\text{ORE}} = 16,6$

13,c) Con PCM: RE = 24,4 y $\overline{\text{ORE}} = 13,9$

14) Enlace Cotocollao - Villa Flora

Ya que el SRE loc de Cotocollao (figura III.6.b) es de 15,0dB, se obtiene un RE total de 35,4 y un ORE de 23,2dB; como solución pupinizamos el cable y tenemos RE = 26,0 y $\overline{\text{ORE}} = 13,9$

15) Enlace de los abonados conectados directamente al CSD para tráfico local dentro de la zona Urbana

15.a) Con las Centrales de Villa Flora:

Como las centrales de Villa Flora se enlazan al CSD mediante una línea en dos hilos tendremos lo siguiente:

<u>Villa Flora - CSD</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE central Villa Flora (figura III.6.c)	13,4	8,1
Una central analógica	1,0	1,0
Cable de 0,6 mm pupinizado 3,7 Km	2,1	2,1
RRE central CSD (figura III.6.d)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	21,0	10,5

Resistencia de la línea $94 \times 3,7 = 348 \Omega$

Estos valores están dentro de los límites, y no es necesario mejorarlos.

<u>CSD - Villa Flora</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local Central CSD (figura III.6.d)	15,5	8,1
Una central analógica	1,0	1,0
Cable de 0,6 mm pupinizado 3,7 Km	2,1	2,1
RRE central Villa Flora (figura III.6.c)	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	23,1	10,5

Estos valores están dentro de los límites y no es necesario mejorarlos.

15.b) Enlace con las demás centrales de Quito excepto

Centro y Villa Flora

Ya que todos los enlaces son PCM, tendremos un esquema general para todas las centrales de Quito -

Que sería:

Centrales de Quito - CSD

	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local centrales de Quito	15,0	8,1
Una central analógica	1,0	1,0
Enlace PCM	0,5	0,5
Dos Terminaciones 2/4 hilos	4,0	4,0
RRE local central CSD	<u>4,5*</u>	<u>-0,7</u>
	25,0	12,9

* Valor asumido

<u>CSD - Centrales de Quito</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local Central CSD	15,5	8,1
Una central analógica	1,0	1,0
Enlace PCM	0,5	0,5
Dos terminaciones 2/4 hilos	4,0	4,0
RRE local centrales de Quito	<u>4,5</u>	<u>-0,7</u>
	25,5	12,9

15.c) Enlace con La Central Centro

El enlace es en dos hilos, pero con una distancia nula, por lo tanto tendremos:

<u>Enlace Centro - CSD y viceversa</u>	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local Central Centro	15,5	8,1
Una Central analógica	1,0	1,0
Dos terminaciones 2/4 hilos	4,0	4,0
RRE local central CSD	<u>4,5*</u>	<u>-0,7</u>
	25,0	12,4

* Valor asumido

COMENTARIOS

1.- Al término de esta primera etapa, se puede concluir lo siguiente:

- Hemos introducido Sistemas de Transmisión PCM en los enlaces necesarios para que estos cumplan con las normas del Plan General.

- He analizado el caso de las centrales que existen actualmente, más una central Digital (CSD). Esta central para el caso de las comunicaciones Urbanas y desde el punto de vista del Plan de Transmisión, puede ser considerada como central local; por lo tanto hemos estudiado los siguientes casos de tráfico:

a) Central analógica - central analógica mediante enlace en 2 hilos

Enlace 1a: Centrales de Quito Centro Mariscal Sucre

Enlace 2a: Centrales de Quito Centro Villa Flora

Enlace 3a: Centrales de Villa Flora Quito Centro y todos los enlaces 4b - 14b - (con pupinización)

b) Central Analógica - Central analógica mediante enlace PCM

Enlace 4c: Centrales de Quito Centro - Iñaquito
 Enlace 5c: Centrales de Quito Centro - Cotocollao
 Enlace 6c: Centrales de Mariscal Sucre - Villa Flora
 Enlace 7c: Centrales de Villa Flora - Mariscal Sucre
 Enlace 8c: Centrales de Mariscal Sucre - Iñaquito
 Enlace 9c: Centrales de Mariscal Sucre - Cotocollao
 Enlace 10c: Centrales de Iñaquito-Cotocollao
 Enlace 11c: Centrales de Villa Flora - Iñaquito
 Enlace 12c: Centrales de Iñaquito - Villa Flora
 Enlace 13c: Centrales de Villa Flora - Cotocollao
 Enlace 14c: Central de Cotocollao - Villa Flora

c) Centrál analógica - Central Digital mediante enlace en 2 hilos

Enlace 15a: Central Villa Flora - CSD

Enlace 15c: Centrales Quito Centro - CSD

d) Central analógica - Central digital mediante enlace PCM

Enlaces 15b: Centrales de Quito - CSD

2.- Es necesario indicar que los enlaces analizados en tre las centrales de Quito, son las rutas de prime-ra alternativa, existen otros enlaces para la segunda alternativa, los cuales al analizarlos conducen a valores muy semejantes a los calculados.

3.- Como se puede ver, desde el punto de vista del Plan

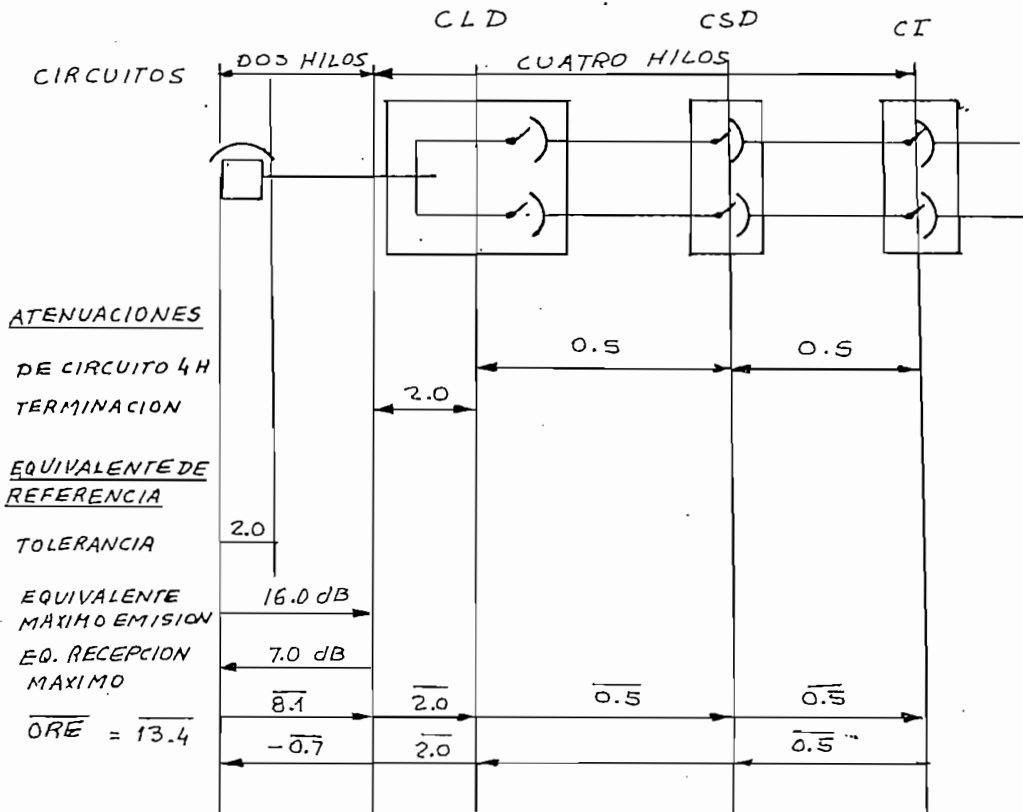
de Transmisión, no es necesario poner enlaces PCM en todos los enlaces al menos en esta etapa en que las centrales son analógicas.

III.2.3 SEGUNDA ETAPA

El objetivo de esta segunda etapa es la de introducir centrales Digitales en las centrales locales. Esto se hará cuando la capacidad de las centrales analógicas lleguen a su límite o cuando sea necesario introducir nuevas centrales en la red, como puede ser el caso de las zonas sur y norte de la ciudad de Quito. Ya que a largo plazo será una red totalmente digital, conviene que los enlaces entre las centrales digitales locales sean PCM.

III.2.3.1 COMUNICACIONES DE LARGA DISTANCIA

Para las comunicaciones de larga distancia desde y hacia las centrales digitales locales, tendremos el siguiente esquema:



RESISTENCIA DE LINEA DE ABONADO: SEGUN LO QUE ACEPTA LA CENTRAL CLD (Asumido 1800 Ω)

CON SRE local máx = 16,0 dB y RRE local máximo = 7.0 dB , se cubre toda el área de la central.

FIGURA III.8

El factor limitante es la resistencia asumida, obtenemos los siguientes valores de SRE local y RRE local máximos:

Con cable de 0,4 mm.: distancia máxima = 6,4 Km

es decir: SRE loc máx= 15,5 dB y RRE loc máx= 4,5 dB

En cuanto a los niveles relativos, debe considerarse - los valores de la figura # III.7, tanto en la central - CSD y en las centrales locales digitales terminales.

III.2.3.2 COMUNICACIONES URBANAS

Se pueden tener los siguientes enlaces:

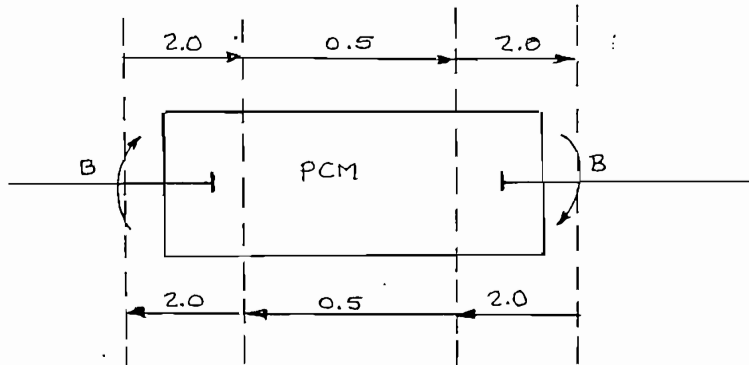
- a) Central analógica - central digital con transmisión PCM: lo cual sería igual al enlace 15b analizado en la parte anterior.
- b) Central analógica - central digital con terminación en dos hilos: lo cual sería igual al enlace 15a analizado en la parte anterior.
- c) Central digital - central digital mediante enlace en dos hilos: no se permite ese tipo de enlace.
- d) Central digital - central digital mediante enlace - PCM, en este caso tendríamos:

	<u>RE</u>	<u>ORE</u>
SRE local central digital A (figura III.7)	15,5	8,1
Enlace PCM	0,5	0,5
Dos terminaciones 2/4 hilos	4,0	4,0
RRE local central digital B (figura III.7)	4,5	-0,7
	<u>24,5</u>	<u>11,9</u>

Estos valores están dentro de los límites.

En cuanto a estabilidad es necesario cumplir con la norma b.6 para lo cual tendríamos:

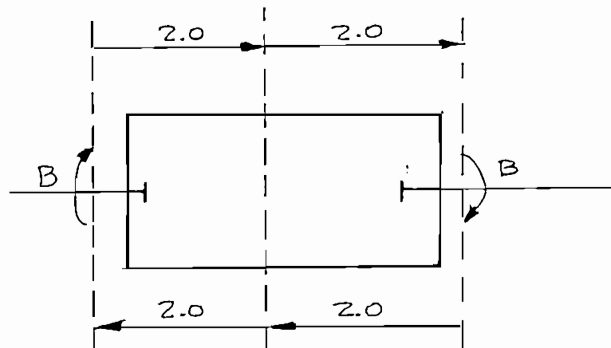
a) Con enlace PCM



$$\begin{aligned} \text{PERDIDA TOTAL} &= 2(B + 4 + 0.5) \\ (B + 4.5) &\geq 10,0 + 0.5 \\ \Rightarrow B &\geq 6 \text{ dB} \end{aligned}$$

FIGURA III.9

b) En una misma central:



$$\begin{aligned} \text{PERDIDA TOTAL} &: 2(B + 4) \\ (B + 4) &\geq 10,0 \text{ dB} \\ \Rightarrow B &\geq 6 \text{ dB} \end{aligned}$$

FIGURA III.10

Con los valores indicados, de 6dB se cumple el requisito de estabilidad, siendo el mismo para todos los casos de tráfico.

Dé este modo al final de la Segunda Etapa, se llega a cumplir con todas las normas enumeradas en el Plan General de transmisión.

Finalmente cabe insistir en los siguientes puntos:

- El Plan descrito constituye un objetivo a largo plazo
- Desde el punto de vista de calidad de transmisión, hay comunicaciones analógicas que cumplen con todos los requisitos de largo plazo y no es necesario convertirlos a digitales; sin embargo desde otros puntos de vista como puede ser el plan de señalización o la política de modernizar toda la red, puede ser necesario tal cambio.
- Existen muchos cables deteriorados, que son causa de múltiples anormalidades. Es indispensable sacarlos de servicio o repararlos y así mejorar la calidad de las comunicaciones; estas cosas las he considerado como fallas que entran dentro de programas de mantenimiento y no en la planificación.

Igualmente en la red nacional hay en servicio aparatos telefónicos, instalados clandestinamente los cuales tienen características muy diferentes de las recomendables y por lo tanto causan un deterioro de la red. Lo mismo puede decirse de centralitas PABX y PAX o de instalaciones de aparatos telefónicos en paralelo. Este deterioro de la red debido a estas anormalidades, tampoco pueden ser consideradas dentro de la planificación ya que el control de estas instalaciones es un asunto administrativo.

C A P I T U L O I V

IV. 1 ASPECTOS GENERALES

Para completar este estudio, es necesario puntualizar - algunos aspectos económicos importantes.

En Primer lugar, no cabe duda que la demanda de servi - cios de telecomunicaciones es cada vez mayor; y a la - larga cualquier inversión en este campo resulta benefi - ciosa si se ha seguido una planificación integrada y se consigue un balance entre las necesidades y el equipa - miento requerido.

También es importante señalar que los servicios más ren - tables son los de tráfico internacional y de larga dis - tancia y de allí la necesidad de lograr que estos servi - cios sean de óptima calidad y deban seguir las normas y recomendaciones del CCITT, aunque cumplir algunas de e - llas represente inversiones importantes.

La situación del Ecuador en cuanto a Telecomunicaciones atraviesa una etapa crítica, y para mejorar la calidad es necesario realizar importantes programas, los cuales requieren de una fuerte inversión económica. Ahora ex - isten técnicas modernas que facilitan la planificación, y se pretende tener en el futuro una red digital, es con - veniente empezar desde ahora a introducir poco a poco y siguiendo un plan que tome como base los equipos e in -

fraestructura actuales, explotándolas al máximo. No se puede dejar que se destruya el equipo actual con la esperanza de que a largo plazo será reemplazado; es importante invertir en programas de mantenimiento.

Para tener una idea de la relación de costos de inversión en las distintas partes de la red, se puede asumir la siguiente división para un área metropolitana:

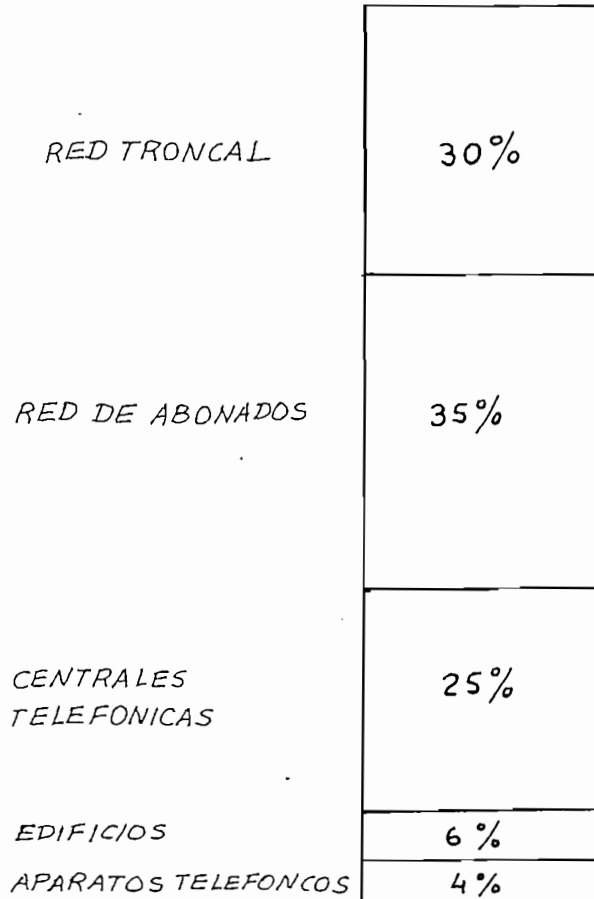


Figura IV.I

Como vemos, la mayor inversión de una administración es tá en las redes y se lograría la mayor economía cuando los costos de las redes sean menores; Sin embargo el precio del cobre y por lo tanto de los cables ha ido au mentando rápidamente durante los últimos años y por eso en las redes troncales ha tenido ventajas la introduc - ción de sistemas PCM, los cuales logran una mayor utili zación de los cables existentes. En las redes de abona dos, debido al poco uso que tiene cada línea no resul - ta apropiado el PCM y como único medio para hacer más barata esta red se debe tratar de usar cables más delga dos y a distancias más cortas de la central.

El uso de conductores más delgados, requiere un aumento de atenuación y por lo tanto de equivalente de referen - cia. Tratar de tener distancias más cortas, representa tener que usar más centrales locales o concentradores - de líneas. Estas ideas se tuvieron presentes en la ela voración del Plan.

IV.2 COMPARACION ECONOMICA ENTRE PCM Y CABLES DE PARES

Para tener una guía de cómo se puede hacer esta comparación, a continuación presento el siguiente estudio, basado en el concepto del Valor Presente con dos diferentes intereses, 10% y 15%.

Se asume que una cierta ruta necesita inicialmente 400 circuitos. La pregunta consiste en determinar qué es más económico, si poner sistemas de PCM en los cables existentes o instalar un nuevo cable de 900 pares; se supone también que la ruta usará todos estos pares al cabo de unos años, por ejemplo: 5, 10, 15 e infinito número de años.

Se usa como parámetro el tiempo en que la ruta usará todos los pares; los valores extremos son cero e infinito, que corresponden a una necesidad inicial de 900 pares y final de 400 circuitos respectivamente.

El resultado se muestra en las figuras IV.2 y IV.3 donde la alternativa del cable es más conveniente hasta cierta distancia luego de la cual resulta más económico el PCM. Esta distancia es una función de la relación del costo de los terminales PCM de 30 canales y el costo de un Kilómetro de cable.

Para mayor comprensión, referirse al ejemplo de la página 263.

Bases del Cálculo

Necesidad inicial: 400 circuitos

Ampliaciones: 500 circuitos en 0, 5, 10, 15 e años

Crecimiento exponencial

Tasa de interés: i ; $V = \frac{1}{1+i}$

Costo del cable de 900 pares: K unidades monetarias (um)
por Km.

Costo fijo por container
para repetidores : b um

Repetidor bidireccional : R um

Costo de terminal 30 canales: T um

número de repetidores: n

Costo por sistema: $S = 2T + n.R$

Costo fijo: $B = n \times B$

Distancia entre repetidores: a Km

Cálculo: Pasos de ampliación de los sistemas PCM

TABLA IV.1

Año de instalación	Tiempo hasta que se necesite 900 circuitos.				
	0	5	10	15	
0	30S+2B	14S + B	14S + B	14S +B	14S+ B
1	----	2S	S	S	
2		3S	S	S	
3		3S	2S	-	
4		4S + B	S	S	
5		4S	S	S	
6			2S	S	
7			2S	S	
8			2S + B	S	
9			2S	S	
10			2S	S	
11				2S +B	
12				S	
13				S	
14				2S	
15				S	

El valor (VP) de las inversiones en PCM:

$$VPO = 30S + 2B$$

$$VP5 = B(1+V^4) + S(14+2V+3V^2+3V^3+4V^4+4V^5)$$

$$VP10 = B(1+V^8) + S(14+V+V^2+2V^3+V^4+V^5+2V^6+2V^7+2V^8+2V^9+2V^{10})$$

$$VP15 = B(1+V^{12}) + S(14+V+V^2+V^4+V^5+V^6+V^7+2V^8+V^9+V^{10}+2V^{11}+V^{12}+V^{13}+2V^{14}+V^{15})$$

$$VP = 14S + B$$

$$\text{Si } S = 2T + nR$$

$$B = nb$$

$i = 10\%$ y 15% se tiene:

TABLA IV.2

Valor Presente	Tasa de Interés	
	10%	15%
VPO	$n(2b + 30R) + 60T$	$n(2b + 30R) + 60T$
VP5	$n(1,68b+28,77R)+51,73T$	$n(1,57b+24,26R)+48,51T$
VP10	$n(1,47b+23,25R)+46,5T$	$n(1,33b+21,35R)+42,69T$
VP15	$n(1,32b+21,47R)+42,94T$	$n(1,19b+19,55R)+39,1T$
VP	$n(b + 14 R) + 28T$	$n(b + 14R) + 28T$

El término general del valor Presente es:

$$VP = n \alpha + \beta T$$

La longitud de la ruta es $L = n \times a$, entonces

$$VP = \frac{L}{a} \alpha + \beta T$$

El Valor presente para el cable de 900 pares es $K \times L$

entonces se escoge PCM si: $L/a \cdot \alpha + \beta T \leq K \cdot L$

o cuando $L > a \cdot T / K \cdot \beta \left(1/a - \frac{\alpha}{K} \right)$

Si $\frac{\alpha}{K}$ es mucho menor que a , la variación en $\frac{\alpha}{K}$ influye muy poco en L .

Si $a = 1.8 \text{ Km}$ y $\frac{\alpha}{K} = 0,1$ se obtiene que:

$$L > 1,06/\beta \cdot \frac{T}{K}$$

De la tabla IV.2 se obtiene β .

El valor $1.06/\beta$ se encuentra en la tabla IV.3

TABLA IV.3

Años	Tasa de Interés	
	10%	15%
0	63,6	63,6
5	54,6	51,4
10	49,3	45,3
15	45,5	41,5
	29,7	29,7

La distancia L es lo que se muestra gráficamente en las figuras IV.2 y IV.3 como función de la relación T/K .

Ejemplo: $D = 10 \text{ Km}$.

Si: $K = 15 \text{ um.}$; $T = 3 \text{ um.}$; Interés = 15%, entonces $T/K = 0,2$

En la Figura IV.3 encontramos el punto A el cual está debajo de la recta de 5 años; de modo que si se va a necesitar 900 circuitos antes de 5 años, resulta más barato el cable.

En cambio, si no se requieren los 900 enlaces antes de 10 años, resulta más económico el uso del FCM.

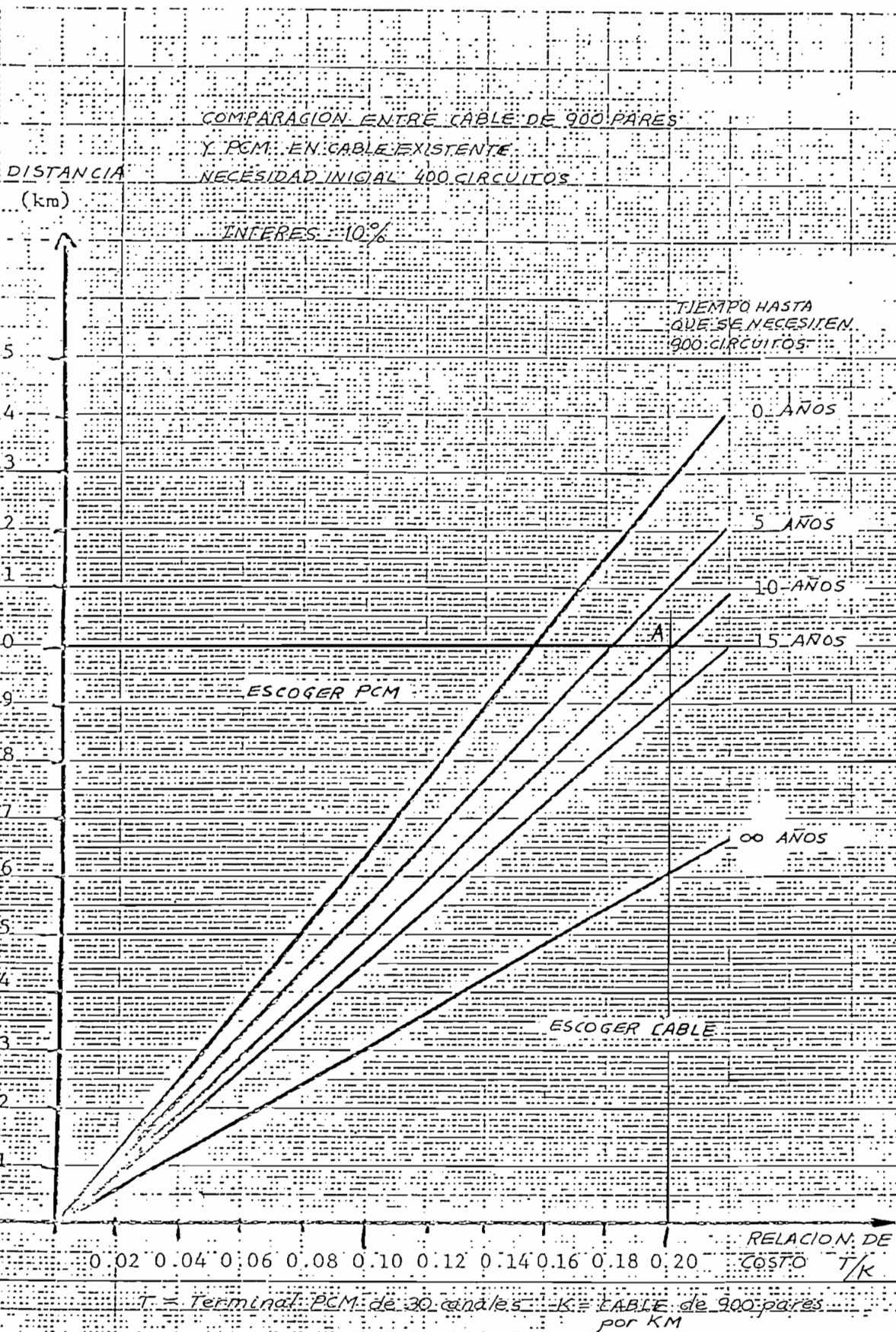
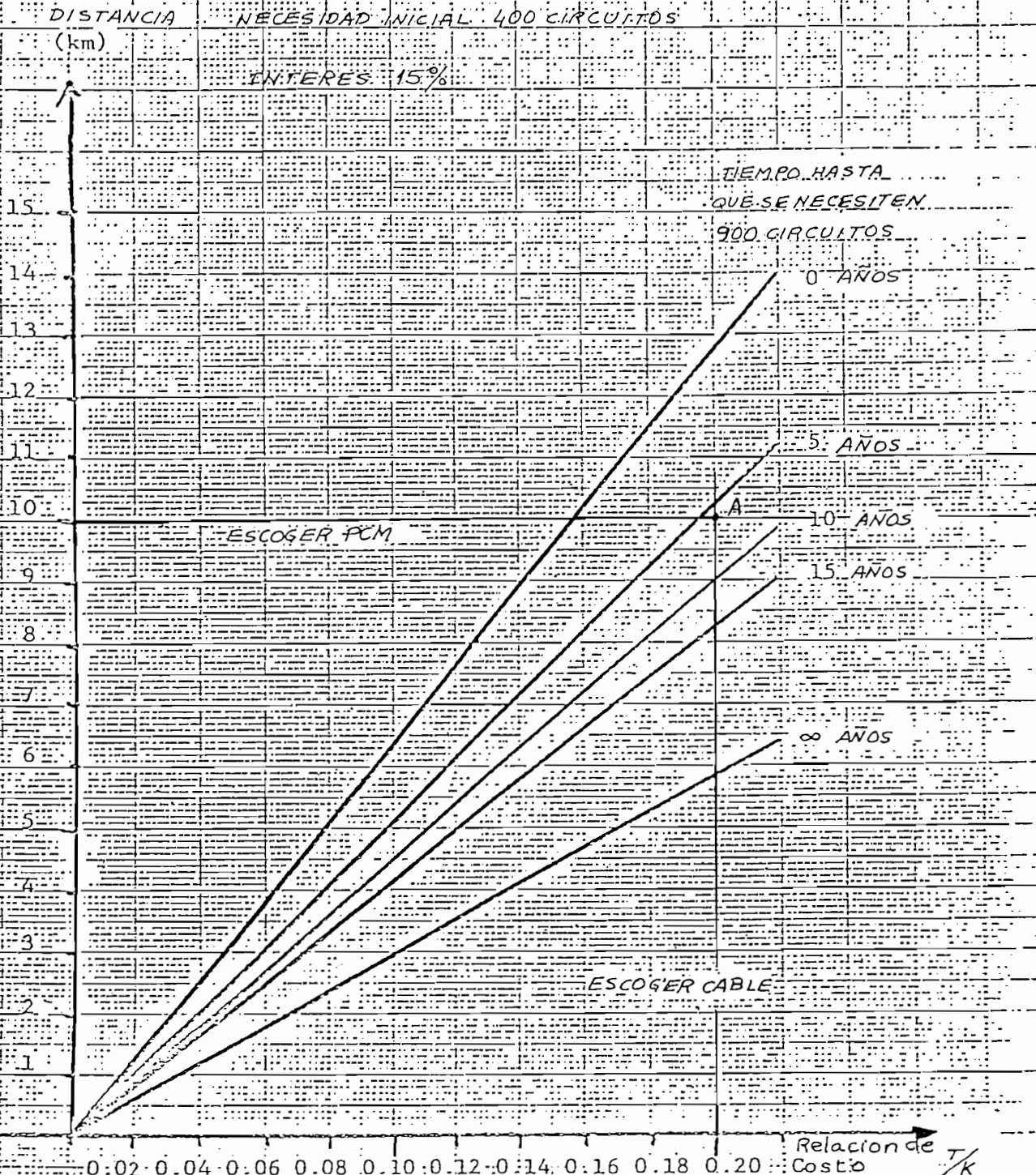


FIGURA IV. 2

COMPARACION ENTRE CABLE DE 900 PARES
Y PCM EN CABLE EXISTENTE
NECESIDAD INICIAL 400 CIRCUITOS

INTERES 15%

TIEMPO HASTA
QUE SE NECESITEN
900 CIRCUITOS



T = Terminal PCM de 30 canales R = cable 900 pares por Km

FIGURA IV.3

IV.3 COMPARACION ECONOMICA ENTRE PCM EN CABLE Y SISTEMAS DE PCM EN RADIO ENLACES

La figura IV.4 indica las longitudes mínimas económicas para el uso de sistemas de PCM de 30 canales.

De esta figura se deduce que los sistemas de radio para PCM de 30 canales son más económicos desde una distancia de 11 Km, si se compara con el costo de cables aéreos incluyendo los postes.

Comparando con cables subterráneos incluyendo la canalización, el sistema de radio para PCM de 30 canales es más barato para líneas que exceden de 6 Km.

Estos valores están basados en un costo de 70.000 coronas Noruegas para las terminales de radio PCM.

Como se puede fácilmente concluir, los costos de la red serán todavía más bajos si se usan centrales digitales, las cuales ya tienen incluidos los terminales PCM.

Además si en vez de usar únicamente sistemas de 30 canales, se usan sistemas de órdenes superiores, se puede conseguir aún mayor economía.

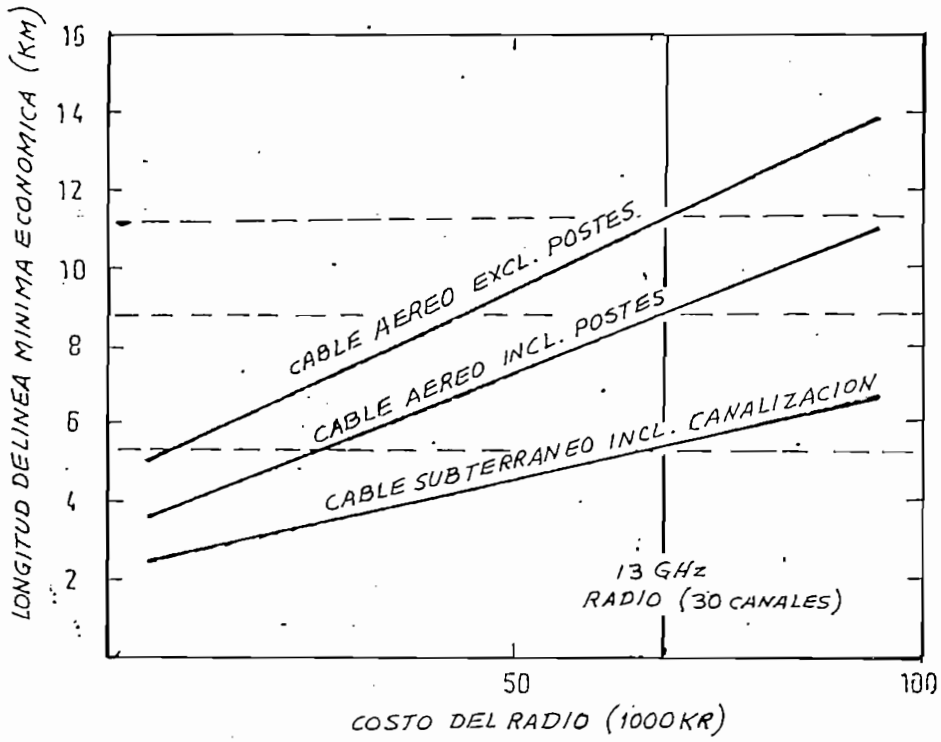


FIGURA IV. 4

BIBLIOGRAFIA:

- Anderson, B: " Planning of Local Networks with Digital Exchanges" documento X-Yg160707Ue, LM Ericsson, 1978.
- Arras, Mattsson: "Líneas digitales de AF para ocho Mb/s y 2 Mb/s", Ericsson Review, Num 3, 1977.
- Bell Telephone Laboratories: "Transmission Systems For Communications", Febrero 1970.
- Boeryd, A: " Propiedades y transmisión del Dialog, Fundamentos y Resultados", Documento LM Ericsson, 1964.
- Boeryd, A: "Aspectos Técnicos y Económicos sobre Aparatos telefónicos en atención a las Recomendaciones del CCITT", Artículo a. Asamblea de Ingeniería Eléctrica en Venezuela, Mayo 1965.
- Braugenhardt, S: "Network developement with Digital Switching", Documento LM Ericsson 160801ue 1978.
- Braugenhardt, S; Joensson, I; Nilsson, B: "Introduction of the AXE10 Switching System in the Telephone Network", Ericsson Review 53, 1976.
- Brodhague, H; Hormuth, W: "Planning and Engineering of Radio relay links", Siemens Aktiegesellschaft 1968.
- Cavalli-Bjoerkman, A: "Telecommunication Systems", LM Ericsson - Esselte Studium AB, 1973.

- CCITT: Recomendaciones aprobadas en la Quinta Asamblea Plenaria en Ginebra, 1972; Libro Verde, Volumen VI.
- CCITT: Recomendaciones aprobadas en la Sexta Asamblea Plenaria en Ginebra, 1976; Libro Naranja, Tomo III.
- CCITT: Manual: "Aspectos Económicos y Técnicos de la Elección de Sistemas de Transmisión", UIT, 1969.
- CCITT: Manual: "Redes Telefónicas Nacionales para el Servicio Automático", Ginebra, 1964.
- CCITT: Manual: "Planificación de la Transmisión en las Redes Telefónicas con Conmutación", UIT, 1976.
- Curso de Planificación de Redes telefónicas Nacionales, Estocolmo, Marzo-Junio, 1979.
- Curso PCM M5, Estocolmo, Noviembre, 1978.
- Curso en Planiamiento y Proyectos para una Red de Transmisión, Estocolmo, Diciembre 1978.
- Ferdinandus, F: "Plan de Transmisión", Inform., Empresa de Teléfonos Quito, Noviembre, 1968.
- Hesslegard, S: "Transmission Plans", Documento LM Ericsson X/S8381-123, 1974.
- IETEL: "Especificaciones Técnicas para el Suministro de Cables Telefónicos", Abril 1975.
- IETEL: "Plan Quinquenal De Desarrollo De Telecomunicaciones Del Ecuador 1980-1984, Resumen", Quito, Mayo 1980.
- IETEL: "Seminario Sobre Conmutación Telefónica y Equipos Asociados" Quito, 1980.

Karl, H: "La transmisión Inalámbrica", Edición Preliminar, LM Ericsson, 1978.

LM Ericsson: "Loss-Gain-Level", Folleto, 1978.

LM Ericsson: "Determinación del Diámetro de los Conductores en las Redes locales de Cables Telefónicos", Documento N 1530020Uh, 1973.

LM Ericsson: "Pupinización de Cables Telefónicos" Documento N 1533017Uh, 1967.

LM Ericsson: "Las Redes Digitales", Folleto, 1979.

LM Ericsson: " Transmisión Digital", Documento 8426/T/Gfu 78/008, 1978.

LM Ericsson: " Principios Fundamentales de la Técnica SPC", Libro 18072Ue, 1978.

LM Ericsson: "DIAVOX 100 Aparato Electrónico", Documento LZT102119RA, 1978.

LM Ericsson: "Propiedades de Transmisión del Dialog", Ericsson Review, Vol. XLI, 4, 1964.

LM Ericsson: "Condiciones de Transmisión y Señalización en el Planeamiento de las Redes Telefónicas Locales", Ericsson Review, Vol. 46, Num. 4, 1969.

Lönnström; Mark Lund; Moo: "Un Plan de Desarrollo Telefónico", LM Ericsson, Estocolmo, Junio 1967.

Madrid, I: "El Ruido Eléctrico en la Transmisión Telefónica", Universidad Politécnica de Madrid, Octubre 1973.

Meurling, J: "Fundamental Plans For Telephone Networks

with Analog and Digital Switching", Seminario de Telecomunicaciones, ICE, Costa Rica, Diciembre 1977.

Nilsson, BA: "Transmission aims at Planning", Documento LM Ericsson, X/Sd30409, 1976.

Peterson: "Long Distance Telecommunications Technique" LM Ericsson, 1960.

Pyddoke, J: "Transmission Planning For National Telephone Networks", Libro LM Ericsson T-1164e, 1972.

Rask, B: "Introduction to Carrier Telephone Technology" LM Ericsson, 1978.

Richards, D.L: "Telecommunication By speech, the Transmition performance of Telephone Networks", London Butterworths, 1973.

Schütze, W: "Line Transmission", LM Ericsson, Mayo 1970.

Schütze, W: "Matching", Documento LM Ericsson, 1978.

Vocins: "Comunicación Optica en LM Ericsson", Documento 84367/T/Lxoc 9328 Sp. 1978.

Widl: "Conexión Digital de Abonados", Documento LM Ericsson, 8436/T/MT 9255 sp, 1979.

Western Union International Inc: "International Digital Data Service Seminaar", Abril 1974.