ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

ESTUDIO Y ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISION DIGITAL EN LA RED TELEFONICA DE QUITO

EDGAR HERRERA VARGAS

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

NOVIEMBRE 1993

Certifico que la presente Tesis ha sido elaborada en su totalidad por el Sr. Edgar Herrera Vargas

Ing. Pablo Hidalgo Lascano

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos
A mi esposa y mi hijo

AGRADECIMIENTO

Mi sincera gratitud al Ing. Pablo Hidalgo L. por su acertada dirección del presente trabajo de Tesis.

Mi agradecimiento especial a las personas que colaboraron de una u otra manera para la consecución final de este trabajo.

INTRODUCCION

En el año 1984, IETEL introduce en el Ecuador y particularmente en la ciudad de Quito, para el servicio telefónico, centrales con conmutación temporal o también llamadas centrales telefónicas digitales con control por programa almacenado. Antes de aquel año, existían únicamente centrales electromecánicas, enlazadas unas con otras por enlaces troncales también de tipo analógico y constituidos por cable multipar. Para la comunicación entre centrales analógicas y digitales se ve la necesidad de instalar los llamados convertidores analógico/digital, que son equipos que digitalizan las señales provenientes de un centro de conmutación analógico, esto es, la voz y la señalización, esta última que es la que ejerce la supervisión del enlace.

Al existir una alta demanda de servicio telefónico en la ciudad de Quito y al querer satisfacerla, es necesario aumentar en gran medida la capacidad de enlaces intercentrales. Para dimensionar de una manera bastante aproximada a la realidad, la concentración de abonados y consiguientemente de troncales, deberán aplicarse elementos de Ingeniería de Tráfico, cuyos resultados determinarán el número de enlaces intercentrales a implementarse.

Para la transmisión de las señales digitalizadas en el centro de conmutación (voz) y posterior enlece a un mayor número de abonados dentro de un mismo vínculo de transmisión, se recurre a la multiplexación, basada en la velocidad básica de 64 Kb/s

asignada a cada canal telefónico.

El enlace de las diversas tecnologías de centrales telefónicas en la ciudad de Quito está implementado por sistemas múltiplex de tercera y cuarta generación; es decir de velocidades de 34 Mb/s y 140 Mb/s correspondientes a 480 y 1920 canales telefónicos respectivamente.

Por otra parte el rápido progreso de la optoelectrónica, ha hecho posible introducir el sistema de transmisión por fibra óptica en el sistema de telecomunicaciones. La razón técnica principal para el auge en la utilización de la fibra, es el gran ancho de banda con bajas pérdidas, superando ampliamente a cualquier otro medio de transmisión físico. Los llamados equipos terminales de línea son los órganos de unión entre los múltiplex y el cable de fibra óptica.

Los tres elementos que se han mencionado, centrales telefónicas, equipos múltiplex y fibras ópticas, se tratan ampliamente en los capítulos uno, dos, tres y cuatro. Para reforzar este marco teórico se ha tomado nota de las pruebas efectuadas durante la implantación de la central Mariscal Sucre 6 e instalación de rutas intercentrales en Quito, proyecto llamado por EMETEL "CREDITO YEN". Los valores de estas mediciones, así como su análisis se consignan en el capítulo quinto; algunas observaciones y recomendaciones del trabajo desarrollado se presentan en el capítulo 6.

Es de esperar que este trabajo sea utilizado como texto de consulta para los estudiantes de la EPN, y personal técnico de EMETEL, en base del cual se pueden desarrollar estudios e implementación de una red troncal optimizada para Quito.

I N D I C E G E N E R A L

PAGINA

CAPITULO 1

SISTEMA DE TRANSMISION DIGITAL 1

1.1 CENTRALES TELEFONICAS 1

1.1.1 Centrales electromecánicas 2
1.1.2 Centrales digitales 4

1.2 MULTIPLEXACION PCM 20

1.2.1 Sistema PCM de primer orden 21
1.2.2 Múltiplex de jerarquía superior 22

1.3 FIBRAS OPTICAS COMO MEDIO DE TRANSMISION 26

1.3.1 Tipos de fibras..... 27
1.3.2 Ventajas de los sistemas digitales de..... 28
fibras ópticas

CAPITULO 2

EQUIPO TERMINAL PCM 30

2.1 MULTIPLEXACION DE VOZ 30

2.1.1 Estudio del equipo multiplexor de 2 Mb/s . 35
instalado en la red telefónica de Quito

2.2 MULTIPLEXACION DE SEÑALIZACION DE BUCLE 51

2.2.1 Funciones del equipo multiplexor de 54
señalización de bucle
2.2.2 Estructura del multiplexor de 56
señalizacion de bucle

2.3 MULTIPLEXACION DE SEÑALIZACION DE RADIO 59

2.3.1 Funciones del equipo multiplexor 61
2.3.2 Configuración funcional de las unidades .. 63

CAPITULO 3

MULTIPLEXOR DIGITAL DE TERCER ORDEN 65

3.1 UNIDAD MULTIPLEXORA DE 34 Mb/s 70

3.1.1 Descripción de un multiplexor de 34 Mb/s . 74
instalado en la ciudad de Quito

3.2 UNIDAD DEMULTIPLEXORA DE 34 Mb/s 76

3.2.1 Descripción de un demultiplexor de 77
34 Mb/s instalado en la ciudad de Quito
3.2.2 Sincronizador de 34 Mb/s 80

3.3 INTERFACES DE TRANSMISION Y RECEPCION 82

CAPITULO 4

MULTIPLEXOR DIGITAL DE 140 Mb/s 92

4.1 MULTIPLEXOR Y DEMULTIPLEXOR 92

4.1.1 Estructura de trama del multiplexor 94
de 140 Mb/s
4.1.2 Descripción funcional del multiplexor 95
de 140 Mb/s

4.2 CONVERTIDOR ELECTRICO-OPTICO Y 102
OPTICO-ELECTRICO

4.2.1 Convertidor eléctrico-óptico E/O 102
4.2.2 Convertidor óptico-eléctrico O/E 105

4.3 FIBRA OPTICA UTILIZADA EN EL SISTEMA DE 140 Mb/s 107

4.3.1 Estructura de la fibra y modos de propagación 108

4.3.2 Fuentes ópticas y detectores 109

4.3.3 Características de los sistemas digitales de fibras ópticas 110

4.4 MAPA DE ENLACES DE LA RED TELEFONICA DE QUITO 113

CAPITULO 5

CALIDAD DEL SISTEMA DE 2, 34 Y 140 Mb/s 118

5.1 OBJETIVOS DE CALIDAD 118

5.1.1 Características de calidad de funcionamiento de los canales PCM en interfaces a cuatro y dos hilos .. 118

5.1.2 Características de calidad en un múltiplex digital 128

5.2 MEDICIONES REALIZADAS Y EQUIPOS EMPLEADOS 130

5.2.1 Procedimientos de las pruebas y equipos empleados .. 131

5.2.2 Resultados obtenidos 140

5.3 ANALISIS COMPARATIVO 142

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 147

ANEXO A MATRIZ DE CIRCUITOS

ANEXO B RED INTERCENTRAL

ANEXO C RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 1

SISTEMA DE TRANSMISION DIGITAL

A finales de la década de 1930 un grupo de investigación de Francia estaba tratando de hallar métodos de modulación adecuados para los radioenlaces de microondas. Uno de los resultados obtenidos fue la invención de la modulación por impulsos codificados (PCM), que es un método de conversión de la señal analógica a una forma digital.

Para aumentar la capacidad de los sistemas PCM se utiliza el múltiplex por división de tiempo (TDM), que tiene una importante aplicación en el desarrollo de los sistemas de conmutación telefónico. En el caso particular de las centrales telefónicas de Quito, se hace necesario una multiplexación/demultiplexación del flujo digital saliente/entrante de las centrales telefónicas digitales para su interconexión con otras debido al elevado número de enlaces intercentrales.

La fibra óptica es uno de los medios de transmisión más adecuado entre sistemas múltiplex.

En este caso un sistema de transmisión digital considera la central telefónica, el multiplexor digital y la fibra óptica.

1.1 CENTRALES TELEFONICAS

Una central telefónica tiene como función la interconexión telefónica entre un abonado A con un abonado B.

De acuerdo a la evolución de la tecnología se han desarrollado diferentes tipos de centrales telefónicas, desde las

de tipo manual hasta las de tipo totalmente automático. A su vez a las centrales telefónicas totalmente automáticas se las podría clasificar en: centrales electromecánicas y centrales digitales.

1.1.1 Centrales electromecánicas

a) CENTRALES AGF[1]

El sistema de conmutación en este tipo de central está basado en selectores trifilares de 500 líneas de embrague mecánico, que efectúan dos movimientos el giratorio y el radial, para lo cual están provistos de motores de fila que están instalados en cada fila de grupo. Una central AGF está conformada por grupos y cada grupo abarca 500 abonados.

Un grupo está compuesto por 3 bastidores y cada selector de grupo cumple con una función diferente como se muestra en la figura 1.1.

SR: Buscador de líneas libres
IGV: Selector de ruta
LV: Selector final

Fig. 1.1 Selectores de grupo en una central AGF

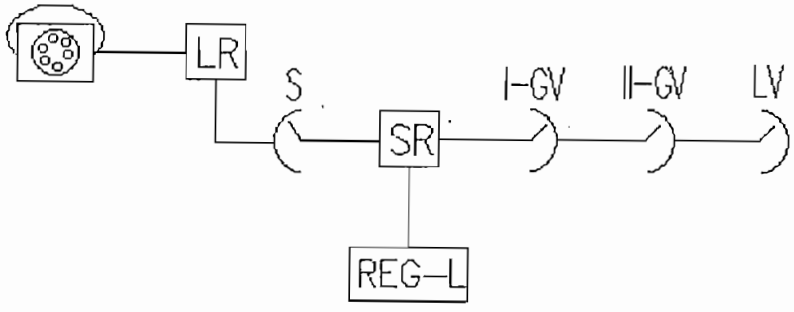
En la figura 1.2 se indica como se enlazan los equipos en una llamada local.

Para realizar la interconexión de esta central con otras, existen equipos llamados líneas de enlace FIRES y FURES.

El FIR se utiliza para expedir tráfico entrante, y el FUR se utiliza para expedir tráfico saliente.

---

[1] Para mayor información remitirse a referencia bibliográfica #1



LR:	*Relé de línea que da el tono de marcar*
II GV:	*Selector que indica a que grupo realizó la llamada.*
REG. L:	*Registro donde se almacenan las cifras*
LV:	*Selector final donde se enlaza la llamada*
S:	*Selector*
SR:	*Buscador de líneas libres*
I GV:	*Selector de ruta*

Fig. 1.2 Proceso de una llamada local

En cada central existen estos dos tipos de troncales para tramitar tráfico entrante y saliente. Las líneas de enlace entre centrales son bifilares.

b) CENTRALES ARF[2]

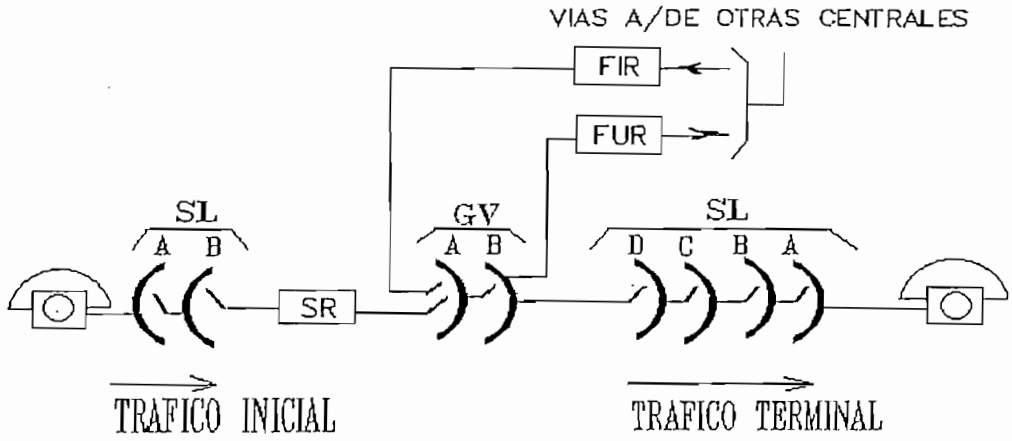
Una central ARF está constituida por selectores de coordenadas. Como se muestra en la figura 1.3 los pasos de selección están divididos en pasos parciales A, B, C y D. llamados pasos SLA, SLB, SLC y SLD y formados por unidades para conexión de grupos de 1000 líneas de abonado.

Los pasos SLA, SLB, SLC y SLD están enlazados entre sí según el "Principio de eslabones".

El paso SL expide el tráfico saliente y entrante de los

[2] Para mayor información remitirse a la referencia bibliográfica #2

abonados. En caso de tráfico saliente el paso SL tiene como misión conectar el abonado que llama, a un órgano de conexión libre SR y controlar también que este SR tenga acceso a un registrador libre. Para tráfico entrante el paso SL se encargará de la conexión entre el órgano de conexión SR para tráfico entrante y el abonado deseado.



SL: Selectores de abonados
SR: Buscador de líneas
GV: Selector de vías

Fig. 1.3 Tráficos en los pasos de selección ARF

La búsqueda y selección de rutas por los pasos de selector se efectúan por un equipo de relés, cuya parte central consiste de marcadores (equipos de control) que dirigen el avance final de los selectores para cada conexión.

Al igual que el caso anterior (central AGF) para la interconexión de esta central con otras, existen equipos de líneas de enlace llamados FIRES y FURES. Estos equipos realizan un intercambio de señales del estado de enlace entre centrales.

1.1.2 Centrales digitales

Por ser estas centrales de interés para nuestro estudio se abordará de manera más amplia.

Las centrales digitales o de conmutación digital son las que establecen conexiones por medio de operaciones con señales digitales, sin convertir éstas a señales analógicas. El control de estas operaciones está consignado a programas almacenados en memorias RAM ó PROM (de allí que se les llame centrales con control por programa almacenado, SPC). El SPC ha posibilitado versatilidad y ahorro económico, debido a que diferentes aplicaciones se pueden obtener de un mismo hardware (H/W) con sólo cambiar el software (S/W). Por ejemplo un mismo H/W puede trabajar como central local o interurbana según el/los archivos elegidos (S/W).

El sistema de conmutación digital utiliza en sus vías de conversación (enlaces internos de la central) la multiplexación por división de tiempo (TDM), que tiene como componentes mayoritarios a circuitos integrados LSI (Large scale integration); lo cual determina una reducción en el precio del equipo de conmutación.

Un sistema de conmutación digital con SPC, figura 1.4, básicamente se encuentra conformado por tres partes principales:

- Red de conexión
- Sistema de control
- Unidades de entrada/salida

1.- RED DE CONEXION

El dimensionamiento y conformación de la Red de Conexión están relacionados con la intensidad de tráfico que van a manejar los circuitos terminales conectados a ella.

En el caso de circuitos de usuario o de abonado, el tiempo promedio de ocupación con relación a los circuitos intercentrales es menor, por tal razón es necesario la utilización de etapas de concentración y expansión que economizarán el costo de la red.

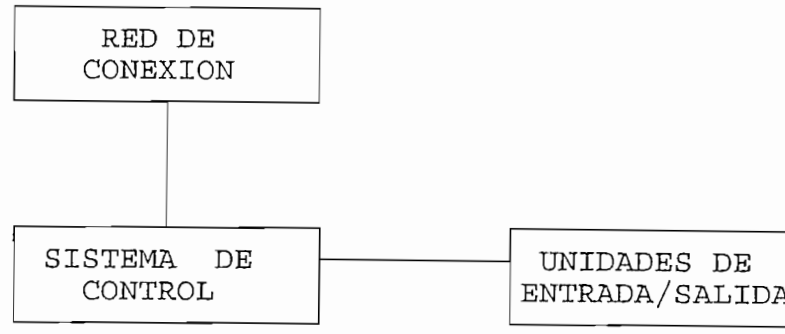


Fig. 1.4 Sistema de conmutación digital

Funcionalmente a la red de conexión se la puede considerar formada por una etapa de concentración/expansión y una etapa de distribución, como se ve en la figura 1.5.

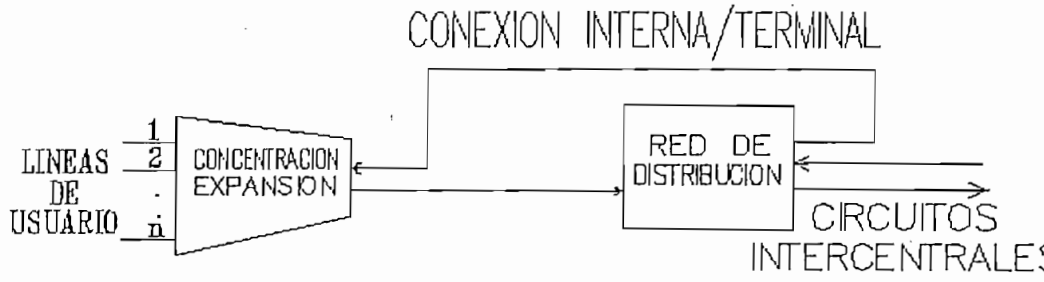


Fig. 1.5 Red de Conexión

La introducción de la tecnología digital en las redes de conversación permite el aparecimiento de los llamados conmutadores temporales, implementados en memorias de acceso aleatorio RAM, en las que los intervalos multiplexados en el tiempo son escritos en forma secuencial de acuerdo a la frecuencia de reloj y leídos según el orden asignado por el software.

2.- SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control es el encargado de efectuar el procesamiento de la información para el control y supervisión de

la red de conexión en el establecimiento de las comunicaciones.

En un sistema de control por programa almacenado, a la unidad de procesamiento se la puede considerar formada por un cierto número de unidades lógicas, coordinadas entre sí por un programa de funcionamiento.

La posibilidad de establecer varias formas de funcionamiento del sistema de control con un grupo único de instrucciones elementales, se traduce en una independencia de los equipos de la central (H/W) respecto a los programas (S/W), permitiendo la introducción o modificación de nuevos servicios a través de la variación fácil y rápida del contenido de la memoria de programa.

Al sistema de control se lo puede considerar constituido por una UNIDAD ARITMETICA para la ejecución de las instrucciones aritméticas y lógicas elementales, una MEMORIA DE INFORMACION que almacena temporalmente los datos necesarios para una conexión específica, una MEMORIA DE PROGRAMA que contiene el programa de procesamiento, el cual determinará la secuencia en la ejecución de las operaciones de acuerdo al tipo de comunicación a cumplirse y a la información proveniente de la red de conexión, y una UNIDAD DE CONTROL que comandará los cambios de información entre las diferentes unidades, traduciendo en órdenes las instrucciones proporcionadas por la memoria de programa.

3.- UNIDADES DE ENTRADA Y SALIDA

Constituyen el interfaz hombre-máquina entre el sistema de conmutación y el personal de operación y mantenimiento. Son equipos para la entrada, salida y almacenamiento de datos (teleimpresoras, impresoras de línea, grabadoras, etc.).

Cada central telefónica en una red digital puede ser considerada como un origen y destino de bits. La transmisión y la conmutación de los bits a través de la red se llevan a cabo con una frecuencia específica, por lo cual es necesario que la

precisión del reloj sea alta, pues de ello dependerá la calidad de la comunicación.

Uno de los problemas que se tiene en un sistema de conmutación digital es la sincronización. La sincronización comprende el ajuste de los tiempos entre dos o más sistemas en los lados de transmisión y recepción para la correcta detección de la señal en el sistema de recepción.

Un ejemplo particular de un sistema de conmutación digital por programa almacenado constituyen las centrales NEAX-61. Dado que entre las centrales digitales que están funcionando en la ciudad de Quito se encuentran las NEAX-61, se describirá brevemente su estructura y funcionamiento.

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NEAX-61

El Hardware del sistema NEAX 61-M se compone de 4 subsistemas:[3]

a.- Subsistema de Aplicación
b.- Subsistema de Conmutación
c.- Subsistema de Procesamiento
d.- Subsistema de Operación y Mantenimiento

Esta estructura que se indica en la figura 1.6 es válida tanto para centrales locales como para centrales de tránsito o tándem.

a.- SUBSISTEMA DE APLICACION

Está conformado por diferentes tipos de módulos de interfaz de servicio, en los cuales tanto las funciones de control de los circuitos terminales de abonado y troncal, como su conexión con

[3] Para explicación más detallada remitirse a referencia bibliográfica #3

el subsistema de conmutación están controlados por un procesador local, llamado controlador local (LOC).

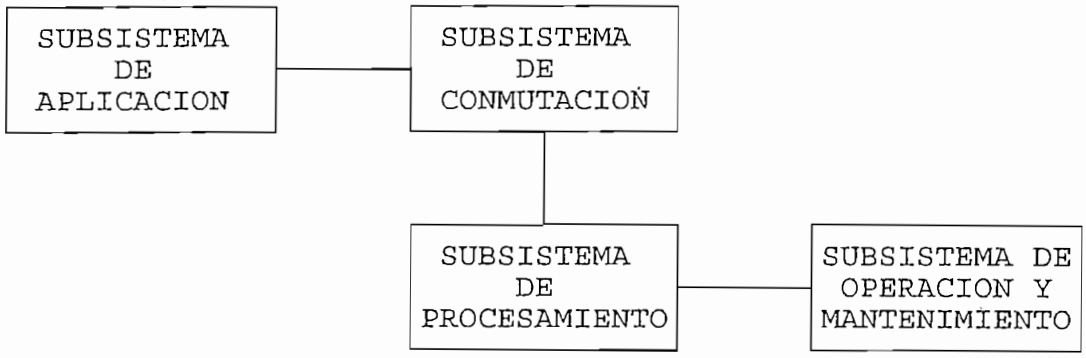


Fig. 1.6 Estructura del Sistema NEAX 61-M

La estructura del subsistema de Aplicación se indica en la figura 1.7. Sus principales módulos y funciones son los siguientes:

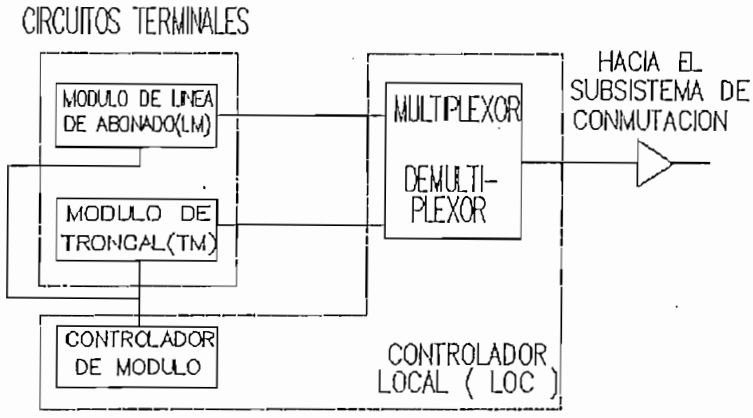


Fig. 1.7 Subsistema de Aplicación

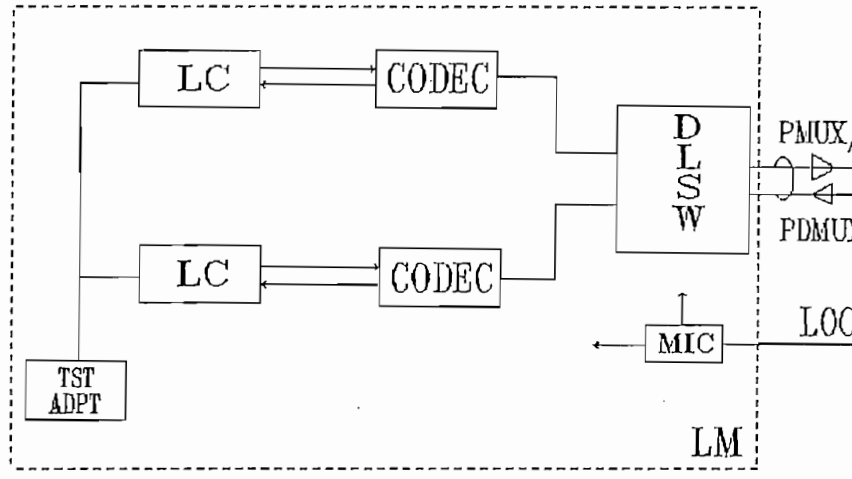
Módulo de línea de abonado (LM)

En este módulo las señales análogas de voz provenientes de los abonados son convertidas en señales digitales y transmitidas hacia un multiplexor primario por medio de un enlace PCM de 32

canales denominado PCM-Highway a una velocidad de 2,048 Mb/s.

Este módulo de línea se encuentra únicamente en centrales que manejan abonados. A continuación se describe brevemente a cada uno de sus componentes, indicados en la figura 1.8.

El circuito de línea (LC) es el circuito terminal del módulo de línea y al que se conecta directamente la línea de abonado. En un módulo de línea se pueden tener como máximo 64 circuitos de línea, repartidos en tarjetas de 8 circuitos para abonados ordinarios y 4 circuitos para abonados especiales como por ejemplo monederos.



CODEC: *codificador/decodificador*
DLSW: *conmutador digital de línea*
LC: *circuito de línea*
LOC: *controlador local*
MIC: *circuito interfaz de módulo*
PMUX: *multiplexor primario*
DPMUX: *demultiplexor primario*
TST-ADPT: *adaptador de prueba de línea*

Fig. 1.8 Módulo de línea

El codificador/decodificador efectúa la conversión A/D y D/A de la señal de voz, enviando y recibiendo flujos de bits en serie hacia y desde el multiplexor.

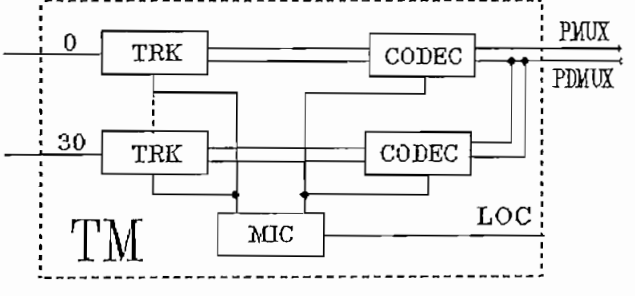
El conmutador digital de línea (digital line switch, DLSW) contiene un conmutador temporal con 64 entradas y 32 salidas, cumpliendo la función de concentración en una relación 2:1. La concentración en la línea de abonado se justifica dado que su grado de utilización generalmente no es muy alto, y depende de las características de las áreas atendidas por la central.

El adaptador de prueba de línea (TST-ADP) conecta el circuito de línea con el equipo de prueba, ubicado en el bastidor de mantenimiento, para la ejecución de pruebas de líneas automáticas y manuales de abonado.

El circuito interfaz de módulo (MIC) bajo la supervisión del controlador local, recoge la información de exploración de los circuitos de línea LC, asigna los intervalos de tiempo del conmutador temporal DLSW y envía las ódenes de operación.

Módulo de troncal análoga (TM)

Se compone básicamente de troncales análogas, circuitos de codificación y decodificación CODEC y el circuito MIC de control de módulo e interfaz con el LOC. Figura 1.9.



CODEC: codificador / decodificador
LOC : controlador local
MIC : circuito interfaz de módulo
PMUX : multiplexor primario
PDMUX: demultiplexor primario
TM : módulo de troncal

Fig. 1.9 Módulo de troncal análoga

Las funciones del CODEC y MIC son similares a las que se

realizan en el módulo de línea, con la diferencia de que la señal codificada ya no ingresa a un concentrador sino directamente al multiplexor primario PMUX; esto debido a que el tráfico en una troncal es mucho mayor que el originado por un abonado. En un módulo de troncal se tendrá como máximo 30 circuitos de troncal.

Controlador local (LOC)

El controlador local (LOC) dispone de un controlador de módulo y de multiplexores/demultiplexores primarios.

Sus principales funciones son: control de la recolección y envío de datos sobre el estado de los circuitos terminales hacia el procesador de vías de conversación (SC), ubicado en el Subsistema de Conmutación, control de la recepción y envío de los impulsos de disco, control de repique, control del enlace de prueba entre el LC y el TST-ADP, recepción y transmisión de las señales de control con el SC.

Tanto la exploración de los circuitos terminales como el envío de los datos al SC se lo realiza periódicamente.

El PMUX multiplexa las salidas digitales de los módulos de línea y troncal que se encuentran en 4 PCM (Highways de 30 canales/32 intervalos de tiempo, 30 CH/32 TS) y los ubica en un "Sub-highway" (SHW) de 120 CH/ 132 TS a una velocidad de 8,448 Mb/s de la forma como se indica en la figura 1.10. El PDMUX cumple una función inversa a la del PMUX.

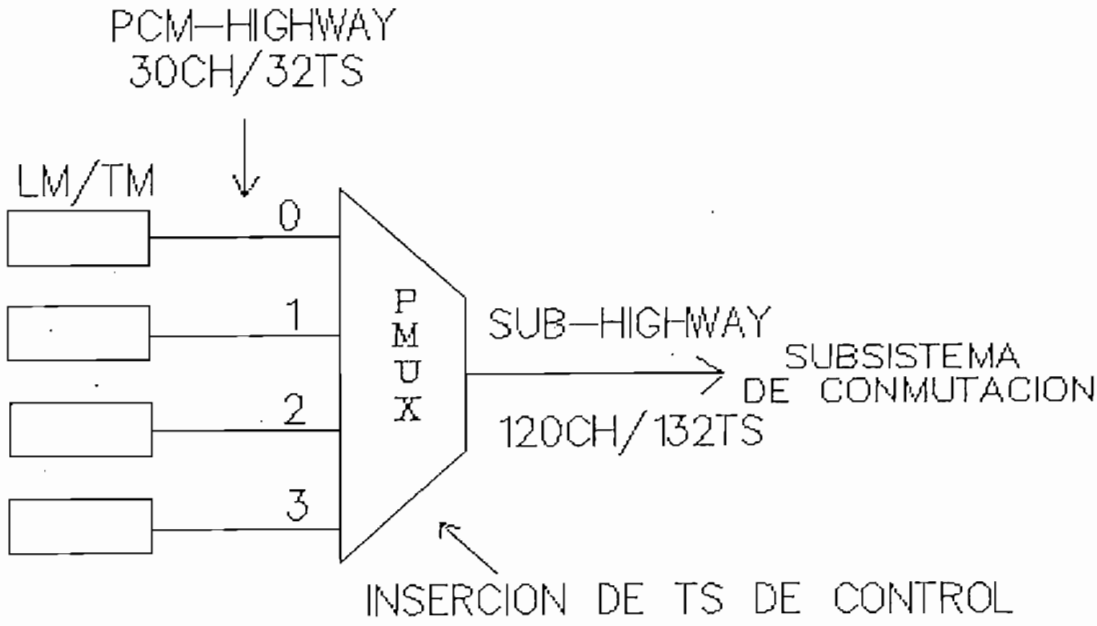
Troncales digitales

Para el caso de troncales digitales, el subsistema de aplicación se compone de: Módulo de interfaz de troncal digital (DTIM) y Control de interfaz de troncal digital (DTIC).

El DTIM (figura 1.11) conecta un PCM de otra central al subhigway del subsistema de conmutación. Realiza las siguientes

funciones:

- Interfaz de línea PCM (función de DTI)
- Multiplexación y Demultiplexación primaria
- Interfaz con el DTIC



LM: módulo de línea
TM: módulo de troncal

Fig. 1.10 Multiplexor primario

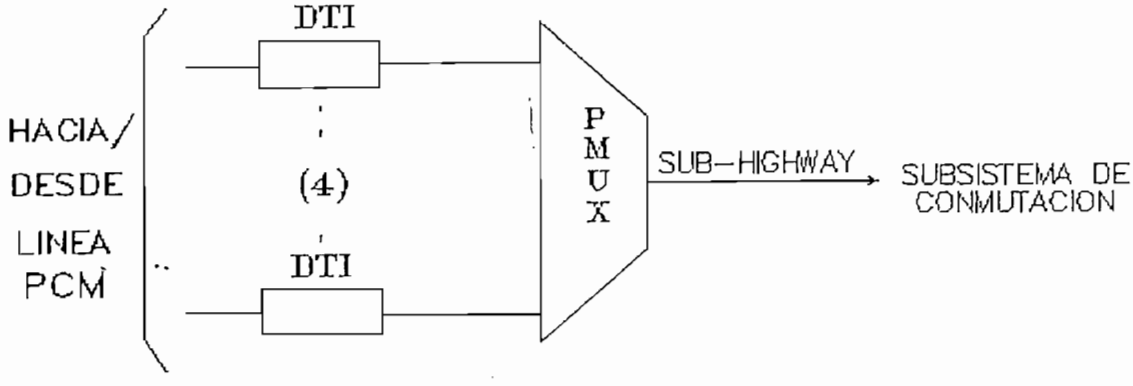


Fig. 1.11 Módulo de interfaz de troncal digital (DTIM)

Cada DTI contiene 30 canales (en el sistema Europeo CEPT)

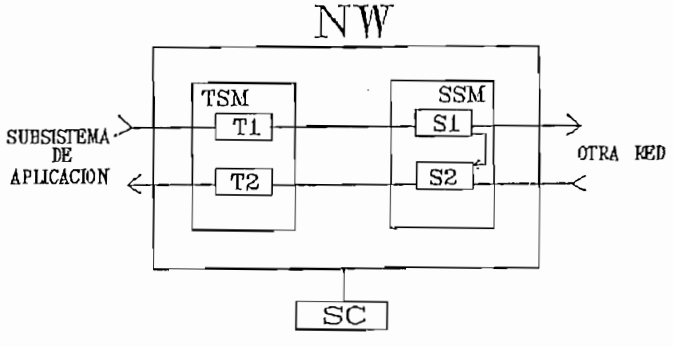
de información.

Las funciones realizadas por el DTIC, que pueden controlar máximo 4 módulos de troncal digital, son:

- Procesamiento de señales de línea
- Procesamiento de información de mantenimiento
- Interfaz con el controlador de vías de conversación (SC)
- Enlace de acceso a pruebas de DTI

b) SUBSISTEMA DE CONMUTACION

El subsistema de conmutación se encuentra formado por el controlador de vías de conversación (SC) y la red de conmutación temporal-espacial (NW) de 4 etapas T1-S1-S2-T2 distribuidas en los módulos TSM y SSM tal como se indica en la figura 1.12.



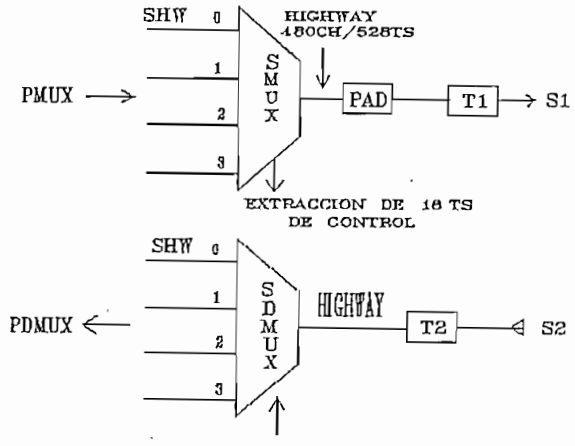
NW: red de conmutación
S1, S2: conmutadores espaciales 1 y 2
SSM: módulo de conmutación espacial
SC: controlador de vías de conversación
T1, T2: conmutadores temporales 1 y 2
TSM: módulo de conmutación temporal

Fig. 1.12 Estructura del subsistema de conmutación

Una descripción de la función que realizan sus módulos es la siguiente:

Módulo de conmutador de tiempo (TSM)

En este módulo se efectúa la multiplexación secundaria (SMUX) de las señales provenientes del subsistema de aplicación, así como la conmutación de tiempo en T1 y T2 y un ajuste de las pérdidas de transmisión de la señal multiplexada por medio de un atenuador digital. En la figura 1.13 se indica la estructura de este módulo.



PAD: *atenuador digital*
PMUX: *multiplexor primario*
PDMUX: *demultiplexor primario*
S1,S2: *conmutadores espaciales 1 y 2*
SMUX: *multiplexor secundario*
SDMUX: *demultiplexor secundario*
T1, T2: *conmutadores temporales*

Fig. 1.13 Estructura del módulo TSM

El multiplexor secundario multiplexa las señales provenientes de 4 "Subhigways" (SHW) de 120CH/132 TS en una salida hacia el atenuador digital PAD de 480CH/528 TS, a una velocidad de 4,224 Mb/s con 8 bits en paralelo. A esta salida se le conoce con el nombre de "Highway" (HW).

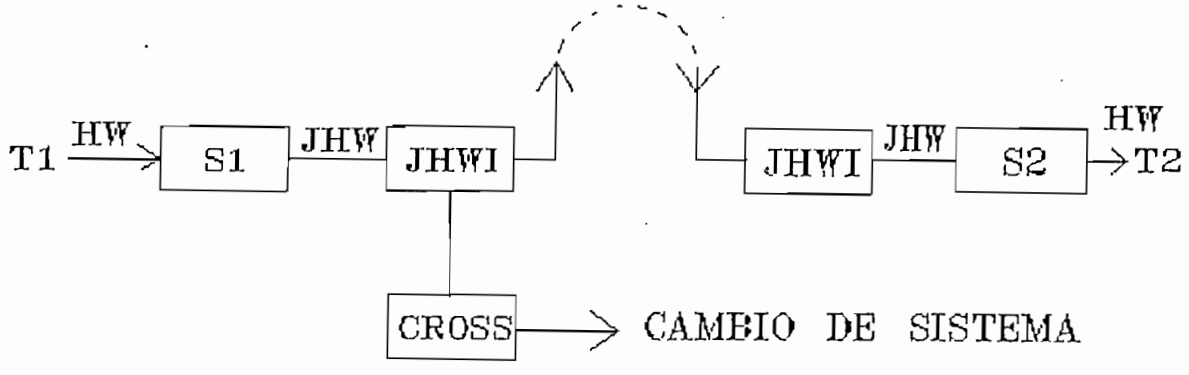
La señal proveniente del conmutador temporal T2 a través del HW, es demultiplexada a 4 SHW mediante el demultiplexor secundario (SDMUX)

Los conmutadores temporales T1 y T2 se interconectan con el

módulo de conmutación espacial (SSM). La conmutación de los intervalos de tiempo está controlada por un área de memoria en donde se encuentra el contenido de los canales conmutables.

Módulo de conmutador de espacio (SSM)

Cumple las funciones de conmutación espacial en 2 etapas S1 y S2; las señales provenientes de T1 son distribuidas hacia la misma red u otras diferentes dependiendo de las órdenes enviadas desde el controlador de vías de conversación (SC). Su estructura se muestra en la figura 1.14.



CROSS: módulo de acceso de cruce
JHW: juntor-highway
JHWI: interfaz de JHW
S1, S2: conmutadores espaciales 1 y 2
T1, T2: conmutadores temporales 1 y 2

Fig. 1.14 Estructura del módulo SSM

El conmutador S1 es una matriz de conmutación con un arreglo de 6 entradas HW y 8 salidas JHW; realiza la selección de la red a la que debe interconectarse.

El conmutador S2 constituye una matriz de conmutación con un arreglo de 8 entradas JHW y 6 salidas HW, realiza la selección del enlace correspondiente hacia el conmutador T2, según la orden enviada por el SC.

Controlador de vías de conversación (SC)

Este módulo, recibe y transfiere las órdenes de control y sus respuestas entre el procesador de llamada, ubicado en el subsistema de procesamiento, y el subsistema de aplicación. Sus funciones principales están relacionadas a: control de toma y liberación de vías de conversación, recepción y envío de diversas informaciones al procesador de operación y mantenimiento (OMP), así como el control de la configuración de los subsistemas que se encuentran bajo su acción de acuerdo a la información recibida desde el OMP.

c) SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO

El sistema NEAX-61M a través del subsistema de procesamiento, maneja con flexibilidad la conmutación con control centralizado y las ampliaciones que demande la capacidad de manejo de tráfico de las centrales telefónicas.

Un diagrama de su configuración básica se indica en la figura 1.15.

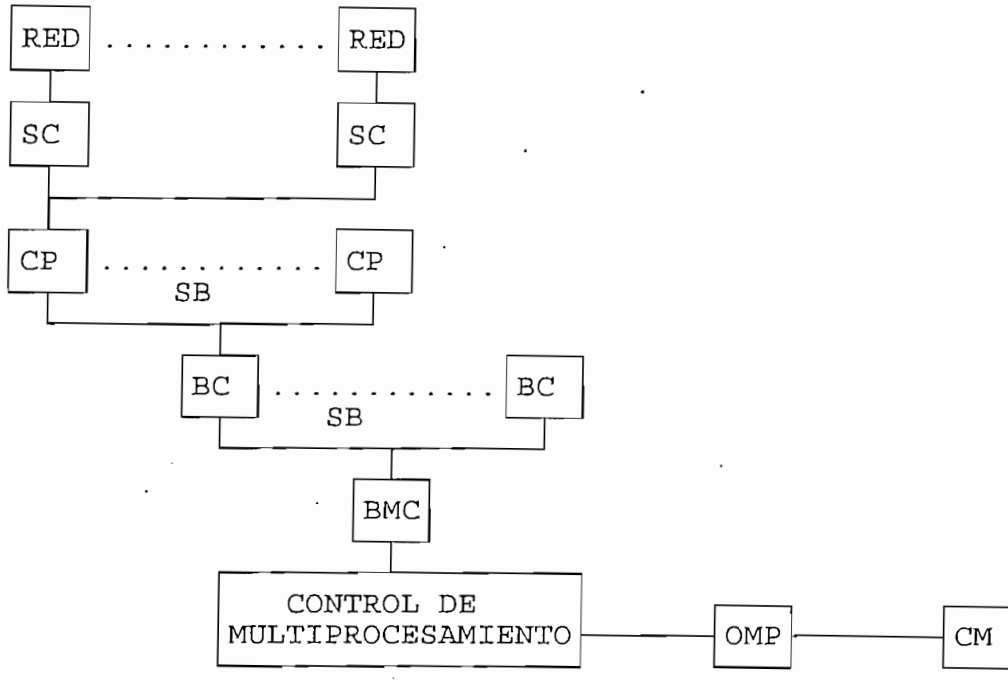
El procesador de llamadas (call procesor-CP) mediante la lectura y ejecución de programas almacenados, realiza el control del procesamiento de las llamadas en las redes de conmutación.

La transferencia de datos entre los procesadores de llamadas se efectúa a través del bus del sistema (SB), compuesto por los buses superior e inferior. Bajo supervisión del controlador de bus (BC) se pueden comunicar entre sí hasta 4 procesadores. El controlador maestro de bus (BMC), controla los BC en un máximo de 8 BC.

d) SUBSISTEMA DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Este subsistema se encuentra constituido por equipos de entrada y salida (E/S) que proporcionan la facilidad del interfaz

hombre-máquina y está controlado a través del procesador de operación y mantenimiento (OMP).



BC: controlador de bus
BMC: controlador maestro del bus
CM: memoria común
CP: procesador de llamada
OMP: procesador de operación y mantenimiento
SB: bus del sistema
SC: controlador de vías de conversación

Fig. 1.15 Estructura del subsistema de procesamiento

Dentro de los equipos de E/S utilizados se encuentran:

Teleimpresor

A través de este equipo y mediante la entrada de comandos se realiza el envío de órdenes de servicio, modificación y prueba hacia el sistema, el mismo que en respuesta a éstos y a las pruebas periódicas y automáticas, imprime los diferentes mensajes indicando tal o cual condición.

Impresora de línea (LP)

Requerida principalmente en la depuración de los programas durante las pruebas iniciales del sistema o para la obtención de los datos de oficina y tasación.

Unidad de cinta magnética (MTU)

Estas unidades son utilizadas en el vaciado y actualización de los archivos de reserva, necesarios para la recuperación del sistema en casos de fallas, asi como para el almacenamiento de datos de tasación e informes de tráfico y servicio.

Consola maestra (master console MCSL)

La consola maestra que normalmente es utilizada en OFF-LINE permite en forma centralizada efectuar el control de todos los procesadores que integran el sistema NEAX-61M, cumpliendo además las siguientes funciones:

- Prueba y verificación del hardware antes de su reiniciación
- Direccionamiento individual y simultáneo de hasta 32 procesadores
- Ejecución de los procesos para la recuperación manual del sistema.

Consola de prueba de línea de abonado (LTC)

A través de esta consola, se pueden realizar todas las pruebas necesarias para la comprobación del estado de la línea de abonado.

Consola de prueba del sistema (STC)

Esta consola de mantenimiento se utiliza para la prueba de troncales.

Consola de visualización maestra del sistema (MSDC)

Esta consola se encuentra conformada básicamente por 2 paneles de control, indicándose en uno de ellos el estado del sistema y su configuración, y en el otro los diferentes tipos de alarma en base a las informaciones recibidas.

1.2 MULTIPLEXACION PCM (PULSE CODE MUDULATION)

Multiplexación PCM es el método de enviar varias señales digitales por medio de una vía de transmisión. Estas señales son obtenidas mediante una combinación de modulación por impulsos codificados (PCM) y multiplexación por división en el tiempo (TDM).

En un sistema PCM, una señal de voz es sometida a un muestreo de 8.000 veces por segundo. Este proceso genera impulsos PAM (Pulsos Modulados en Amplitud) cuyas amplitudes son proporcionales a la señal de voz original en cada momento del muestreo. Posteriormente estas señales PAM son cuantificadas (asignadas a valores discretos de amplitud) y codificadas (asignación de cada valor discreto de amplitud a su correspondiente valor binario), para finalmente distribuirse en el tiempo mediante un proceso TDM.

El CCITT[4] ha recomendado dos diferentes sistemas de transmisión PCM de primer orden: uno sugerido por CEPT[5] y el otro por AT & T[6]. El Sistema PCM de CEPT contiene 32 intervalos de tiempo: 30 intervalos de tiempo de canal, un intervalo de tiempo de señalización y un intervalo de tiempo de sincronización de trama, mientras que el sistema americano contiene 24 intervalos de tiempo.

---

[4] Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía

[5] Comité Europeo de Correos y Telecomunicaciones

[6] American Telephone and Telegraph

En el Ecuador se utiliza el Sistema PCM (30 + 2), recomendado por CEPT.

De acuerdo al número de canales que se van a multiplexar existen las llamadas "jerarquías de multiplexación" es decir, existirán sistemas PCM de primer orden, segundo orden, tercer orden, etc. Los sistemas PCM de segundo orden y superiores se llaman múltiplex de jerarquía superior. Los sistemas PCM de CEPT de primer orden (30 canales de voz) forman la base de las jerarquías superiores del sistema de transmisión digital.

1.2.1 Sistema PCM de primer orden

Los 30 canales de conversación analógica junto con la señalización y sincronización asociadas, son convertidos en una señal digital cuya estructura se muestra en la figura 1.16.

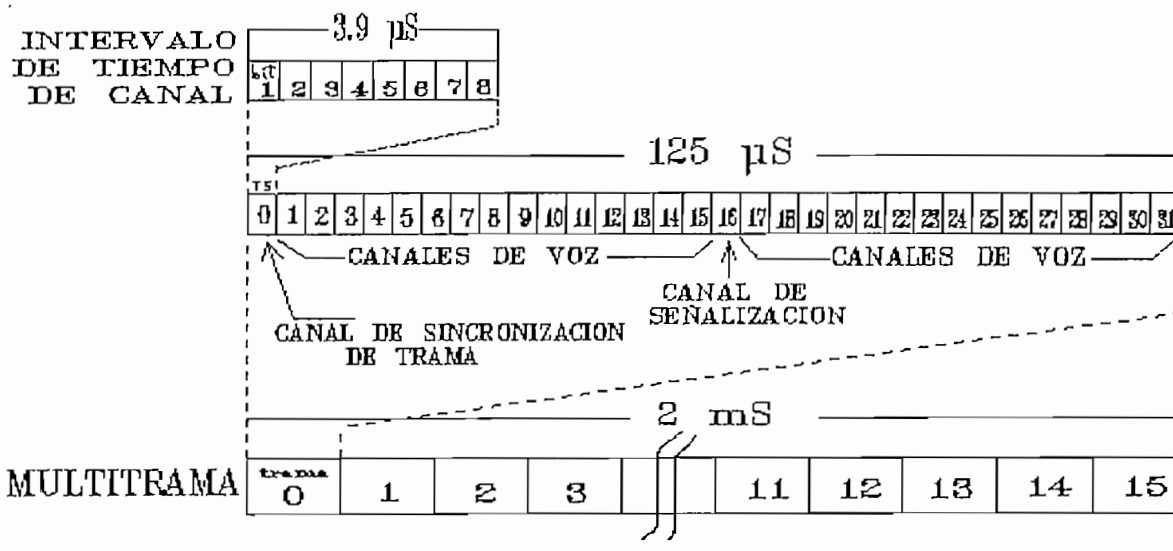


Fig. 1.16 Estructura del Múltiplex Primario

La señal digital se divide en tramas con una velocidad de repetición de 8000 tramas/s; esto es porque la frecuencia de muestreo es de 8000 Hz. Cada trama contiene 32 TS (intervalo de tiempo), 30 de ellos para las muestras codificadas binarias

proveniente de cada una de las señales de voz y 2 TS adicionales para la sincronización y señalización. Cada TS contiene 8 bits.

Por tanto la velocidad binaria de cada trama es:
V = 8 bits*8 kHz*32 intervalos de tiempo = 2.048 Kb/s
Cada intervalo de tiempo tiene una duración de:
125us/32 = 3,9 us.

El intervalo de tiempo "0" en cada trama par sirve para la sincronización de trama, con el fin de que cada canal PCM pueda ser correctamente identificado.

El intervalo de tiempo 16 es utilizado para señalización y sincronización de multitrama, considerando que una multitrama contiene 16 tramas. En una red telefónica la sincronización de los relojes de todas las centrales es primordial. Distintas velocidades producirían "deslizamientos", lo que llevaría a una pérdida de información y a la completa incomunicación entre las centrales.

1.2.2 Múltiplex de jerarquía superior

En la red telefónica que exige alta capacidad de canales de comunicación intercentral es práctico y económico agrupar una mayor cantidad de canales PCM en una línea de transmisión común, combinando una cantidad de señales digitales mediante la multiplexación por división de tiempo. La figura 1.17 indica las diferentes jerarquías de transmisión digital basadas en el sistema PCM de 30 canales.

Las señales se multiplexan mediante el entrelazado de bits, es decir las señales participantes se combinan bit por bit. Esto es más práctico que el entrelazado de intervalos de tiempo, porque en el último caso es necesario reunir los bits de los intervalos de tiempo en etapas intermedias antes de poder efectuar el entrelazado. Hay mayor facilidad para la sincronización por bits de relleno; la sincronización es más

crítica mientras más alta es la velocidad.

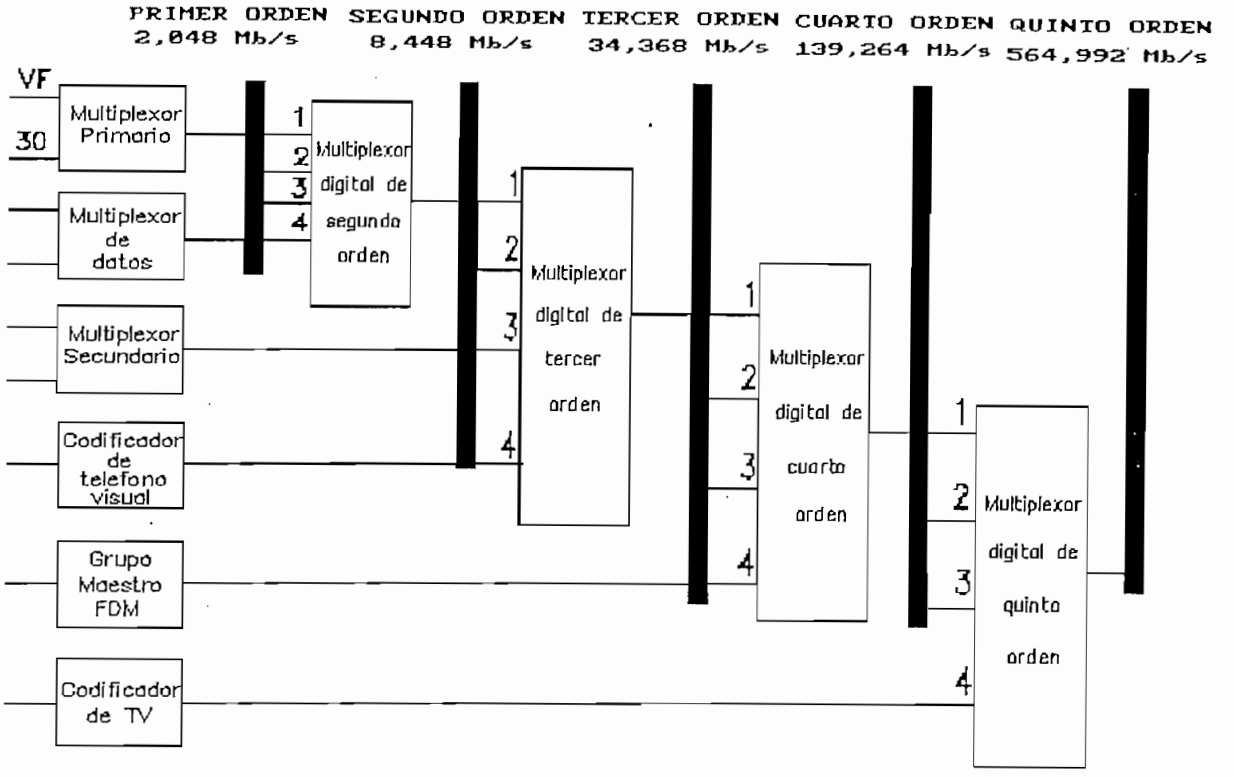


Fig. 1.17 Jerarquías de Transmisión Digital

MULTIPLEXACION DIGITAL CON EMPLEO DE RELLENO

Se debe hacer un ajuste de los ritmos de transmisión digital para que no se pierda la sincronización, entre las señales afluentes a la entrada del equipo de multiplexación, con respecto a la señal de orden superior que se halla a la salida del mismo equipo, para lo cual se usa el método de relleno de impulsos o justificación.

El equipo receptor deberá recuperar las señales de entrada, siendo por tanto necesario asignar posiciones fijas en el tiempo a los bits de relleno e indicar al equipo receptor si el bit se ha utilizado o no para este fin.

MULTIPLEXOR DE SEGUNDO ORDEN

El método de relleno de impulsos es empleado en la formación del múltiplex digital de segundo orden, de acuerdo a esto se indicará la conformación de la trama de este múltiplex.

El tren de bits a la salida del multiplexor de segundo orden se constituye escribiendo los bits en paralelo y leyéndolos en serie (entrelazado de bit) en la siguiente sucesión:

- primer bit del primer intervalo de tiempo del primer sistema afluente;
- primer bit del primer intervalo de tiempo del segundo sistema afluente;
- primer bit del primer intervalo de tiempo del tercer sistema afluente;
- primer bit del primer intervalo de tiempo del cuarto sistema afluente;
- segundo bit del primer intervalo de tiempo del primer sistema afluente;
- y así continuando hasta constituir una trama secundaria; esta estructura es ilustrada en el cuadro 1.1.

En este caso se constituyen memorias de transición en que se escribirán los bits de los grupos primarios con una frecuencia de valor :

$$fe = fn \pm f$$

siendo fn la máxima frecuencia de repetición de los sistemas primarios (es decir la velocidad binaria) y $\pm f$ las variaciones de dicha frecuencia.

Por supuesto, la frecuencia variará en el tiempo así como de un sistema a otro.

Si se supone una frecuencia de lectura de las memorias de un valor ligeramente superior al de la escritura, las memorias

empiezan a vaciarse; cuando la memoria está mas o menos vacía se omite la lectura y se transmite en sustitución un "bit de relleno" de valor 1, permitiendo a la memoria aumentar el número de bits almacenados.

Velocidad binaria de los afluentes (Kb/s)	2048
Número de afluentes	4
Estructura de trama	Plan de num. de los bits
	Grupo I
Señal de alineación de trama (1111010000)	1 a 10
Indicación de alarma destinada al equipo múltiplex distante	11
Bit reservado para uso nacional	12
Bits procedentes de los afluentes	13 a 212
	Grupo II
Bits Cj1 de control de justificación	1 a 4
Bits procedentes de los afluentes	5 a 212
	Grupo III
Bits Cj2 de control de justificación	1 a 4
Bits procedentes de los afluentes	5 a 212
	Grupo IV
Bits Cj3 de control de justificación	1 a 4
Bits justificables provenientes de afluentes	5 a 8
Bits procedentes de los afluentes	9 a 212
Longitud de trama	848 bits
Bits por afluente	206 bits
Velocidad máxima de justificación por afluente	10 Kb/s
Relación nominal de justificación	0.424

Observación: Cji, designa el bit número i de control de justificación del afluente número j

Cuadro 1.1 Estructura de la trama de 8448 Kb/s

Por supuesto debería ser posible el reconocimiento y la anulación de los bits de relleno a la entrada del terminal de recepción, a fin de evitar que dichos bits sean tratados como bits de información procedentes de los afluentes.

La estructura de la trama debe por tanto involucrar algunas posiciones de bits, que especifiquen los bits 1L por borrar al ser de relleno (bits de control de justificación); además habrán otros bits, que indiquen la señal de alineación de trama, alarma, etc.

Resumiendo, se puede anotar que el método de relleno, aquí ilustrado se llama "positivo" porque se basa en la suma de impulsos.

Otra solución es aquella del método de relleno "positivo/negativo", en el que se sigue agregando bits de relleno positivo cuando la memoria está casi vacía, pero también se van a suprimir uno o más bits cuando la memoria está saturada. En este caso se deberán transmitir varias informaciones:

a) Si es que se efectuó la operación de relleno;
b) En caso afirmativo, comunicar si el relleno fue positivo o negativo;
c) En caso de relleno negativo, comunicar el valor 1 o 0 del bit eliminado.

Esta combinación de relleno positivo y negativo se llama también "relleno positivo/nulo/negativo de impulsos" en el que las dos situaciones de relleno se indican separadamente por señales propias, y la situación de ausencia de relleno (relleno nulo) se indica por una señal adicional.

El multiplexor digital de segundo orden o de 8,448 Mb/s será abordado con mayor detalle en el capítulo 3.

1.3 FIBRAS OPTICAS COMO MEDIO DE TRANSMISION[7]

Existen notables ventajas al utilizar la fibra óptica como

[7] Mayor información se encontrará en la referencia bibliográfica #4

medio de transmisión, derivadas de su gran ancho de banda y de sus bajas pérdidas. Hay también otras ventajas motivadas por las propiedades físicas inherentes a las fibras, por ejemplo a causa de su carácter dieléctrico presentan aislamiento frente a las inducciones o interferencias eléctricas, lo cual les hace idóneas para enlace de datos.

Una fibra óptica consiste en una región central llamada núcleo por donde se propaga la luz. Le rodea un revestimiento de vidrio o plástico cuyo índice de refracción es un poco inferior al del núcleo. De esta manera una fibra práctica consiste de una región interna (núcleo) con índice de refracción n1 y una región externa (cubierta) con índice de refracción n2, siendo $n2<n1$.

Tanto las composiciones del material del núcleo y de la cubierta, como las dimensiones y perfiles de índice determinan las características de atenuación óptica y dispersión de señales de la fibra. Estas también dependen de la longitud de onda que se emplee, pudiendo ser longitudes de onda de 850 nm y 1300 nm.

Por ser el índice de refracción del núcleo un poco mayor que el de la cubierta, la reflexión total interna de la mayoría de los rayos ópticos dentro del núcleo impide el escape al exterior de esos rayos. De esta manera los rayos serán reflejados de un lado al otro durante el recorrido a lo largo de la fibra. La excepción a esto serán los rayos que hayan entrado con un ángulo demasiado grande. El seno de este ángulo crítico se llama apertura numérica.

1.3.1 Tipos de fibras

La fibra es de **índice en escalón** cuando el índice de refracción cambia bruscamente del revestimiento al núcleo; a consecuencia de ello todos los rayos incidentes dentro de cierto ángulo se reflejan totalmente en el límite entre el núcleo y el revestimiento. Los rayos que inciden en ese límite con ángulos

superiores a un determinado ángulo crítico, en parte se reflejan y en parte salen atravesando el límite; después de muchas reflexiones la energía de esos rayos se perderá finalmente en la fibra. Los trayectos de los rayos en este tipo de fibra difieren según sea el ángulo que forman con el eje. Como consecuencia de ello, los diferentes rayos (modos) en un impulso alcanzarán el extremo opuesto de la fibra al cabo de tiempos diferentes, dando lugar a un ensanche del impulso con la consecuente limitación de la velocidad binaria de la señal digital que puede transmitirse.

Se logra casi igualar las diferentes velocidades de los modos empleando una fibra de **índice gradual**. En este caso el índice de refracción varía suavemente desde el centro del núcleo hacia el revestimiento, como resultado de lo cual el tiempo que tardan los diferentes rayos para ir de un extremo a otro es aproximadamente igual, aunque sigan trayectos diferentes. Con esta igualación de velocidad de propagación se puede reducir el ensanchamiento del impulso.

Con la fibra **monomodo** se evita casi completamente la transmisión por trayectos múltiples, escogiendo un diámetro del núcleo muy pequeño. En este caso sólo se propagará el modo fundamental en sentido axial. La calidad actualmente lograda en términos de atenuación y ancho de banda ha sido con fibras monomodo en la gama de 1200 a 1600 nm.

1.3.2 Ventajas de los sistemas digitales de fibras ópticas

Las ventajas de los sistemas digitales de fibra óptica se pueden resumir en lo siguiente:

- Grandes separaciones entre repetidores, en comparación con los sistemas de cable metálico de capacidad equivalente
- Ancho de banda muy grande para la transmisión de información, con la consiguiente capacidad de transmisión.

- El costo de material para las fibras, es potencialmente reducido.
- Cable de pequeño diámetro, que ocupa poco espacio en las canalizaciones.
- Diafonía despreciable
- Gran insensibilidad a la interferencia.
- Aislamiento eléctrico completo.

CAPITULO 2

EQUIPO TERMINAL PCM

En la transmisión de señales digitales se recurre a la multiplexación con el fin de agrupar varios canales en un mismo vínculo de transmisión. La velocidad básica usada en las redes digitales está estandarizada en 64 Kb/s. A partir de esta velocidad se obtienen otros órdenes de multiplexación, formando cinco jerarquías: la primera que agrupa 30 canales de 64 Kb/s para obtener 2048 Kb/s, luego las siguientes jerarquías, por multiplexado de 4 tributarios sucesivamente, presentan velocidades de 8448 Kb/s, 34368 Kb/s, y 139264 Kb/s y 564992 Kb/s.

El equipo terminal PCM ejecuta la modulación por codificación de pulsos tanto de las señales de frecuencia de voz, como de las señales de supervisión de la central telefónica y la multiplexación a señales PCM de jerarquía digital de 2048 kb/s.

Para la conversión y multiplexación de los 30 canales de señal telefónica de 300 a 3400 Hz a señal PCM de 2048 Kb/s, se utilizan equipos terminales que contienen multiplexores de voz y multiplexores de señal.

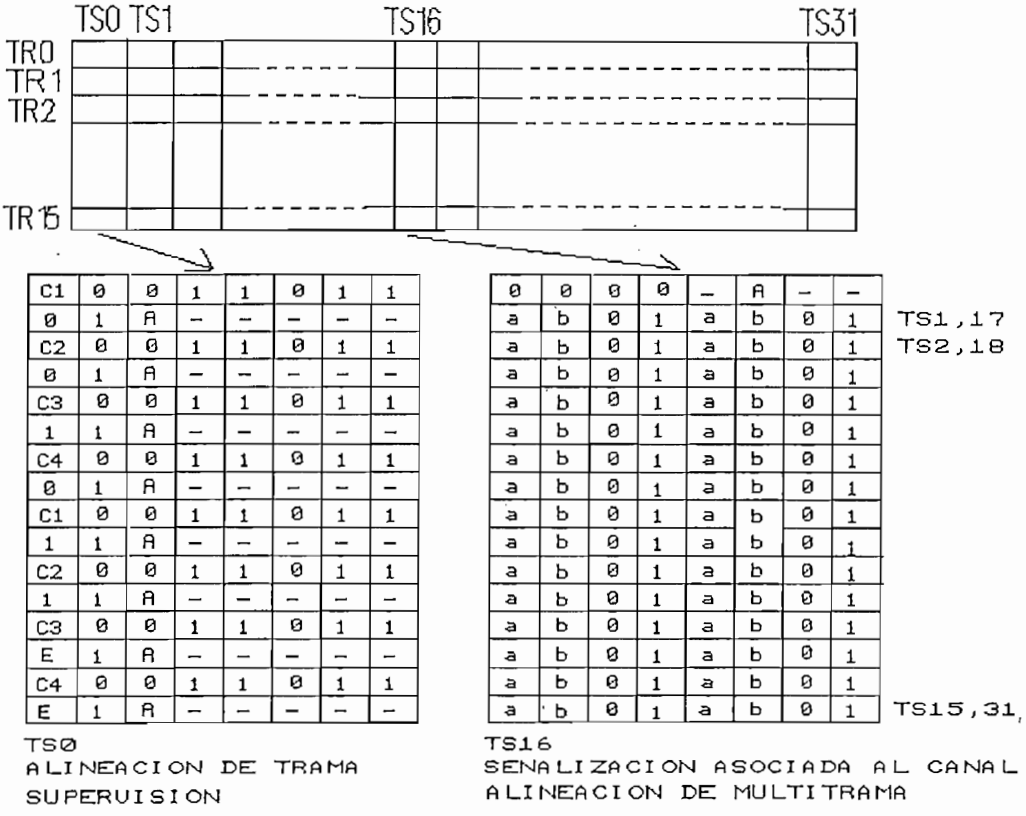
2.1 MULTIPLEXACION DE VOZ

En un equipo multiplexor, la señal de voz se codifica en una palabra PCM de 8 bits y se multiplexan las señales vocales de 30 canales telefónicos; esta señal multiplexada es adecuada para la transmisión por cable o para una posterior multiplexación en un equipo digital de orden superior.

En la figura 2.1 se observa la organización de una trama de

primer orden jerárquico de 2048 Kb/s o PCM.

La organización temporal de los canales digitales se realiza mediante la multitrama (MTR) consistente en 16 filas o tramas (TR) numeradas de 0 a 15. Cada trama tiene 32 columnas o intervalos de tiempo (TS), numerados de 0 a 31. Cada intervalo de tiempo lleva un octeto o byte de un canal de 64 Kb/s.



C1	0	0	1	1	0	1	1
0	1	A	–	–	–	–	–
C2	0	0	1	1	0	1	1
0	1	A	–	–	–	–	–
C3	0	0	1	1	0	1	1
1	1	A	–	–	–	–	–
C4	0	0	1	1	0	1	1
0	1	A	–	–	–	–	–
C1	0	0	1	1	0	1	1
1	1	A	–	–	–	–	–
C2	0	0	1	1	0	1	1
1	1	A	–	–	–	–	–
C3	0	0	1	1	0	1	1
E	1	A	–	–	–	–	–
C4	0	0	1	1	0	1	1
E	1	A	–	–	–	–	–

0	0	0	0	–	A	–	–
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1
a	b	0	1	a	b	0	1

C1,C2,C3,C4: bits para control de errores
A: bit de alarma
a, b: bits de señalización

Fig. 2.1 Trama de 2048 Kb/s

En lo que respecta a los tiempos, la trama tiene una duración de 125 us, correspondiente al inverso de la frecuencia de muestreo de una señal telefónica (8 Khz). Cada uno de los intervalos de tiempo por consiguiente tiene una duración de 3.9 us, ocupando cada bit 488 ns. Una multitrama tendrá 2ms.

El intervalo de tiempo TS 0 se utiliza para enviar la señal de alineación de trama e información de supervisión del enlace.

El intervalo de tiempo TS 16 se usa como canal de señalización y alineación de multitrama. Los intervalos TS 1 a 15 y TS 17 a 31 llevan datos a 64 Kb/s.

El conjunto de 32 intervalos de tiempo de 64 Kb/s cada uno, constituyen los 2048 Kb/s.

Intervalo de tiempo 0

En la misma figura anterior se observa la información contenida en el intervalo TS 0, esto es dos secuencias denominadas A y B. La secuencia A constituye la palabra de alineación de trama.

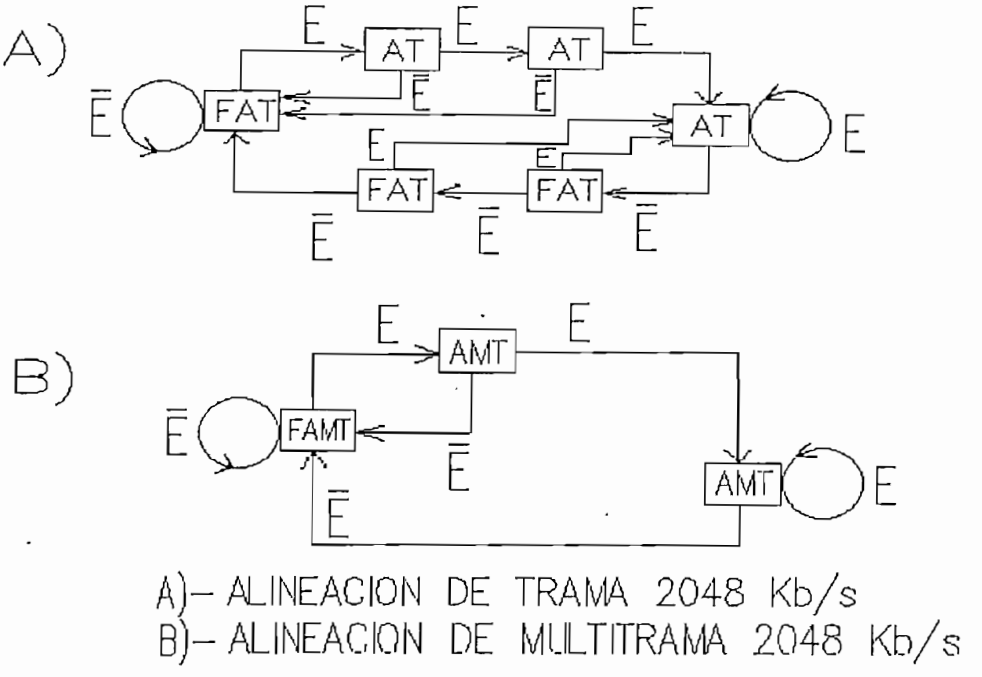
Secuencia A: C001 1011
Secuencia B: C1AN NNNN

Los bits N se encuentran reservados para uso nacional y pueden transmitir información a 4 Kb/s en cada bit. El bit A se lo utiliza para enviar una alarma de **falta de alineación de trama** hacia el terminal remoto. Los bits C constituyen una señal de 4 Kb/s que llevan información para el control de errores (procedimiento CRC-4)

La alineación de trama se pierde cuando se lee consecutivamente con error 3 secuencias A o 3 secuencias B. A partir de este momento se declara, una alarma de falta de alineación de trama (FAT).

En la figura 2.2 se presenta la lógica usada para reconocer la palabra de alineación de trama (PAT). Supongamos partir del estado de no alineación, para llegar al estado de alineación de trama, el receptor debe reconocer consecutivamente las palabras A.B.A. Luego de esta última palabra A comienza el estado de

alineación de trama.



FAT: *falta de alineación de trama*
AMT: *alineación de multitrama*
FAMT: *falta de alineación de multitrama*
AT: *alineación de trama*
E: *estado de alineación de trama*
$\bar{E}$: *estado de no alineación de trama*

Fig. 2.2 Lógica para la alineación de trama

Para perder la alineación, el receptor debe recibir con error la secuencia A.A.A o la secuencia B.B.B en forma consecutiva.

Durante el tiempo de alineación el receptor solo observa el estado de los bits cada 125 us, es decir, cada 256 bits.

En tanto se tenga falta de alineación de trama FAT, se debe estudiar la totalidad de los bits recibidos para reconocer la palabra A. Además se reemplazan los intervalos de tiempo TS que llevan información de canal por una **señal de indicación de alarma AIS**, consistente en una secuencia continua de bits 1.

Adicionalmente, el receptor inducirá al transmisor a colocar el bit A de la secuencia B en condición de alarma, esto es en el valor 1. Este bit hace de alarma remota, indicando una falta de alineación del terminal distante.

Verificación de redundancia cíclica (CRC-4)

El CCITT en la recomendación G.704 menciona la posibilidad de utilizar el bit C del TS0 para enviar un bit de control de error, calculado mediante el método de chequeo de redundancia cíclica de orden 4 (CRC-4), con el que se puede declarar la alarma FAT en base a una tasa de error de bit (BER).

El método CRC-4 consiste en dividir la secuencia de multitrama en dos grupos de 8 tramas cada una denominadas submultitramas. Se toman los 8*256 bits correspondientes a una submultitrama N y se agrega la secuencia 0000 al final (esto corresponde a multiplicar el polinomio de trama por el polinomio X^4). Luego se divide el conjunto por la secuencia 10011 (correspondiente al polinomio $X^4 + X + 1$); el residuo de la división son 4 bits conocidos como bits C1-C2-C3 y C4 que se transmiten en la submultitrama N+1.

Para poder reconocer en el receptor estos bits Ci es necesario intercalar una palabra de alineación para el CRC-4, distribuidas en las dos submultitramas (a lo largo de una multitrama de 16 tramas, en el bit 1 del TS0 de las tramas impares).

La trama que se coloca en el bit C es:

C1 0 C2 0 C3 1 C4 0 C1 1 C2 1 C3 E C4 E

donde la secuencia 001011 es la palabra de alineación para esta trama. Los bits C se calculan mediante el criterio de redundancia cíclica (indicado anteriormente) como bits de paridad para la detección de errores. Los bits E actúan como alarma remota de recepción de errores.

En el lado de recepción se toman los bits de la submultitrama N y se agregan los C1-C2-C3 y C4 al final (es decir, se multiplica por el polinomio $X^4 + C1*X^3 + C2*X^2 + C3*X + C4$). Luego se divide por 10011 (correspondiente a $X^4 + X + 1$) y el resto de la división debe ser 0000. De no tener este resultado, existe uno o más errores en la señal recibida de la submultitrama N.

Se efectúan aproximadamente 1000 comparaciones CRC-4 por segundo. Se puede emitir la alarma de tasa de error o de falta de alineación FAT cuando se supera el umbral de 914 comparaciones erróneas, que corresponden a superar el umbral de BER de $5*10^{-4}$.

Por consiguiente, existen dos formas de declarar la alarma de falta de alineación de trama: por errores fijos en la palabra de alineación A, y por tasa de error medida mediante los bits Ci calculados con CRC-4.

2.1.1 Estudio del equipo multiplexor de 2 Mb/s instalado en la red telefónica de Quito

Puesto que el propósito de este trabajo es dar a conocer la forma en que se encuentra estructurado el sistema múltiplex digital en la ciudad de Quito, nos remitiremos a hacer el estudio del equipo multiplexor que actualmente está funcionando en la misma[1]. Ver figura 2.3.

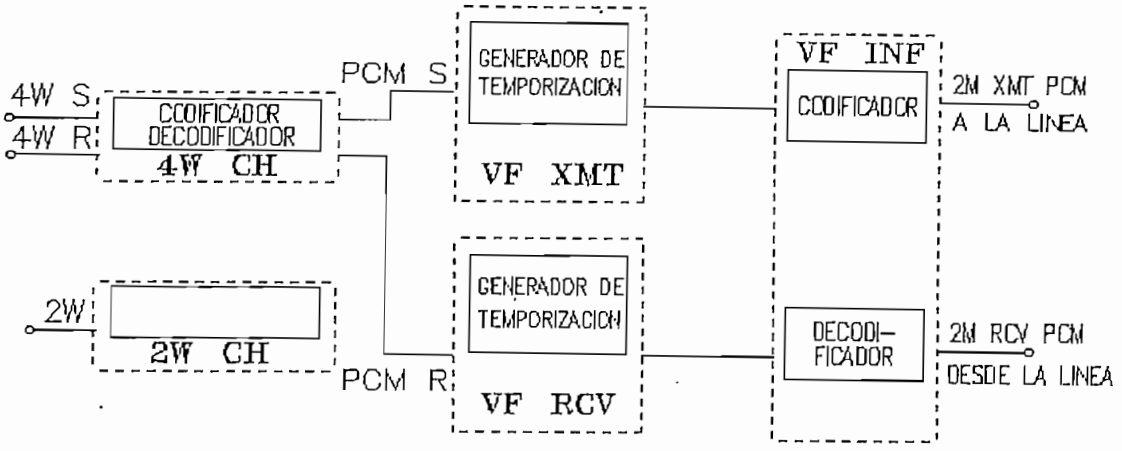
1. FUNCIONES DEL EQUIPO MULTIPLEXOR

El equipo multiplexor realiza funciones tanto de transmisión como de recepción de señales de voz.

La señal de voz entrante, proveniente del equipo de conmutación o central telefónica análoga, se aplica a la entrada de la unidad de canal, en donde esta señal analógica es ajustada

[1] Mayor detalle se encontrará en referencia bibliográfica #5

y filtrada, de modo que esté lista para la codificación en la siguiente etapa. El codificador toma la señal analógica y la convierte en un código PCM de 8 bits.



4W CH: unidad de canal de 4 hilos
VF XMT: unidad de transmisión del multiplexor
VF RCV: unidad de recepción del multiplexor
VF INF: unidad de interfaz
S: transmisión
R: recepción

Fig. 2.3 Diagrama en bloques de un multiplexor

- **Función de transmisión**

Esta información codificada se envía a la unidad de transmisión del multiplexor en donde se invierten los bits pares del código PCM de 8 bits, se genera las señales de control requeridas para la emisión y también se estructura la trama.

Cuando se ha conformado un tren de pulsos que contiene toda la información necesaria, la señal PCM es enviada a la unidad de interfaz del multiplexor, donde es convertida en una señal bipolar mediante un codificador HDB3. En este formato la señal PCM es enviada a la línea o al equipo multiplexor de orden superior.

Los varios pulsos de control que se requieren para operar

los equipos mencionados se pueden derivar de un oscilador interno, desde el reloj de recepción o desde un reloj externo.

- **Función de recepción**

La señal PCM bipolar recibida que llega desde la línea o desde el equipo multiplexor de orden superior, se aplica al decodificador HDB3 y es convertida a un formato unipolar NRZ. La señal de reloj se extrae de la señal bipolar, esta señal de reloj junto con la señal PCM se envían a la unidad de recepción para su demultiplexación. Primeramente, el lado de recepción es sincronizado con la señal PCM, detectando la señal de alineación de trama contenida en el flujo PCM; luego se generan las señales de control requeridas por el lado de recepción, y finalmente son invertidos los bits pares. La señal resultante es enviada a la unidad de canal.

En las unidades de canal se decodifican los 8 bits correspondientes a cada canal mediante un decodificador en PAM y se filtra obteniéndose la señal analógica original.

2. UNIDAD DE CANAL DE VOZ

Esta unidad efectúa el ajuste del nivel de la señal de entrada, la limitación de banda y la codificación en el lado de transmisión, mientras que en el lado de recepción decodifica la señal digital y reproduce la señal vocal original.

En la figura 2.4 se muestra en bloques a una unidad de canal.

La señal aplicadà al terminal de entrada se alimenta al transformador híbrido y se bifurca la señal al lado de transmisión.

La señal se alimenta al circuito de ajuste de nivel hasta el valor requerido por el codificador: luego la señal pasa a un

filtro que limita a la banda de 300 Hz a 3400 Hz. La señal filtrada se convierte en un código de 8 bits en el codificador.

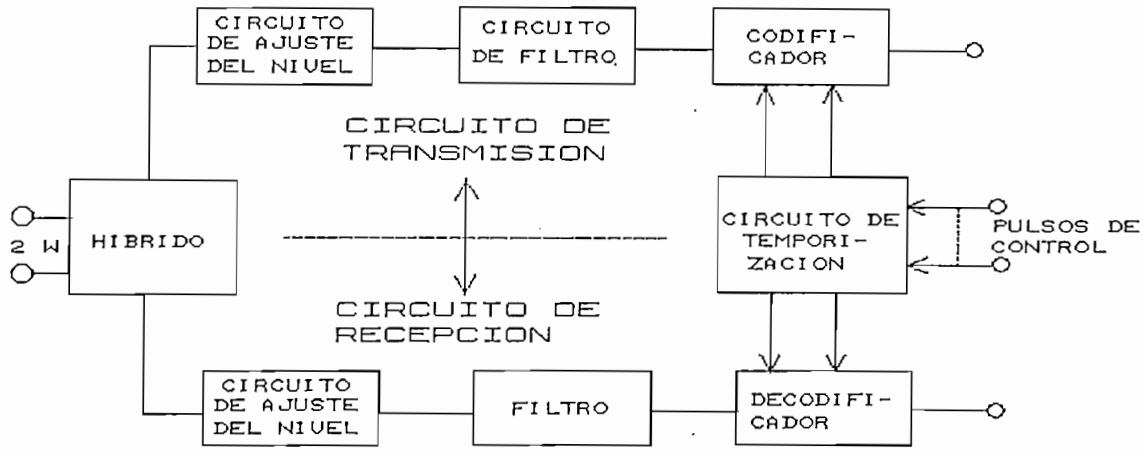


Fig. 2.4 Unidad de canal de voz

En el lado de recepción la señal es decodificada y convertida en señal PAM. Esta se alimenta a un filtro para extraer la componente fundamental de 300 Hz a 3400 Hz, ajustando luego la señal al nivel requerido, para finalmente pasar a través del transformador híbrido al terminal de recepción.

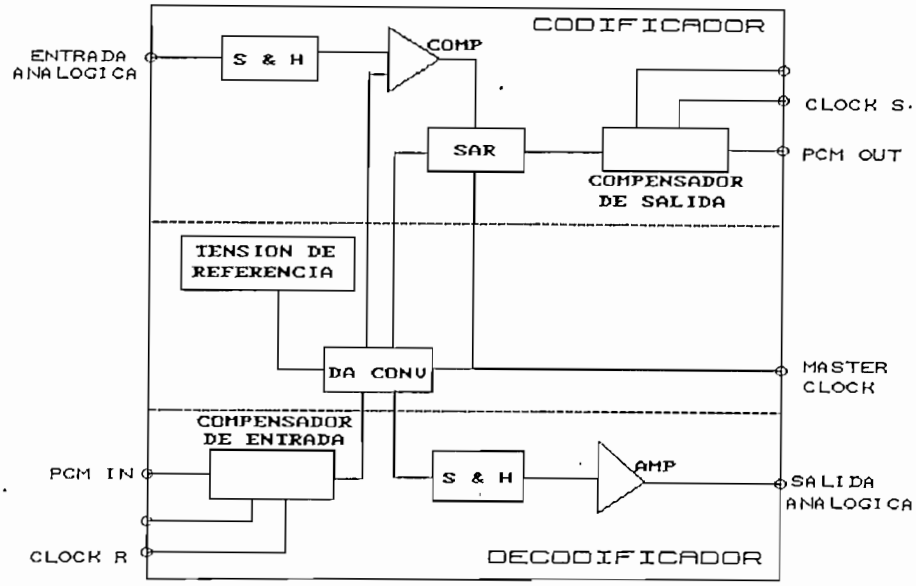
3. BLOQUES FUNCIONALES DEL MULTIPLEXOR

a) Bloque de codificación/decodificación
b) Bloque de sincronización
c) Suministro de reloj
d) Alarmas
e) Alimentación
f) Funciones de Bucle

a) CODIFICADOR/DECODIFICADOR EN LA UNIDAD DE CANAL

En el sistema PCM es necesario convertir la señal de voz en un código de ocho bits (codificación) en el lado de transmisión

y restablecer la señal original a partir del código de ocho bits (decodificación) en el lado de recepción.



S & H: *circuito de muestreo y retención*
COMP: *comparador*
SAR: *circuito de registro de aproximaciones sucesivas*
DA CONV: *convertidor digital/análogo*

Fig. 2.5 Diagrama en bloques de un CODEC

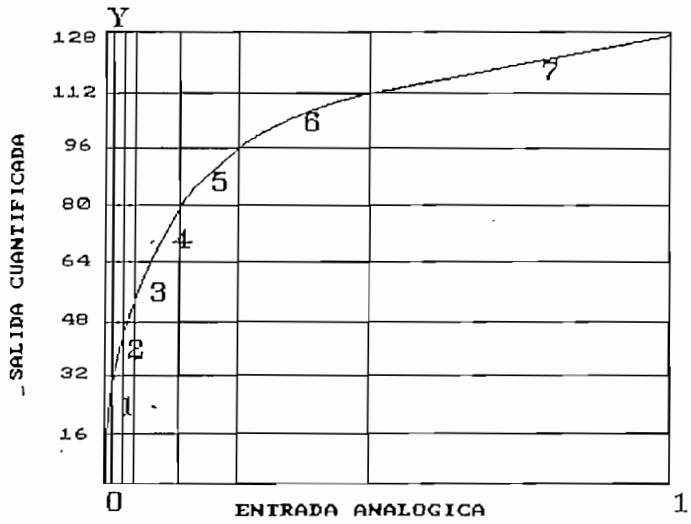


Fig. 2.6 Compresión-Expansión de 13 segmentos

Estas operaciones se ejecutan mediante un CODEC contenido en la unidad de canal.

El proceso de codificación fundamental se ejecuta por la sección codificadora y se muestra en figuras 2.5, 2.6. y la tabla 2.1.

Punto extremo del segmento	*Tamaño del paso*	*Número de segmento*
X0 = 0		
	ΔX1 = 2	*1*
X32 = 64		
	ΔX2 = 4	*2*
X48 = 128		
	ΔX3 = 8	*3*
X64 = 256		
	ΔX4 = 16	*4*
X80 = 512		
	ΔX5 = 32	*5*
X96 = 1024		
	ΔX6 = 64	*6*
X112 = 2048		
	ΔX7 = 128	*7*
X128 = 4096		

Tabla 2.1 Nivel umbral y tamaño de pulso del codificador

La señal analógica entrante al CODEC es muestreada a una frecuencia de 8 kHz y es retenida por un período de tiempo con el circuito de muestreo y retención, S&H, resultando así en una señal PAM.

Parte del proceso de codificación es la determinación de la polaridad de la señal PAM. La determinación se ejecuta con el comparador, COMP, después de ajustar a cero una entrada del convertidor digital/análogo, DA CONV. El primer bit contiene esta información.

El segundo bit se determina comparando si la amplitud de PAM es o no mayor que el nivel umbral. El primer nivel umbral

suministrado al comparador por el convertidor análogo/digital es el punto de cruce entre los segmentos tres y cuatro. Si la PAM es mayor que el nivel umbral, el segundo bit será "1", de lo contrario será "0".

El segundo bit es además enviado al registro de aproximaciones sucesivas, y si se ha juzgado que el bit es "1", enviará una señal de control al convertidor A/D para dar salida al siguiente nivel umbral como el valor del punto de cruce entre los segmentos cinco y seis. Este nuevo valor es devuelto al comparador donde la PAM original es comparada nuevamente. Si la PAM es mayor, el comparador permite una salida de "1" (tercer bit) y por el mismo proceso que el antes explicado, el convertidor A/D da salida al nuevo nivel umbral como el valor del punto de cruce entre los segmentos seis y siete. En este momento el comparador estará dando salida al cuarto bit, y en este punto, ya tenemos determinado el segmento al que pertenece la señal PAM.

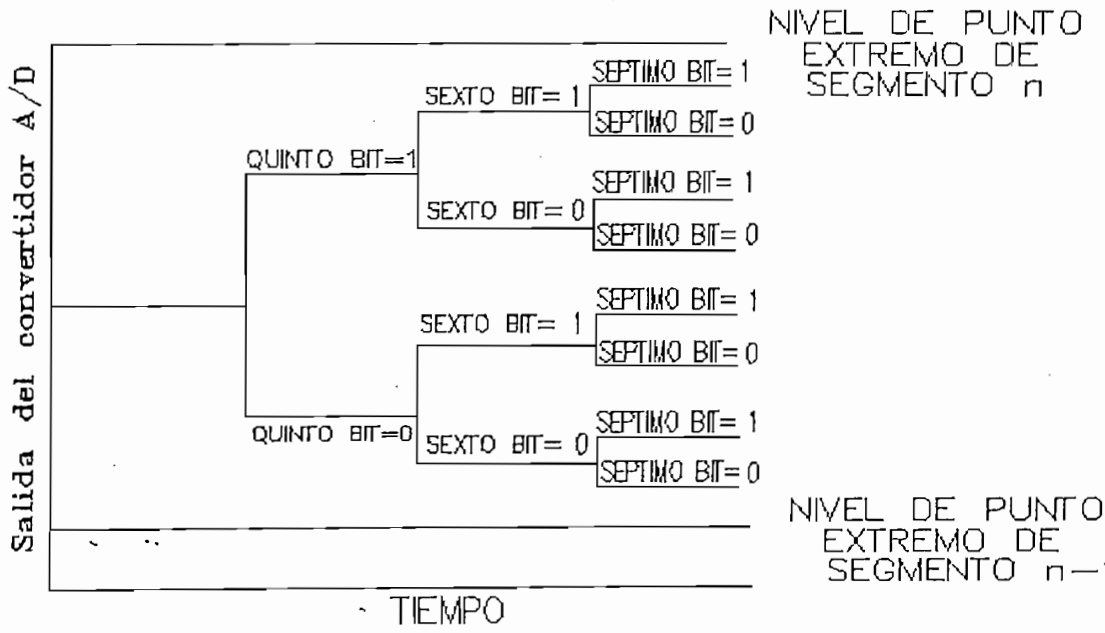


Fig. 2.7 Salida del convertidor A/D para la codificación de los bits 5 al 8

Los bits cinco al ocho determinan el valor de la señal PAM dentro del segmento, figura 2.7.

Primeramente el nivel central del segmento se aplica al comparador y se compara con la señal PAM. El resultado proveerá el quinto bit. Si el quinto bit es "1", el convertidor A/D proveerá al comparador con un nivel equivalente a 3/4 partes del segmento.

Después de compararlo con la señal PAM, el resultado será el sexto bit. Si el sexto bit es "1" otra vez, la salida del convertidor A/D será un nivel correspondiente a 7/8 partes del segmento. Después de compararlo con la señal PAM, el comparador producirá el séptimo bit. Finalmente, si el séptimo bit es también "1", el convertidor A/D dará salida al nivel de comparación final para que sea 15/16 partes del segmento y el comparador producirá el octavo bit.

Cuando el PCM codificado llega a la sección de recepción de la estación remota, se inicia el proceso de decodificación.

Primeramente, la señal PCM codificada de 8 bits, PCM IN, se aplica a la sección decodificadora del CODEC. Aquí, la señal PCM codificada se alimenta al convertidor D/A y se convierte a una señal PAM ejecutando la operación inversa a la sección codificadora.

La señal PAM es procesada mediante un circuito de muestreo y de retención, un amplificador, y un filtro pasabajos.

b) BLOQUE DE SINCRONIZACION

En un sistema múltiplex por división de tiempo, la sincronización es necesaria en el extremo de recepción. En un multiplexor la sincronización se hace en dos pasos: sincronización de bit y sincronización de trama. La sincronización de bit se hace extrayendo el reloj de 2048 kHz de

la señal PCM recibida de la unidad de interfaz del multiplexor.

La sincronización de trama se hace detectando la señal de alineación de trama.

En la figura 2.8 se muestra el circuito de sincronización de trama. Este circuito tiene dos funciones. Una es decidir si se ha perdido la alineación de trama y la otra es determinar si se ha recuperado o no.

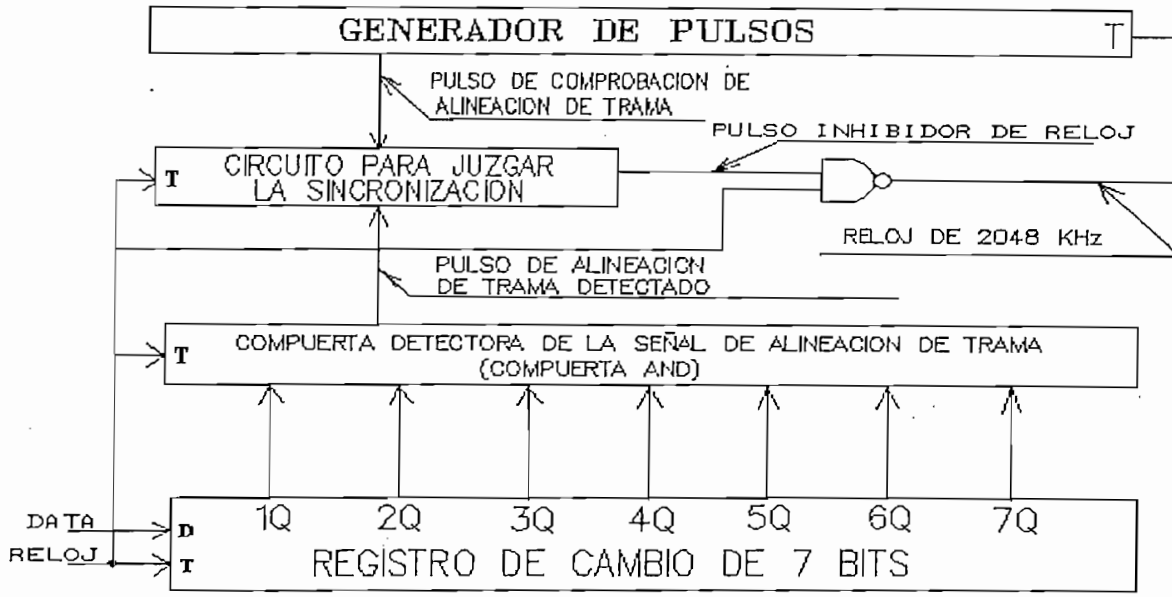


Fig. 2.8 Diagrama de bloques del sincronizador de trama

El proceso de sincronización de trama es como sigue:

- La señal de alineación de trama, que consta de siete bits y que tiene un patrón de 0011011, es generada en el lado de transmisión.

- En el lado de recepción, un registro de desplazamiento de

siete bits memoriza momentáneamente siete dígitos del flujo de datos entrante. Una compuerta AND monitorea las siete salidas de los flip-flops para detectar la señal de alineación de trama. Cada vez que se detecta la señal de alineación de trama, se envía un pulso de control al circuito que juzga la sincronización.

- Si cualquiera de los bits en el patrón esperado difiere, el pulso de control no se generará. En este momento, se comenzarán a contar la cantidad de veces que no se ha recibido el pulso de control deseado. Se requiere cuatro cuentas consecutivas para decidir que ha ocurrido una pérdida de alineación de trama. La razón por la que se necesitan cuatro detecciones de pérdida de señal de alineación de trama, es que la recepción de unos pocos errores de bits aislados no se debe mal interpretar como pérdida de alineación de trama. Una vez que se ha determinado una pérdida de alineación de trama, se genera un pulso de inhibición para detener el reloj de 2048 kHz para que no dispare el generador de pulsos, produciéndose además una alarma de pérdida de sincronización (FAT).

Para determinar que se ha recuperado la alineación de trama hay que detectar lo siguiente:

a) La presencia de una señal de alineación de trama;
b) La siguiente trama no contiene señal de alineación de trama, y
c) La siguiente trama contiene la señal de alineación de trama.

Cuando no se verifica cualquiera de los pasos a,b o c, la secuencia comienza nuevamente desde el paso a.

Una vez que se ha detectado la primera señal de alineación de trama, el pulso de inhibición se elimina y el generador de pulsos comienza a funcionar normalmente, pero esto no quiere

decir que se ha recuperado la alineación. La finalidad de esta operación es solamente dejar que el reloj de 2048 kHz dispare el generador de pulsos, permitiéndole que así provea la sincronización correcta para detectar los pasos b y c.

Una vez que se ha verificado los pasos a,b y c con éxito, se elimina la alarma (FAT). La razón por la que los pasos a,b y c se deben verificar en tal secuencia es para evitar el encuentro de la posibilidad de una señal falsa de alineación que dispare los circuitos de recepción.

decir que se ha recuperado la alineación. La finalidad de esta operación es solamente dejar que el reloj de 2048 kHz dispare el generador de pulsos, permitiéndole que así provea la sincronización correcta para detectar los pasos b y c.

Una vez que se ha verificado los pasos a,b y c con éxito, se elimina la alarma (FAT). La razón por la que los pasos a,b y c se deben verificar en tal secuencia es para evitar el encuentro de la posibilidad de una señal falsa de alineación que dispare los circuitos de recepción.

c) SUMINISTRO DE RELOJ

El multiplexor puede derivar su suministro de reloj de tres diferentes fuentes: reloj interno, reloj externo y reloj esclavo.

d) ALARMAS

Varios indicadores de alarma notifican al encargado de mantenimiento la existencia de una avería.

En caso de avería se iluminan los correspondientes leds y se envía una señal a la estación remota para indicar el estado actual de la estación local.

Las señales de alarma se reponen automáticamente una vez que ha desaparecido la condición de alarma.

Existen varios tipos de averías en el sistema tales como:

- Falla de sincronización
- Falla de sincronización más AIS (señal de indicación de alarma
- Relación de error excesiva (BER)
- Relación de error excesiva más AIS
- Pérdida de señal entrante PCM
- Pérdida de reloj

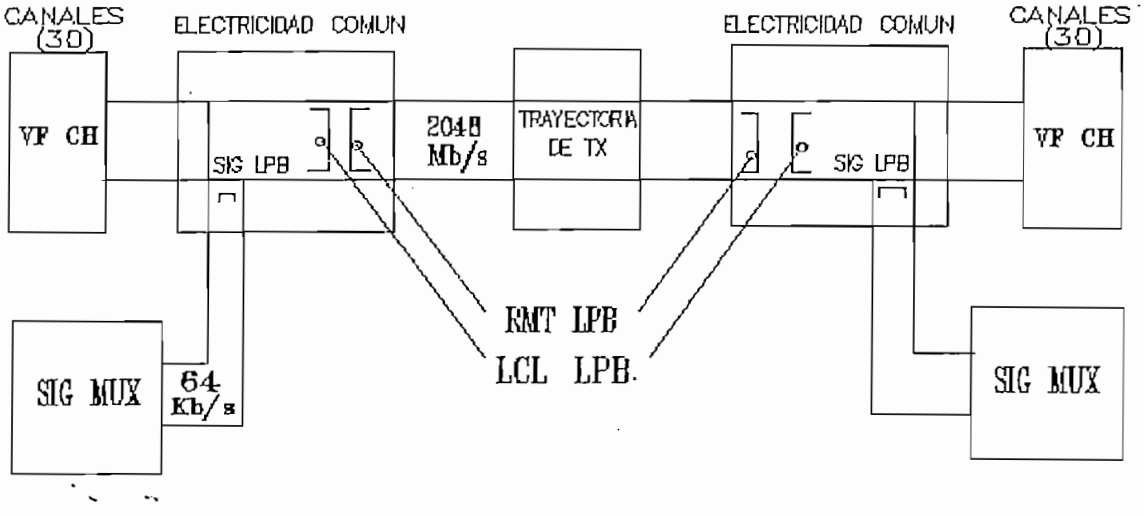
- Alarma remota
- Pérdida de dato de señalización
- Avería en el multiplexor de señalización

e) ALIMENTACION

Al equipo multiplexor de voz se suministran dos tipos de alimentación: la de la línea principal y la miscelánea. La primera produce +5, -5, +10 y -10 VDC que requieren los equipos multiplexores de voz y de señalización, mientras que la segunda se utiliza en la iluminación de la unidad de alarmas en caso de que cese el suministro de alimentación principal.

f) FUNCIONES DE BUCLE

La unidad multiplexora va provista con tres diferentes funciones de bucle como muestra la figura 2.9.



VF CH: unidad de canal
LPB SIG: lazo de señalización
LCL LPB: bucle local
RMT LPB: bucle remoto
SIG MUX: multiplexor de señalización

Fig. 2.9 Funciones de bucle del multiplexor

La finalidad de estas funciones es básicamente ayudar al personal de mantenimiento a localizar el punto, en la trayectoria de la señal PCM, en el que ha ocurrido una avería.

En el sistema múltiplex, mediante un conmutador llamado HI SPD LPB se realizan las funciones de bucle local y bucle remoto, en tanto que la función de bucle de señalización se realiza con un conmutador llamado SIG LPB. La descripción de las funciones de bucle se indican a continuación:

i) BUCLE LOCAL (LCL LPB)

Cuando se posiciona el conmutador mencionado en local (LCL), el dato unipolar PCM es puesto en bucle al lado de recepción. Al mismo tiempo, se da salida a un flujo continuo de "1"s enviados desde la unidad de interfaz como señal AIS. Ver figura 2.10.

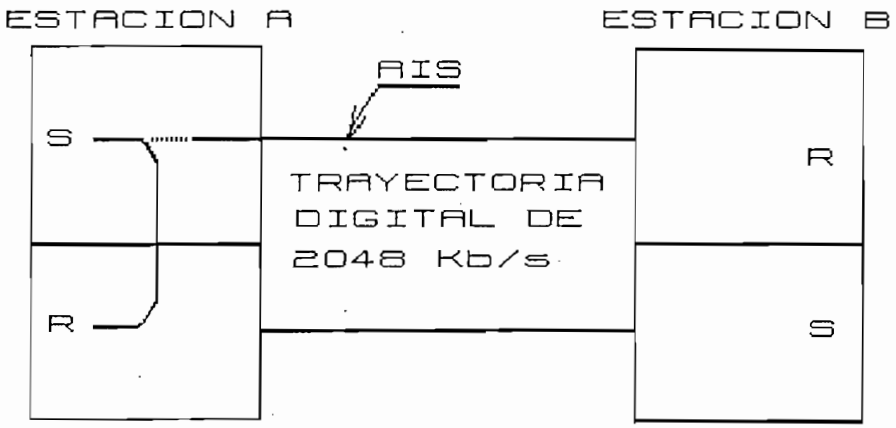


Fig. 2.10 Operación de bucle local

ii) BUCLE REMOTO (RMT LPB)

Cuando se posiciona el conmutador en remoto (RMT), la unidad de transmisión del multiplexor de voz de la estación local restablece los bits 4 y 5 de TS0 de las tramas impares tal como se indica a continuación:

TS0: 11Axy111

en donde A: usado para transmisión de alarma remota
NORMAL: 0, ALARMA: 1
x,y: asignado para señal de bucle remoto
ESTADO DESCONECTADO (OFF): 11
ESTADO CONECTADO (ON): 00

La información de los bits 4 y 5 es detectada por la unidad de recepción del multiplexor de voz de la estación remota y envía una señal a la unidad de interfaz del multiplexor de voz donde la señal PCM entrante es puesta en bucle en la estación local. Figura 2.11.

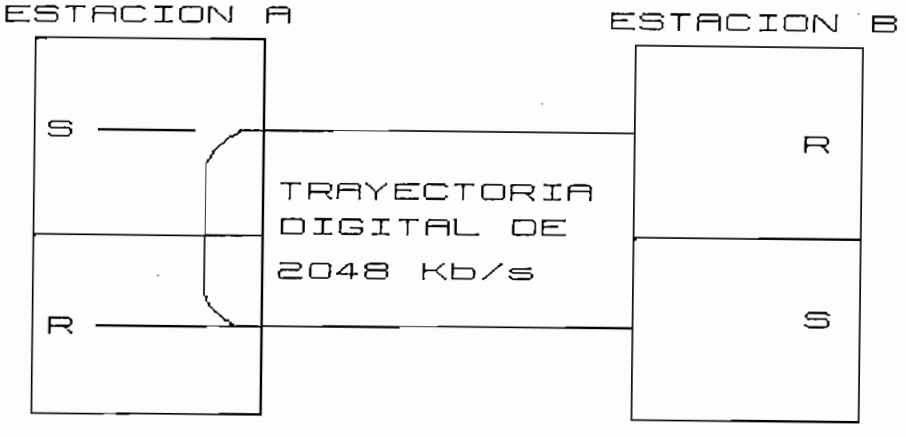


Fig. 2.11 Operación de bucle remoto

iii) BUCLE DE SEÑALIZACION (SIG LPB)

Cuando se posiciona en SIG LPB el conmutador de señalización, el dato de señalización entrante de 64 Kb/s es hecho bucle al multiplexor de señalización. Al mismo tiempo la unidad multiplexora de voz recibirá una señal de mando (TS16 AIS) mediante la unidad de alarma. Así, la unidad transmisora del multiplexor generará un flujo continuo de "1"s en las posiciones correspondientes a los 8 bits de TS16 de cada trama. Ver figura 2.12.

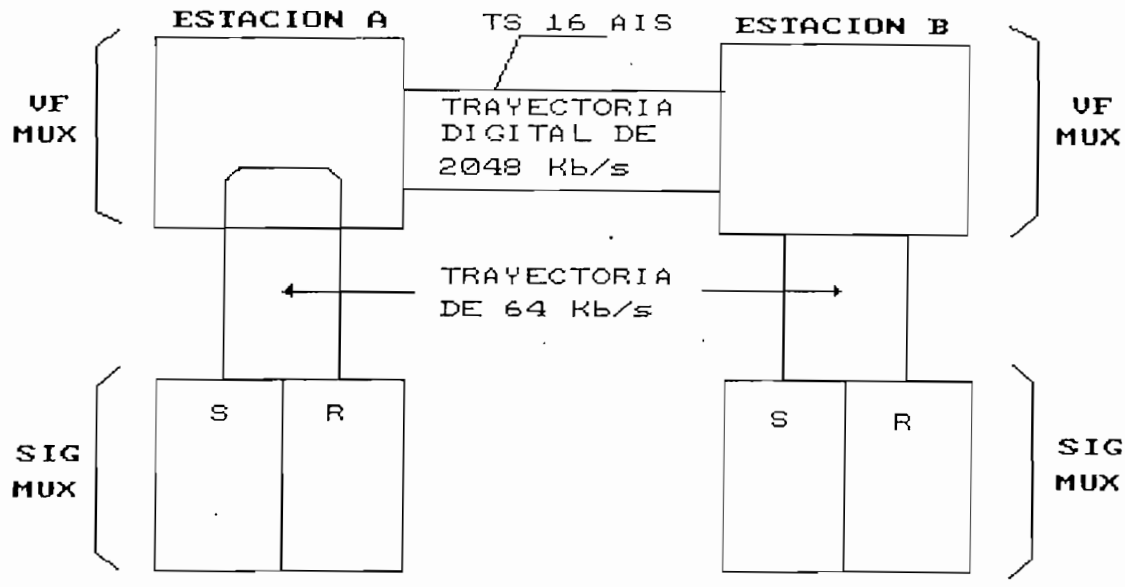


Fig. 2.12 Operación de bucle de dato de señalización

4. INTERFAZ DEL EQUIPO MULTIPLEXOR

Realiza las siguientes funciones:

- Interfaz con múltiplex de señalización y con la línea PCM
- Codificación y decodificación de HDB3
- Extracción de reloj en el lado de recepción
- Bucle local y remoto (explicado anteriormente en funciones de bucle)
- Detección de alarma

El equipo multiplexor consta de un interfaz de flujo PCM (2048 Kb/s) y de un interfaz para flujo de señalización (64 Kb/s).

a) INTERFAZ PARA 2048 Kb/s

La señal PCM de entrada se convierte en código HDB3 y se le da salida sobre la línea de PCM de 2 Mb/s en formato bipolar.

En recepción después de haber sido separadas las polaridades de la señal bipolar en + y -, el dato recibido codificado en HDB3 de 2Mb/s es convertido en señal unipolar binaria. La señal de reloj de 2048 Kb/s del lado de recepción es extraída desde el dato recibido.

El proceso de codificación/decodificación HDB3 sigue las siguientes reglas:

- La señal HDB3 es bipolar, representada por B+, B- y 0.
- Los espacios individuales (0 lógicos) en la señal binaria se codifican como espacios en la señal HDB3. Las reglas especiales se aplican a las secuencias de cuatro ceros consecutivos.
- Las marcas en la señal binaria se codifican alternativamente como B+, B- en la señal HDB3 (inversión alterna de marca). La violación de la regla de inversión alterna de marca, ocurre para las secuencias de cuatro espacios consecutivos.
- Las secuencias para cuatro espacios consecutivos se codifican de acuerdo a la siguiente regla:

HDB3	**# de 1L desde la última sustitución**	
Polaridad del pulso anterior	Impar	Par
-	000-	+00+
+	000+	-00-

Dentro del codificador HDB3 se puede activar las funciones de bucle, posicionando un conmutador en el lado local o en el lado remoto. Estas funciones de bucle se utilizan para la localización de averías en el sistema. Cuando es activado el bucle local, este tiene la prioridad en esta estación, aún cuando el conmutador este posicionado, en el lado remoto, en las estación opuesta. Cuando ha sido activado el bucle remoto en la estación local y en la estación remota, tiene prioridad la estación que fue activada primero.

b) INTERFAZ PARA SEÑALIZACION DE 64 Kb/s

El múltiplex de señalización envía el dato de señalización de 64 Kb/s al multiplexor. Esta señal, cuyo nivel alto de NRZ (no retorno a cero) es 0V y el nivel bajo es -5V, será enviado como "dato de señalización de transmisión". En el lado de recepción, el dato del intervalo de tiempo 16 del flujo PCM cuya velocidad ha sido convertida en la unidad de recepción del multiplexor se entrega como "dato de señalización de recepción".

5. UNIDADES DE CONTROL DEL EQUIPO MULTIPLEXOR

a) CONTROL DE TRANSMISION

Esta unidad combina datos de transmisión desde las unidades de canal para formar la estructura de la trama de 2048 Kb/s. La unidad genera también las señales de control requeridas para la construcción de la trama.

b) CONTROL DE RECEPCION

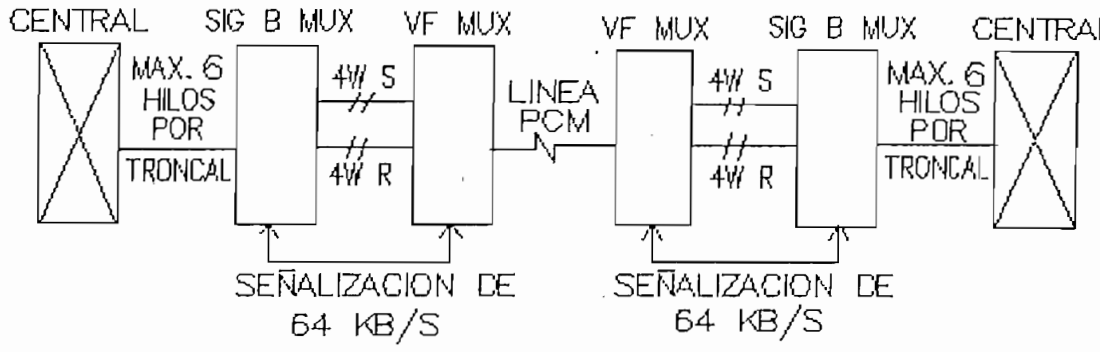
El control de recepción ejecuta las siguientes funciones:

- Sincronización de trama
- Generación de todas las señales de control utilizadas por el lado de recepción
- Detección de información de alarma y de bucle en la señal PCM recibida
- Detección de relación de error de bit y conversión del dato de señalización en el intervalo de tiempo 16 a un flujo de bits serie de 64 Kb/s.

2.2 MULTIPLEXACION DE SEÑALIZACION DE BUCLE

Se entiende por señalización toda aquella información eléctrica intercambiada entre centros de conmutación o centrales

telefónicas, para asegurar el establecimiento y control de la comunicación y la gestión de la red.



SIG B MUX: multiplexor de señalización de bucle
VF MUX: multiplexor de señal de voz

Fig. 2.13 Configuración típica del sistema

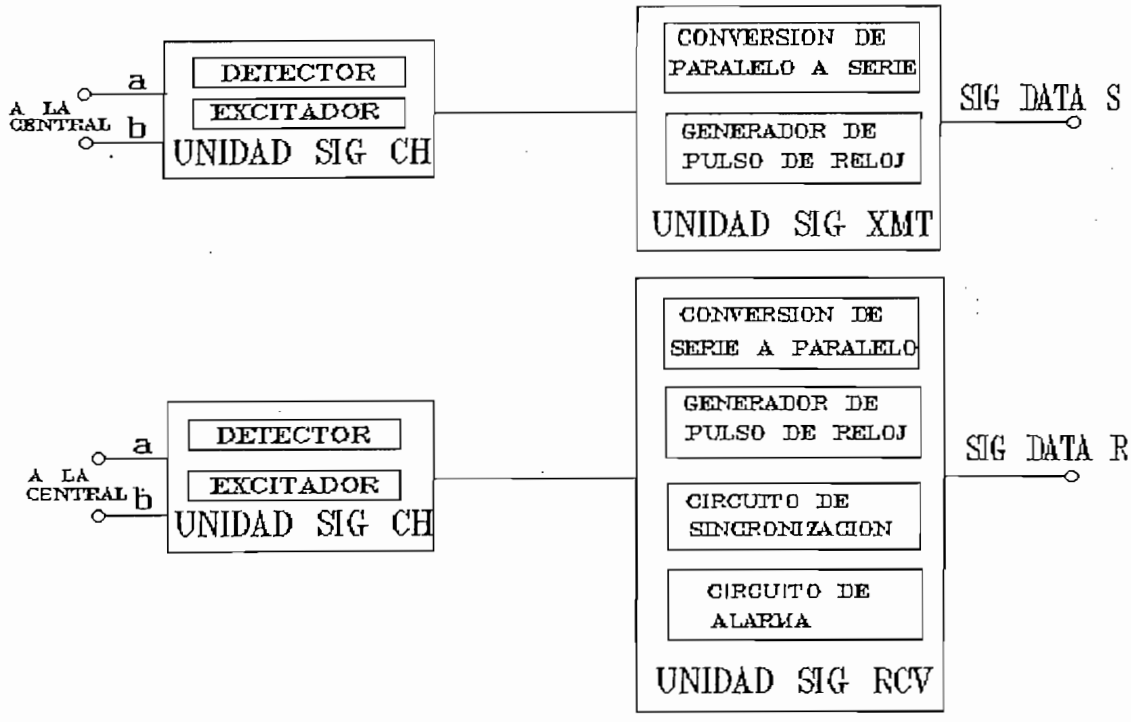
No. de trama	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
F0	∅	∅	∅	∅	1	AX	∅	1
F1	CH 1-a	CH 1 -b	∅	1	CH 16 -a	CH 16 -b	∅	1
F2	CH 2-a	CH 2 -b	∅	1	CH 17 -a	CH 17 -b	∅	1
F3	CH 3-a	CH 3 -b	∅	1	CH 18 -a	CH 18 -b	∅	1
F4	CH 4-a	CH 4 -b	∅	1	CH 19 -a	CH 19 -b	∅	1
F5	CH 5-a	CH 5 -b	∅	1	CH 20 -a	CH 20 -b	∅	1
F6	CH 6-a	CH 6 -b	∅	1	CH 21 -a	CH 21 -b	∅	1
F7	CH 7-a	CH 7 -b	∅	1	CH 22 -a	CH 22 -b	∅	1
F8	CH 8-a	CH 8 -b	∅	1	CH 23 -a	CH 23 -b	∅	1
F9	CH 9-a	CH 9 -b	∅	1	CH 24 -a	CH 24 -b	∅	1
F10	CH 10-a	CH 10-b	∅	1	CH 25 -a	CH 25 -b	∅	1
F11	CH 11-a	CH 11-b	∅	1	CH 26 -a	CH 26 -b	∅	1
F12	CH 12-a	CH 12-b	∅	1	CH 27 -a	CH 27 -b	∅	1
F13	CH 13-a	CH 13-b	∅	1	CH 28 -a	CH 28 -b	∅	1
F14	CH 14-a	CH 14-b	∅	1	CH 29 -a	CH 29 -b	∅	1
F15	CH 15-a	CH 15-b	∅	1	CH 30 -a	CH 30 -b	∅	1

a, b: bits de señalización

Fig. 2.14 Estructura de una multitrama de señalización

Como por ejemplo señales de estado de reposo, toma de línea, discado, tarificación, etc.

El multiplexor de señalización de bucle convierte la información de señalización de treinta canales a códigos digitales y los multiplexa a flujo de datos de 64Kb/s, y viceversa. En la figura 2.13 se muestra la configuración típica del sistema y en la figura 2.14 la estructura de la multitrama de señalización del multiplexor.



SIG CH: unidad de canal de señalización
SIG XMT: transmisión de señalización
SIG RCV: recepción de señalización

Fig. 2.15 Diagrama en bloques del multiplexor de señalización de bucle

El equipo multiplexor de señalización, figura 2.15, contiene una unidad de control de transmisión, una unidad de control de recepción y treinta unidades de canal de señalización.

Estas últimas se seleccionan dependiendo del tipo de señalización utilizada por la central con la que se va a conectar.

2.2.1 Funciones del equipo multiplexor de señalización bucle

El equipo multiplexor de señalización realiza tanto la función de transmisión como la función de recepción de señalización, así como sus respectivas funciones de control.

- **Función de transmisión**

La señal de voz recibida desde la central de conmutación pasa por la unidad de canal de señalización, y es enviada a la unidad de canal de voz del multiplexor. La información de señalización de la central es detectada por la unidad de canal de señalización y es convertida en un código digital de 2 bits.

Estos códigos son alimentados a la unidad de transmisión de señalización a través de los respectivos buses.

Dado que las treinta unidades de canal de señalización están conectadas en paralelo a la unidad de transmisión de señalización, solamente el dato para el canal designado es enviado al bus. Cada señal de dato es memorizada temporalmente en la unidad de transmisión de señalización y luego es convertida de paralelo a serie a la velocidad de 64 Kb/s. Un patrón de sincronización de multitrama ("0000") y un bit de información de alarma remota se insertan en sus posiciones correspondientes (TS16) de la trama "F0".

- **Función de recepción**

El flujo de datos de 64 Kbit/s procedente del multiplexor de voz, es recibido por la unidad de recepción de señalización. El lado de recepción se sincroniza detectando el patrón de

sincronización de multitrama (0000 de F0). La unidad de recepción de señalización genera los pulsos de control necesarios para demultiplexar el dato de entrada; para tal propósito estos pulsos de control se alimentan a cada canal de señalización. La unidad de canal de señalización decodifica los dos bits en la señal apropiada para la interpretación en la troncal de la central analógica.

- **Funciones de control de transmisión**

Esta unidad multiplexa los datos enviados desde las unidades de canal de señalización en flujo de datos de 64Kb/s. Los pulsos de reloj requeridos para la multiplexación se generan dividiendo las frecuencias de los pulsos de reloj de 64 Khz y 8 Khz recibidos desde el multiplexor de voz.

De modo general esta unidad cumple las siguientes funciones:

- Multiplexación de 30 canales de datos de señalización.
- Generación de pulsos de reloj para la multiplexación, a partir de los pulsos de reloj de 64 kHz y 8 kHz suministrados desde el multiplexor de voz.
- Generación de pulsos de reloj para el circuito de constante de tiempo utilizadas en las unidades de canal de señalización.
- Monitoreo de reloj; es decir detección de cualquier ausencia de los pulsos de reloj enviados desde el multiplexor de voz.

- **Función de control de recepción**

Esta unidad demultiplexa los datos de señalización insertados en el flujo de 64 Kb/s del multiplexor de voz y los distribuye a cada unidad de canal de señalización. Esta unidad incorpora un generador de pulsos de reloj para demultiplexación y además incluye el circuito de detección y visualización de alarmas.

De modo general esta unidad cumple las siguientes funciones:

- Detección del esquema de sincronización de multitrama "0000" (indicando el inicio de la multitrama) contenido en el dato de señalización enviado desde el multiplexor de voz.
- Separación de los datos de señalización de 64 kb/s recibidos desde el multiplexor de voz en buses de datos de 16 kb/s y los distribuye a las correspondientes unidades de canal de señalización.
- Detección, indicación y envío de alarmas

2.2.2 Estructura del multiplexor de señalización de bucle

a) BLOQUE DE SINCRONIZACION

En un sistema múltiplex por división de tiempo, la sincronización se logra generalmente en el extremo de recepción. En este multiplexor la sincronización se hace detectando el patrón de sincronización de multitrama.

En la unidad de recepción de señalización, las salidas de un registro de desplazamiento de 8 bit se monitorean para detectar el patrón "0000" durante F0 de cada multitrama. El contador de errores cuenta las ausencias de este patrón. Cuando se detecta el patrón de sincronización, sigue operando el generador de pulsos. Si se detectan dos ausencias consecutivas de patrón de sincronización, ocurre un estado de fuera de sincronización, y la salida del contador de errores inhibe la operación del generador de pulsos de reloj. Cuando se detecta nuevamente "0000", entonces el generador de pulsos de reloj es nuevamente activado. Si solamente se detecta una ausencia, el contador se normaliza y continúa la operación establecida.

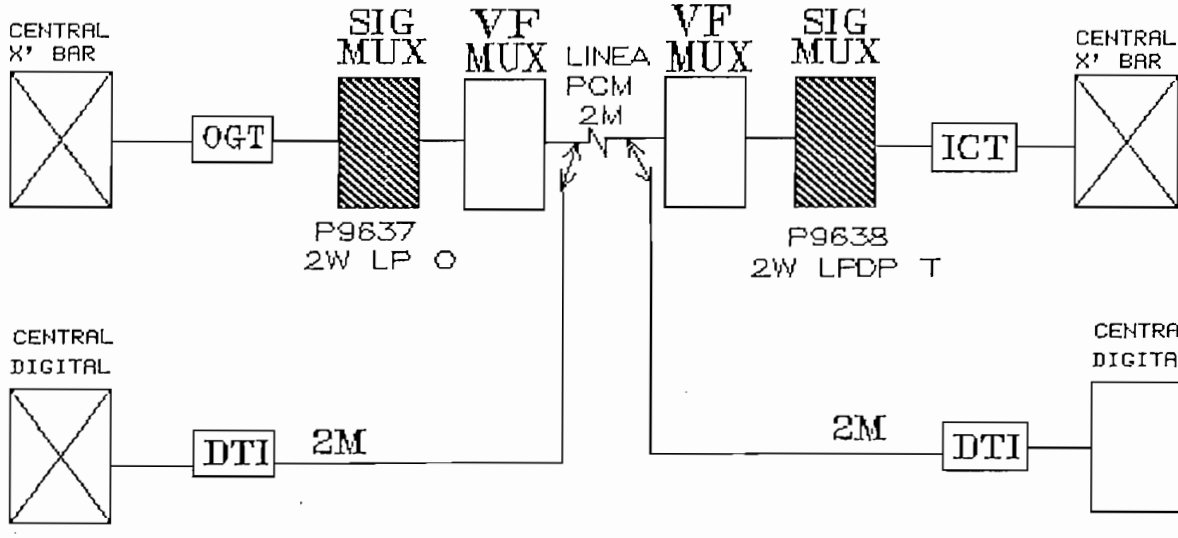
b) UNIDADES DE CANAL DE SEÑALIZACION DE BUCLE

Estas unidades de señalización tienen como función detectar

la señal de la central y convertirla en código de señalización de línea digital del CCITT, para su envío a la unidad de transmisión del multiplexor de señalización o inversamente, para restablecer la señal de la central del código de señalización, el cual es enviado desde la unidad receptora para su transmisión a la central.

Existen dos tipos de unidad de canal de señalización:

La unidad de canal de señalización que se conecta al circuito de enlace de salida (troncal de salida) de una central crossbar (ARF) o al repetidor de salida de una central paso a paso (AGF), y la unidad de canal de señalización que se conecta al circuito de enlace de entrada (troncal de entrada) de una central crossbar o al repetidor de entrada de la central paso a paso. Ver figura 2.16.



P9637 2W LP O:	*tarjeta de canal de señalización para conectarse con la troncal de salida de una central analógica*
P9638 2W LPDP T:	*tarjeta de canal de señalización para conectarse a la troncal de entrada de una central analógica*
SIG MUX:	*multiplexor de señalización*
OGT:	*troncal de salida*
ICT:	*troncal de entrada*
X'BAR:	*central telefónica crossbar*
DTI:	*interfaz de transmisión digital (2 Mb)*

Fig. 2.16 Unidades de canal de señalización

De la misma manera, en estas unidades existe un circuito que transforma la señal detectada de la central a código digital, y un circuito que transforma la señal de central a partir del código digital.

En la tabla 2.2 se ve el sistema de señalización aplicable a las unidades de canal de señalización mencionadas.

NOMBRE DE LA SEÑAL	FORMATO DE CODIGO EN PCM DATA			
	af	bf	ab	bb
Desocupado	*1*	*0*	*1*	*0*
Toma	*0*	*0*	*1*	*0*
Contestación	*0*	*0*	*0*	*1*
Cuelga abonado que llama	*1*	*0*	*1*	*0*
Cuelga abonado llamado	*0*	*0*	*1*	*1*
Liberación	*0*	*0*	*0*	*1*
Multitasación	*0*	*0*	*0*	*1*

Tabla 2.2 Sistema de señalización aplicable a unidades de canal de señalización

En esta tabla, a y b son bits de señalización, que pueden transmitirse (forward, af y bf) o recibirse (backward, ab y bb). Las diferentes señales del cuadro son las que indican el estado de la línea y que en forma analógica equivalen a estados de inversión de polaridad, puesta del bucle en alta o baja resistencia, etc.

c) ALIMENTACION

Las unidades de transmisión y de recepción de señalización de bucle reciben la alimentación de -24, -10 y -5 VDC mientras que las unidades de canal reciben además de estas tensiones, señales de +50 VDC y -48 VDC.

d) ALARMAS

Los bits de alarma y cualquier mal funcionamiento se detectan en la unidad de transmisión o de recepción de señalización. La información de alarma se envía desde la unidad de transmisión a la unidad de recepción de señalización, y de ésta a las unidades de canal de señalización y al multiplexor de voz. La unidad de canal de señalización transmite una señal de bloqueo a la central para evitar que un canal específico sea capturado por un nuevo abonado.

Las alarmas se activan por las siguientes fallas:

- Alarma de reloj de transmisión
- Pérdida de reloj, datos de recepción
- Fallas de sincronización
- Recepción de AIS
- Recepción de alarma remota

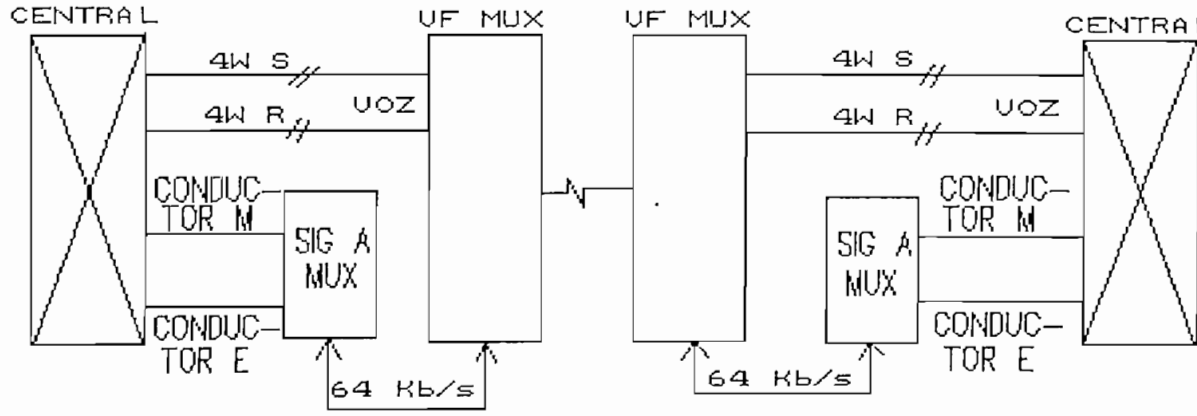
2.3 MULTIPLEXACION DE SEÑALIZACION DE RADIO

Este multiplexor convierte las señales E/M (abierta/tierra) de hasta treinta canales, recibidos desde la central, a códigos digitales y los multiplexa en flujos de datos de 64 Kb/s y viceversa.

En la figura 2.17 se muestra la configuración típica del sistema.

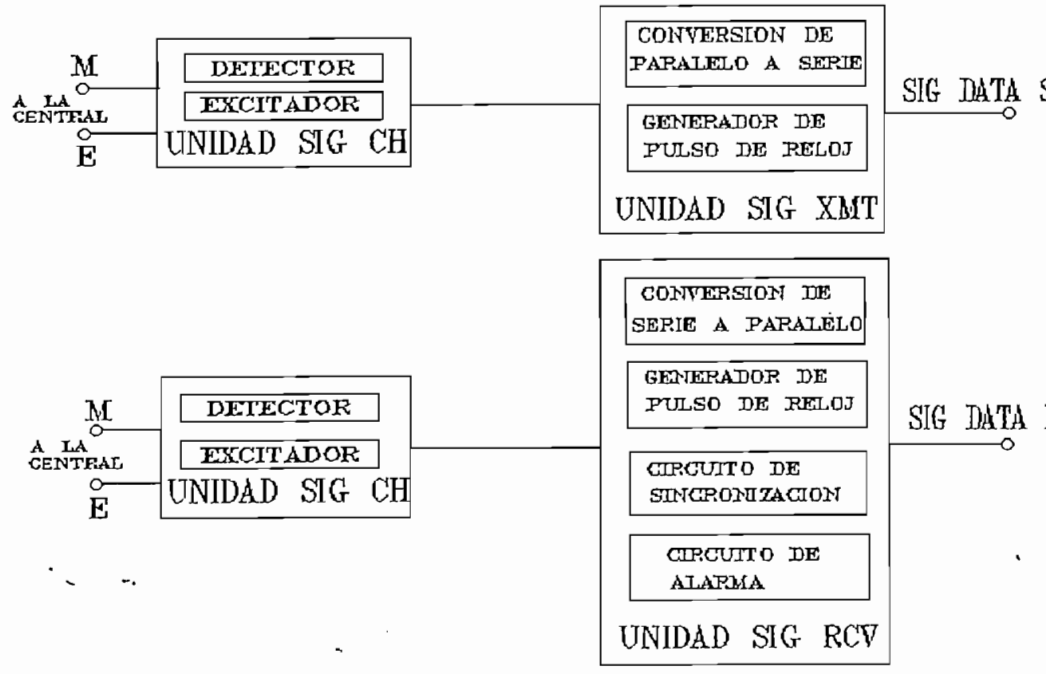
Este equipo contiene una unidad de control de transmisión, una unidad de control de recepción y unidades de canal de señalización E/M.

La estructura de la multitrama de señalización del multiplexor es la misma que la de la figura 2.14 y la estructura del multiplexor es la mostrada en la figura 2.18.



M: *hilo conductor de transmisión*
E: *hilo conductor de recepción*
SIG A: *multiplexor de señalización*
VF MUX: *multiplexor de voz*
S: *transmisión*
R: *recepción*

Fig. 2.17 Configuración del sistema



E/M CH: *unidad de canal de señalización E y M*
SIG DATA: *dato de señalización*
CLK S: *reloj para emisión*
CLK R: *reloj para recepción*

Fig. 2.18 Diagrama en bloques del multiplexor

2.3.1 Funciones del equipo multiplexor

a) FUNCION DE TRANSMISION

La información de señal enviada desde la central analógica en forma de polaridad se aplica a la unidad de canal de señalización E/M y queda convertida en un código digital de 1 bit (bit a) ["0" (-5V), "1" (tierra)].

Esta señalización analógica de central llamada E y M es para la supervisión de línea (línea en reposo, estado del abonado B, etc) que se la efectúa exclusivamente para transmisión por radio, que al pasar por los convertidores de señalización se transforma en códigos digitales y se la llama señalización de central MFC-R2 digital[2]. Para ver el significado de cada señal de línea en su forma analógica y su equivalente digital, remitirse a tabla 2.2.

b) FUNCION DE RECEPCION

El flujo de datos de 64 Kbit/s recibido desde el multiplexor de voz se aplica a la unidad de señalización de recepción. El lado de recepción queda sincronizado con el dato de señalización, por la detección del patrón de sincronización de multitrama, contenido en los datos de 64 Kbit/s.

Las señales de control requeridas para el lado de recepción se generan en la unidad de recepción de señalización y se envían a las correspondientes unidades de canal E/M. De la misma manera en estas unidades de canal de señalización se hace la conversión de la señalización digital a la correspondiente analógica recibida en el hilo E para la interpretación por parte de la troncal entrante de la central analógica.

---

[2] Libro azul del CCITT, fasciculo VI.4

SINCRONIZACION DE MULTITRAMA

En el sistema múltiplex por división de tiempo, la sincronización es necesaria en el extremo de recepción. En este multiplexor la sincronización se hace detectando el patrón de sincronización de multitrama.

La función de sincronización es la misma descrita en el caso de la señalización de bucle.

CIRCUITO DE ALIMENTACION

Se suministra energía de -5 VDC y -10 VDC desde el multiplexor de voz y se alimenta a cada unidad de canal E/M. Con -5 VDC se alimenta también a la unidad de transmisión de señalización y unidad de recepción de señalización.

ALARMAS

En el equipo se pueden iniciar varias alarmas. La información de alarma se detecta en la unidad de transmisión de señalización o unidad de recepción de señalización, y se envía a cada unidad de canal E/M. La unidad de canal E/M transmite la señal de bloqueo a la central para evitar que el canal donde ha ocurrido una avería sea tomado por otro abonado.

Cuando ocurre una avería en el suministro de reloj, ésta es detectada por la unidad de transmisión de señalización, y se envía la señal a la unidad de recepción de señalización para encender un led; al mismo tiempo, se envían señales de alarma al multiplexor de señalización de voz, y se envía la información de alarma a cada unidad de canal E/M para transmitir una señal de bloqueo a la central. Puesto que la transmisión de datos de señalización cesa, el multiplexor de voz envía una señal de indicación de alarma (AIS) de 64 Kb/s (todos unos) a la estación remota. En la estación remota, se enciende la lámpara de AIS y se envía una señal de bloqueo a la central.

2.3.2 Configuración funcional de las unidades

Las unidades de control de transmisión y las de control de recepción son iguales a las anteriormente tratadas, faltando por abordar solamente las unidad de canal de señalización E/M.

UNIDAD DE CANAL DE SEÑALIZACION E/M

Esta unidad detecta la señal abierta/tierra desde la central y la convierte en señal digital, y decodifica la señal digital en señal abierta/tierra para enviarla a la central.

Las especificaciones eléctricas de la unidad de canal de señalización E/M son las siguientes:

Interfaz de señalización aplicable:	Sistema de señalización E/M
Tensión de operación:	-5 VDC ± -5%, 10 VDC ± -5%
Conductor-M	
Resistencia externa permisible máxima:	200 ohmios
Tensión para señal abierta:	-10 VDC ± -5%
Corriente para señal tierra:	1 mA ± -10%
Diferencia permisible máxima de potencial de tierra:	± -4 VDC
Conductor-E	
Tensión de suministro máxima:	- 100 VDC(tierra positiva)
Tensión permisible máxima:	200 VDC
Corriente de excitación máxima:	100 mA
Resistencia interna	
Para señal de tierra:	20 ohmios ± 10%
Para señal abierta:	más de 100 kilohmios
Frecuencia de muestreo:	500 Hz
Distorsión de pulso:	± 2.5 ms
Frecuencia de reloj de control:	8 kHz, 16 kHz y 500 Hz

Código digital
(Línea PCM de 2Mb/s)

Para señal abierta:	"0"
Para señal de tierra:	"1"

Esta unidad de canal de señalización consta de lo siguiente:

1) CIRCUITO DEL CONDUCTOR M
2) CIRCUITO DEL CONDUCTOR E
3) BLOQUEO/ALARMA

1) CIRCUITO DEL CONDUCTOR M

La señal abierta/tierra aplicada al conductor M es convertida en una señal digital ("0" para abierta, "1" para tierra). La señal M es muestreada e insertada ya sea en el primer bit o ya sea en el quinto bit del TS16 para ser enviada a la estación remota.

2) CIRCUITO DEL CONDUCTOR E

La señal digital procedente de la estación remota se aplica a un bus. El circuito del conductor E selecciona la señal de canal correspondiente desde el bus mediante un pulso de reloj.

El circuito del conductor E envía señales de tierra/abierta a la central.

3) BLOQUEO/ALARMA

Este circuito envía una señal de bloqueo a la central cuando se inicia alarma en el sistema de transmisión digital o cuando se acciona el conmutador de bloqueo durante los procedimientos de mantenimiento. La operación de bloqueo varía según el tipo de troncal de central que se conecte a interfaz o según el sistema de señalización que se utilice.

CAPITULO 3

MULTIPLEXOR DIGITAL DE TERCER ORDEN

La señal del primer orden jerárquico se multiplexa en una secuencia creciente para obtener un número de canales mayor en un mismo vínculo. Por ejemplo, para el sistema de 8448 Kb/s se agrupan cuatro tributarios iguales de 2048 Kb/s cada uno, con lo que se obtiene una señal que corresponde a 120 canales telefónicos (4*30 canales de 64 Kb/s); éste constituye el denominado segundo orden jerárquico. Con cuatro tributarios de 8448 Kb/s se forma el tercer orden jerárquico de 34368 Kb/s con un total de 4*120=480 canales telefónicos. Luego, el cuarto orden jerárquico toma cuatro tributarios de 34368 Kb/s. con lo que se obtiene 139264 Kb/s, es decir 4*480=1920 canales telefónicos.

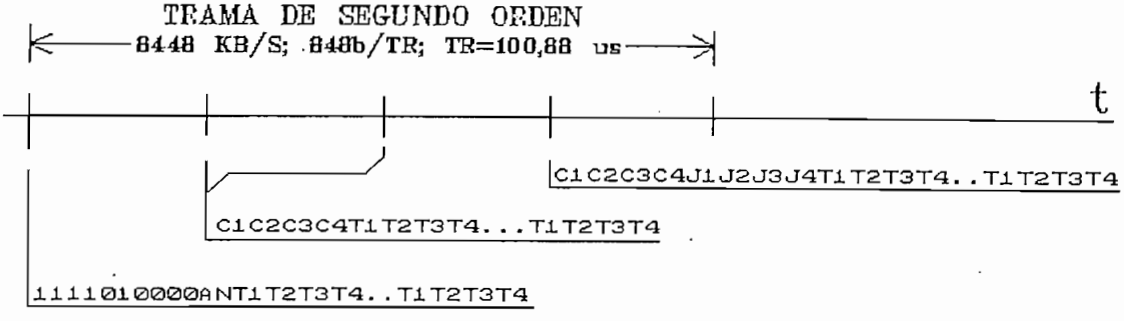
Antes de describir el multiplexor digital de 34 Mb/s, tema de este capítulo, es necesario desarrollar ligeramente el multiplexor digital de segundo orden o de 8448 Kb/s, debido a que aquí se introducen conceptos tales como la justificación positiva, la misma que se emplea para la función de sincronismo en los multiplexores de orden jerárquico superior, además las salidas del multiplexor de 8 Mb/s serán los afluentes del multiplexor digital de 34 Mb/s.

TRAMA DIGITAL DEL SEGUNDO ORDEN JERARQUICO Y JUSTIFICACION POSITIVA.

La figura 3.1 muestra la estructura de la trama de 8.448 Kb/s.

Al multiplexor de segundo orden llegan 4 tributarios de 2.048 Kb/s. Esta señal tiene una tolerancia de ± 50 ppm,

equivalente a ± 102.4 bit/s considerando un corrimiento de los relojes en una red no sincronizada por un solo reloj; este hecho hace que el entrelazado de los 4 tributarios en forma directa sea imposible. Para poder entrelazar datos con distinta velocidad se recurre al proceso de justificación positiva que consiste en lo siguiente:



C1, C2, C3 y C4: bits de control de justificación
J1, J2, J3 y J4: bits de justificación
T1, T2, T3 y T4: bits de información de los tributarios

Fig. 3.1 Trama de 8448 Kb/s.

La trama de 8448 Kb/s tiene una longitud de 848 bits y se divide en cuatro subtramas de 212 bits cada una. En la primera subtrama se envía el código de alineación de trama consistente en la secuencia 1111010000. Esta palabra sirve para sincronizar al receptor. La lógica de alineación sigue las siguientes reglas:

- La pérdida de alineación de trama (alarma FAT) ocurre cuando se leen cuatro veces consecutivas con error (una o más diferencias) la palabra de alineación.

- La alineación de trama se obtiene cuando se leen en forma consecutiva y correctamente tres veces la palabra de alineación.

- El terminal que tiene la alarma FAT transmite el bit A de

la trama (bit 11) en la condición 1. Este bit actúa como telealarma.

El bit 12 de la trama es un bit reservado para uso nacional, el cual se fija a 1 si no se utiliza. El resto de los bits de la subtrama son ocupados con bits de los tributarios T1 a T4 en forma alternada.

En la segunda subtrama se reservan cuatro bits denominados de control de justificación C1 a C4 y el resto se ocupa con bits de los tributarios T1 a T4 en forma alternada. La tercera subtrama es idéntica a la segunda.

En la cuarta subtrama se han reservado cuatro bits de control de justificación C1 a C4 y cuatro bits de justificación J1 a J4. El resto de los espacios se ocupa con bits de los tributarios T1 a T4.

Veamos ahora en esta organización cual es el valor de bits reservados para cada tributario. En la trama (TR) se tiene 848 bits de los cuales 28 son usados para alineación, alarma, control de justificación y justificación. De los 820 bits/TR la cuarta parte se utiliza para cada tributario, esto es se tienen 205 bits/TR para cada tributario. Como la velocidad de transmisión es 8448 Kb/s y cada trama es de 848 bits el número de tramas por segundo es 9962. Cada trama tiene 205 bits por tributario lo que hace un total de 2042,264 Kb/s.

En otras palabras, los espacios Ti dejados en la trama para el tributario 1 permiten acomodar un total de 2042,264 Kb/s en lugar de los 2048 Kb/s como valor nominal. En realidad en la trama el espacio de justificación J1 también está previsto que lleve información de T1. En este caso la cantidad de bit por trama por tributario es (T1+J1) 206 bits. De esta manera el valor total a lo largo de 9962 TR/s es 2052,266 Kb/s.

Si solo se usan los espacios T1 de la trama se puede

acomodar 2042 Kb/s, si en cambio se usan los espacios T1 y el J1 se acomodan 2052 Kb/s. Por tanto, para acomodar el valor nominal del tributario que es 2048 Kb/s se requiere usar el espacio J1 algunas veces y otras no. Como J1 tiene una velocidad de 9962 b/s (1 bit por trama) se usarán aproximadamente 5736 Kb/s para transmitir datos de T1 y el resto 4226 b/s se rellenará con el bit 1 denominado bit de justificación

El receptor debe enterarse de alguna manera lo que se está transmitiendo en el espacio J1. Para ello al receptor se envía el bit C1 (repetido tres veces en la trama). El transmisor coloca C1=1 si en J1 se pone un relleno y C1=0 si en J1 se coloca información del tributario T1. El bit C1 se repite tres veces con el propósito que en el receptor (demultiplexor) se pueda corregir un error, detectando por mayoría de unos o ceros el error en C1.

El hecho que el bit C1 se proteja contra errores significa que se trata de un bit más importante que los de información del tributario. Veamos que ocurre si se comete un error en C1; en este caso el demultiplexor puede producir alguna de las siguientes posibilidades:

- Se transmitió C1=0 y se recibió C1=1. En este caso mientras el multiplexor puso información en J1, el demultiplexor interpretó que no existe información útil en J1. El resultado es que se ignora la existencia de un bit del tributario 1 de 2048 Kb/s, y por tanto se eliminará un bit. El equipo multiplexor de primer orden que recibe la señal perderá el sincronismo ya que venía buscando la palabra de alineación de trama cada 256 bits y ahora una trama tendrá solo 255 bits (un bit menos) y toda la información para adelante se corre un bit.

- Se transmitió C1=1 y se recibió C1=0. Ahora, mientras el multiplexor colocó un relleno en J1 el demultiplexor lo interpretó como información del tributario 1. Se agrega un

bit inexistente en la trama de 2048 Kb/s del T1 lo cual redunda en la pérdida de alineación de trama, ya que una trama será de 257 bits y toda la información futura se desplaza un bit.

La ganancia o pérdida de bits se denomina deslizamiento (slip). Un deslizamiento produce la pérdida de alineación de trama (alarma FAT) del multiplexor de orden inferior. Por tal razón, cometer un error en el bit C1 es más perjudicial que cometerlo en cualquier otro bit y se lo proteje repitiéndolo tres veces.

RECOMENDACIONES DEL CCITT

En las Recomendaciones G.742 y G.751 se indican las características generales de los equipos múltiplex digitales de segundo orden y de tercer orden respectivamente que utilizan justificación positiva, lo cual se resume en el cuadro 3.1.

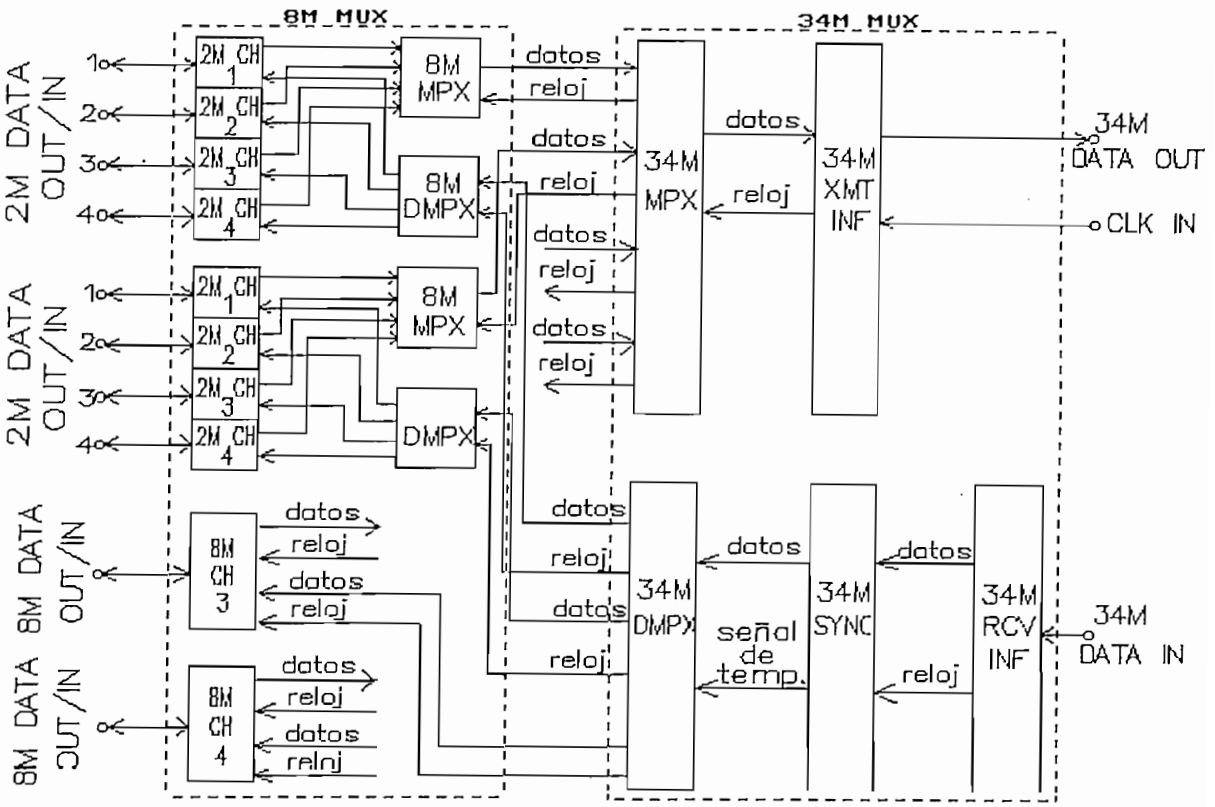
CARACTERISTICAS ELECTRICAS	MULTIPLEXOR DE 8448 Kb/s	MULTIPLEXOR DE 34368 Kb/s
velocidad binaria nominal	8448 Kb/s	34368 Kb/s
tolerancia	± 30 ppm	± 20 ppm
velocidad binaria de los afluentes	2048 Kb/s	8448 Kb/s
número de afluentes	4	4
número de canales	120	480
longitud de trama	848 bits	1536 bits
bits por afluente	206 bits	378 bits
velocidad máxima de justificación por afluente	10 Kb/s	23 Kb/s
señal de alineación de trama	1111010000	1111010000

Cuadro 3.1 Características generales de los sistemas múltiplex de segundo y tercer orden

3.1 UNIDAD MULTIPLEXORA DE 34 Mb/S

El multiplexor digital de 34 Mb/s se encarga de multiplexar 4 señales digitales de 8448 Kb/s en una señal digital de 34368 Kb/s.

El sistema multiplexor de 34 Mb/s recibe cuatro señales digitales sincrónicas procedentes del sistema multiplexor de 8 Mb/s.



MPX: multiplexor
DMPX: demultiplexor
XMT INF: interfaz de transmisión
RCV INF: interfaz de recepción
SYNC: sincronizador

Fig. 3.2 Multiplexor digital de 34Mb/s

Al sistema multiplexor de 8 Mb/s pueden ingresar unidades de canal de 2 Mb/s o unidades de canal de 8 Mb/s. Cuando al multiplexor de 8 Mb/s ingresan señales digitales de 2048 Kb/s se

agrupan en cuatro tributarios para su multiplexación y la señal binaria resultante se convierte a código unipolar para ser enviada al multiplexor de 34 Mb/s; de la misma manera cuando a la unidad de canal de 8 Mb/s le llega un flujo de 8 Mb/s, éste se convierte de código bipolar a unipolar para ser enviado al sistema múltiplex de 34 Mb/s.

Para ver más claramente lo dicho, se muestra integrados los sistemas de 8 Mb/s y 34 Mb/s en la figura 3.2.

A continuación se explica la conformación de las señales sincrónicas de 2 Mb/s que son ingresados al sistema de 8Mb/s; las mismas que se multiplexarán posteriormente en el sistema de 34 Mb/s.

La señal de datos de 2 Mb/s que sale de la central telefónica digital y concretamente de la unidad de interfaz de transmisión digital o de los convertidores analógico/digital, que digitalizan las troncales en una central telefónica analógica, se aplica a las unidades de canal de 2 Mb/s donde se convierte de bipolar a unipolar, se decodifica del formato HDB3 y de esta misma señal se deriva un reloj de temporización (reloj de escritura).

La señal unipolar se almacena temporalmente en una memoria elástica empleando el reloj de escritura. Un reloj de lectura proveniente del múltiplex de 8 Mb/s sirve para leer los datos de la memoria elástica. La diferencia de fase entre los relojes de lectura y escritura se verifica mediante un comparador de fase. Cuando la diferencia de fase disminuye por debajo de cierto umbral predeterminado, se genera una señal de demanda de justificación (estado de relleno).

Cuando esta señal se aplica al múltiplex de 8 Mb/s, los bits de control de justificación (C1, C2, C3 y C4) se convierten en 1 y se inhibe un bit del reloj de lectura, lo que evita la repetición de la lectura de la señal unipolar ya leída. Los bits

de control de justificación 1 se transmiten al circuito demultiplexor (que se verá más adelante) como una de las señales de control insertadas en la unidad múltiplex 8 Mb/s, para indicar que en el intervalo de tiempo 155 (de la trama de 8448 Kb/s) se ha insertado un pulso ficticio. De esta forma vuelve a aumentar la diferencia de fase entre el reloj de escritura y lectura.

Las 4 señales de entrada de 2048 Kb/s se sincronizan empleando el proceso de justificación positiva.

Las señales así sincronizadas de 2 Mb/s se envían al múltiplex de 8 Mb/s y se combinan con señales de control, tales como señal de alineación de trama, señal de transmisión de alarma (A), bit reservado para empleo nacional (N), y bits de control de justificación (C1, C2, C3 y C4), mediante la intercalación de bits. La señal de reloj para lectura, que se utiliza en las unidades de canal de 2 Mb/s procede del multiplexor de 8 Mb/s, y a su vez la señal de reloj de lectura que se utiliza en las unidades de canal de 8 Mb/s proviene del multiplexor de 34 Mb/s. Esta misma señal de reloj se utiliza también para la temporización de las señales de control.

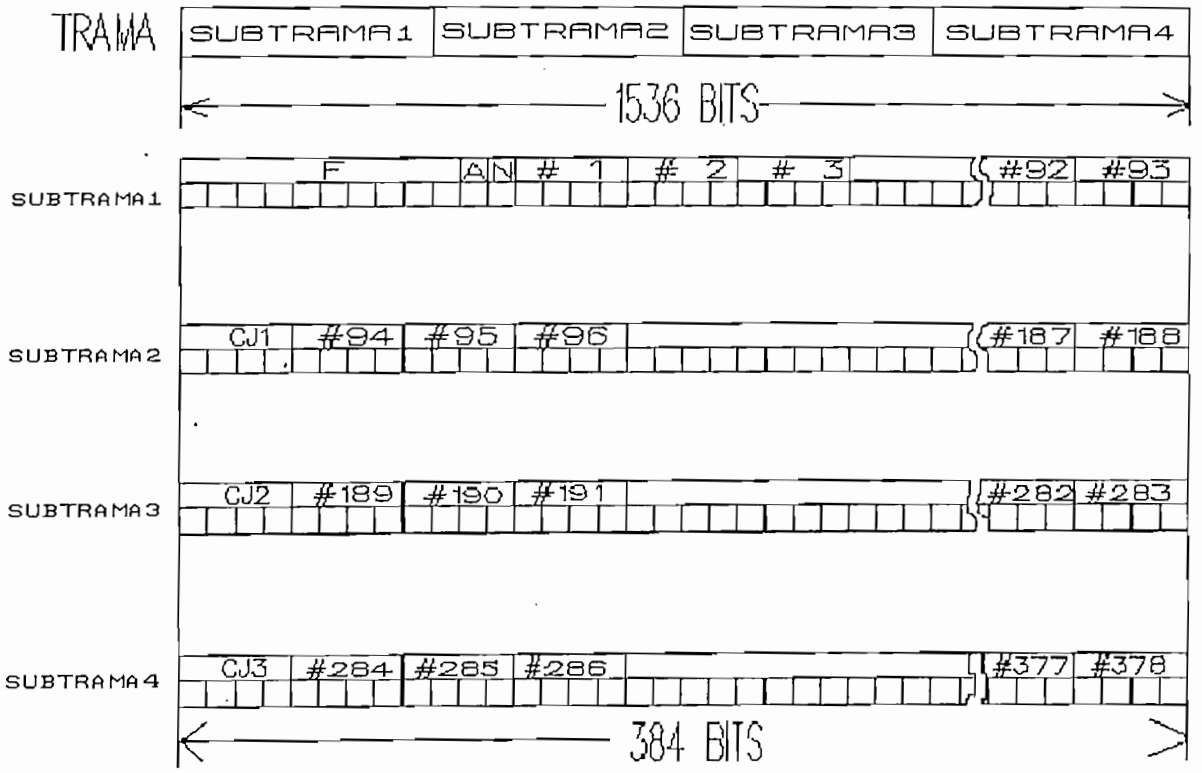
En resumen, al multiplexor de 34 Mb/s le pueden llegar señales de 8,448 Mb/s producto de la multiplexación resultante de 4 señales de 2048 Kb/s o por un acceso directo de una señal de 8448 Kb/s empleando una unidad de canal de 8 Mb/s. Esta unidad convierte la señal de 8 Mb/s en señal unipolar, recupera el reloj de temporización (reloj de escritura), decodifica el formato HDB3 y sincroniza la señal con el reloj procedente del sistema 34 Mb/s empleando la técnica de la justificación positiva.

El multiplexor digital de 34 Mb/s funciona en forma similar al multiplexor de 8 Mb/s indicado anteriormente.

Así, el multiplexor digital de 34 Mb/s. recibe cuatro señales unipolares sincrónicas de 8 Mb/s. procedentes del

multiplexor de 8 Mb/s o de la unidad de canal de 8 Mb/s. y las multiplexa en un solo tren de bits de 34368 Kb/s, en donde se han combinado con señales de control tales como señal de alineación de trama, señal de transmisión de alarmas, bits de control de justificación C1, C2, C3, y C4), empleando justificación positiva.

La figura 3.3 indica la estructura de trama de 34368 Kb/s.



F: *señal de alineación de trama (1111010000)*
A: *bit para la transmisión de alarmas*
N: *bit reservado para empleo nacional*
#1 a #378: *bits de tributarios*
CJ1 a CJ3: *bits de control de justificación C1, C2, C3, C4.*
#284: *bits de tributarios disponibles para justificación (J1, J2, J3, J4)*

Fig. 3.3 Estructura de trama de 34 Mb/s.

Cuando la señal sincrónica de 8 Mb/s proviene del

multiplexor de 8 Mb/s los bits de control de justificación (CJi) se insertan en los intervalos de tiempo asociados, puesto que esta señal en el proceso de multiplexación se sincronizó con un reloj derivado del multiplexor de 34 Mb/s.

De la misma manera, cuando la señal sincrónica de 8 Mb/s se aplica desde la unidad de canal de 8 Mb/s se insertan bits de control de justificación generados por la señal de demanda de justificación proveniente de esta misma unidad.

3.1.1 Descripción de un multiplexor de 34 Mb/s instalado en la ciudad de Quito[1]

A continuación se describirá brevemente un multiplexor de 34 Mb/s instalado en la ciudad de Quito, con la finalidad de comprender mejor este sistema.

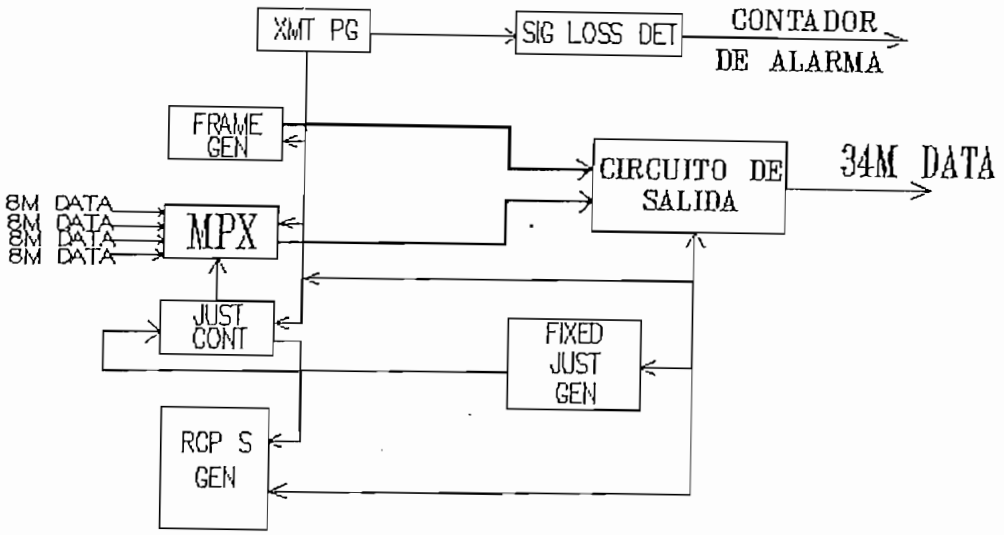
El multiplexor de 34 Mb/s. tiene como objeto multiplexar cuatro señales digitales NRZ de 8 Mb/s en una señal digital NRZ de 34 Mb/s.

El multiplexor de 34 Mb/s está constituido de los siguientes bloques funcionales:

a) Multiplexor, MPX, propiamente dicho
b) Generador de pulsos de reloj de lectura, RCP S GEN
c) Generador de pulsos de control de justificación FIXED JUST GEN
d) Detector de pérdida de señal, SIG LOSS DET
e) Generador de pulsos de justificación

En la figura 3.4 se muestra la configuración en bloques de una unidad multiplexora.

[1] Para mayor detalle remitirse a texto bibliográfico #6



XMT PG: *generador de pulsos de control*
FRAME GEN: *generador de trama*
MPX: *multiplexor*
JUST CONT: *control de justificación*
RCP S GEN: *generador de pulsos de reloj de lectura*
SIG LOSS DET: *detector de pérdida de señal*
FIXED JUST GEN: *generador de pulsos de control de justificación fija*

Fig. 3.4 Multiplexor digital de 34 Mb/s

a) MULTIPLEXOR MPX

Cuatro señales NRZ leídas de las memorias elásticas de las unidades de canales de 8 Mb/s o del multiplexor de 8 Mb/s, mediante los relojes de lectura, se multiplexan en una señal NRZ de 34 Mb/s mediante los pulsos de control suministrados por el generador de pulsos. En el MPX se generan las señales de alineación de trama, el bit de transmisión de alarma y el bit para empleo nacional que se insertan en la subtrama 1; figura 3.3.

b) GENERADOR DE PULSOS DEL RELOJ DE LECTURA Y CIRCUITO DE CONTROL DE JUSTIFICACION.

Los pulsos del reloj de lectura son utilizados para leer datos de la memoria elástica de las unidades de canal de 8

Mb/s.

Cuando desde la unidad de canal de 8 Mb/s se envía una demanda de relleno, se aplica un nivel 0 y se inserta durante una trama. Cuando en la trama se inserta cualquier señal de alineación de trama, un bit de transmisión de alarma, un bit de empleo nacional, o un bit de control de justificación se inhibe un pulso de reloj de lectura.

c) GENERADOR PULSOS DE CONTROL.

La señal reloj de 34 Mb/s de entrada (34M RCP S) se divide para generar varios pulsos de control, los pulsos de temporización, la señal de alineación de trama y el bit de empleo nacional.

d) DETECTOR DE PERDIDA DE SEÑAL

Cuando ocurre una avería en el generador de pulsos de temporización, o cuando se pierde la señal de reloj de 34 Mb/s entrante se detecta este hecho y se emite una salida de alarma.

3.2 UNIDAD DEMULTIPLEXORA DE 34 Mb/s

Si se considera el sentido del flujo digital, se puede decir que la multiplexación es la transmisión, y la demultiplexación corresponde a la recepción.

El demultiplexor de 34 Mb/s recibe una señal de 34368 Kb/s (34M DATA IN) y la demultiplexa en cuatro trenes de pulsos de 8 Mb/s.

Realmente, la señal digital entrante de 34368 Kb/s (34M DATA IN) se aplica en primer lugar a una unidad de interfaz de recepción donde se convierte en señal unipolar; en la unidad

sincronizadora de 34 Mb/s se extrae un reloj de temporización y se decodifica el formato HDB3.

De la unidad sincrónica de 34 Mb/s se obtienen los pulsos de temporización requeridos en el lado receptor, y de la señal de datos de 34 Mb/s, se detecta la señal de alineación de trama y se obtiene la sincronización. Estas señales de temporización y de datos de 34 Mb/s se aplican a la unidad demultiplexora.

En la unidad demultiplexora la señal de 34 Mb/s se demultiplexa en cuatro señales de 8 Mb/s. Estas señales se distribuyen junto con un reloj de escritura de 8 MHz al multiplexor respectivo o a la unidad de canal de 8 Mb/s.

En la demultiplexación se comprueban los bits de control de justificación. Cuando todos los bits de control de justificación (CJ1 a CJ3) aparecen como 1, significa estado de relleno; cuando aparecen como "0", siginifica estado sin relleno. En el estado sin relleno, para la transmisión de los datos tributarios se emplea el intervalo de tiempo 284, mientras que en el estado de relleno se insertará un pulso ficticio en dicho intervalo de tiempo.

El flujo de recepción de la señal, por lo visto anteriormente se conforma en las unidades: demultiplexora, sincronizadora, e interfaz de recepción. A continuación veremos las dos primeras.

3.2.1 Descripción de un demultiplexor de 34 Mb/s instalado en la ciudad de Quito[2]

Esta unidad demultiplexa una señal digital NRZ de 34 Mb/s en cuatro señales digitales NRZ de 8 Mb/s.

El diagrama de bloques simplificado del demultiplexor de 34

[2] Para mayor detalle remitirse a texto bibliográfico #7

esta señal se divide en cuatro señales NRZ de 8 Mb/s mediante los pulsos de reloj suministrados desde la misma unidad, y cada señal se envía a la unidad de canales de 8 Mb/s, o al multiplexor/demultiplexor de 8 Mb/s.

b) DETECTOR DE BITS DE JUSTIFICACION

Este circuito efectúa la función de eliminación de bits de relleno cuando recibe información de relleno. (Cuando se efectúa el relleno de pulsos, se transmiten tres unos en las posiciones CJ1 a CJ3 como los bits de control de justificación). Cuando se detectan dos o más unos, este circuito juzga que la posición número 284 contiene un pulso ficticio. Por lo tanto, para eliminar el pulso ficticio, se pasa un bit a través de dicha posición número 284 inhibiendo un pulso de reloj de escritura de salida.

c) GENERADOR DE PULSOS DE CONTROL

Genera varios pulsos de control utilizados en esta unidad bajo el control de los pulsos suministrados desde la unidad sincronizadora de 34 Mb/s.

d) GENERADOR DE PULSOS DE RELOJ DE ESCRITURA

Controla los pulsos del reloj de escritura suministrados a la unidad de canal 8 Mb/s o al sistema multiplexor de 8 Mb/s.

e) CONTADOR DE ERRORES

Detecta y emite una alarma de errores digitales a la unidad de ALARMAS cuando la proporción de errores digitales sobrepasa un determinado umbral.

f) DETECTOR DE ALARMA REMOTA

Detecta la señal de transmisión de alarma (bit A) contenida en la señal NRZ de 8 Mb/s, con el pulso de disparo que se produce a partir de varios pulsos suministrados desde la unidad sincronizadora 34 Mb/s.

3.2.2 Sincronizador de 34 Mb/s

Esta unidad detecta la señal de alineación de trama de la señal NRZ de 34 Mb/s de entrada, para la sincronización de trama y alarma de recepción.

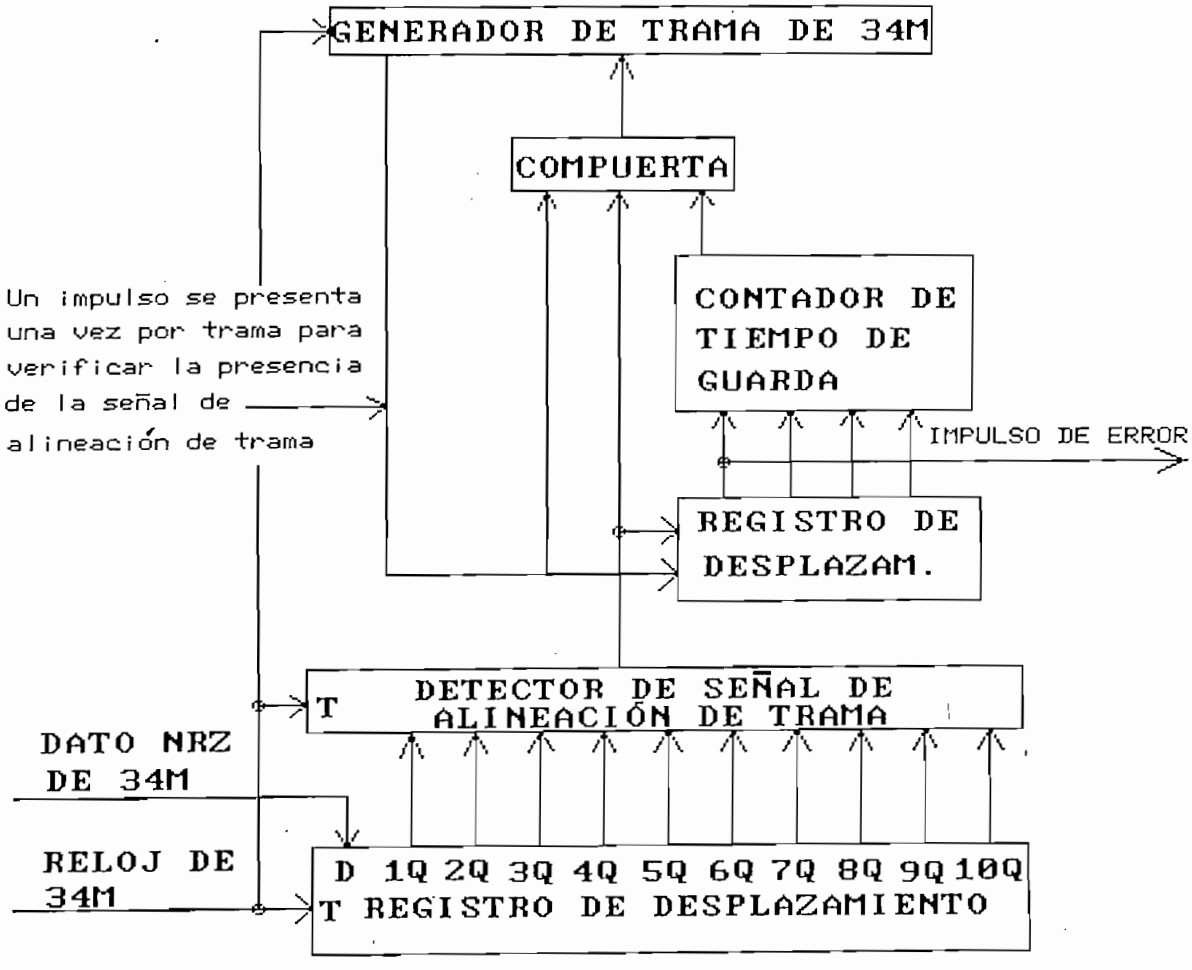


Fig. 3.6 Circuito de alineación de trama de 34 Mb/s

En la figura 3.6 se muestra el circuito de alineación de trama de 34 Mb/s. Como el lado de recepción tiene un juego de contadores idéntico al del lado de transmisión, para generar la estructura de trama de 34 Mb/s, es posible recuperar correctamente los datos de la señal entrante a este circuito.

Esto se hace activando el generador de trama de 34 Mb/s al mismo tiempo que comienza la trama de la señal entrante. Al acoplamiento del generador de trama de 34 Mb/s con la señal entrante, se le llama alineación de trama.

El patrón que sirve como referencia para el circuito al que hay que sincronizar, se llama señal de alineación de trama y consta de diez bits: 1111010000. En tanto se detecte la señal de alineación de trama en el momento debido, el circuito de alineación de trama de 34 Mb/s está alineado y habilitado el generador de trama de 34 Mb/s.

Un registro de desplazamiento de 10 bits y un detector de la señal de alineación de trama (FAS) monitorean al principio de cada trama para comprobar la presencia de la FAS. Si no está presente la FAS durante cuatro tramas consecutivas, este circuito asume que ha perdido su alineación y detiene el generador de trama de 34 Mb/s. La duración de estas cuatro tramas se conoce con el nombre de "tiempo de guarda hacia adelante". Este tiempo de guarda permite que la línea permanezca operacional a pesar de los errores esporádicos producidos en la línea de transmisión.

Las acciones para recuperarse de la pérdida de alineación, se inician solamente después de haberse perdido la señal de alineación de trama por cuatro veces consecutivas; esto es cuando el circuito esta fuerà de alineación. En la condición de "fuera de alineación", se detiene el generador de trama de 34 Mb/s y solamente se monitorea continuamente la salida del registro de desplazamiento de diez bits. Tan pronto como se detecta la señal de alineación de trama de 34 Mb/s queda habilitado el generador de trama y se inicia la búsqueda de otras dos señales de

alineación más. Sin embargo las indicaciones de alarma no desaparecen si no se detecta una de las dos siguientes señales de alineación de trama, el generador de trama de 34 Mb/s se detiene de nuevo y se vuelve a monitorear la salida del registro de desplazamiento, o sea persiste la condición de fuera de alineación.

Para volver a alinearse el receptor, se requiere la detección de tres señales de alineación de trama consecutivas. La duración de estas tres tramas se llama "tiempo de guarda hacia atrás", porque este permite que el sistema ignore una falsa señal de alineación de trama.

El circuito de alineación de trama de 8 Mb/s es igual que el circuito de alineación de 34 Mb/s, y la sincronización de los datos de 8 Mb/s utiliza el mismo procedimiento que la sincronización de datos de 34 Mb/s.

3.3 INTERFACES DE TRANSMISION Y RECEPCION

Tanto en la parte de transmisión como en la parte de recepción de los sistemas de multiplexación de 2/8/34 Mb/s existen interfaces, los mismos que a más de realizar la conversión de bipolar a unipolar de las señales de 2/8/34Mb/s en la parte de transmisión y la conversión de unipolar a bipolar de las señales de 2/8/34Mb/s en la parte de recepción, cumplen con las siguientes funciones adicionales:

EN EL LADO DE TRANSMISION

INTERFAZ DE 2048 Kb/s

- Extracción de temporización de 2 Mb/s
- Decodificación del código HDB3 de la señal de 2 Mb/s
- Justificación (Relleno)
- Inserción de la señal de alineación de trama de 8Mb/s

- Inserción del bit de alarma remota de 8 Mb/s
- Inserción del bit de bucle remoto de 2 Mb/s

INTERFAZ DE 8448 Kb/s

- Extracción de temporización de 8 Mb/s

INTERFAZ DE 34368 Kb/s

- Decodificación del código HDB3 de la señal de 34 Mb/s
- Justificación (Relleno)
- Inserción de la señal de alineación de trama de 34 Mb/s
- Inserción del bit de alarma remota de 34 Mb/s
- Inserción del bit de bucle remoto de 8 Mb/s

EN EL LADO DE RECEPCION

INTERFAZ DE 34368 Kb/s

- Extracción de temporización de 34 Mb/s
- Decodificación del código HDB3 de la señal de 34 Mb/s
- Sincronización de 34 Mb/s (Alineación de trama)
- Desjustificación (Extracción del bit de relleno)
- Extracción y procesamiento del bit de alarma remota de 34 Mb/s
- Extracción y procesamiento del bit de bucle remoto de 8 Mb/s
- Separación alterna de bit de datos (demultiplexión de 34 Mb/s)
- Codificación de las señales demultiplexadas de 8 Mb/s a HDB3

INTERFAZ DE 8448 Kb/s

- Eliminación de fluctuación de fase en las señales de 8 Mb/s
- Conversión de unipolar a bipolar de las señales de 8 Mb/s.

La recomendación dada por el CCITT referente a las características físicas y eléctricas de los interfaces digitales

es la Rec.G.703[3], que se describe brevemente a continuación.

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS DEL INTERFAZ DE 8 Mb/s

Señal digital bipolar de 8 Mb/s de entrada (8 M DATA IN)

Formato:	HDB3
Velocidad de transmisión:	8448 Kb/s ± 30 ppm
Amplitud de los pulsos:	2.3 Vp, nominal
Distorsión aceptable en el cable interconector:	6dB a 4224 Khz
Impedancia:	75 ohmios, desbalanceada

Capacidad de la memoria elástica

Lado de transmisión:	8 bits
Lado de recepción:	8 bits

Pulso de reloj de lectura de entrada 8M R

Forma de onda:	RZ
Frecuencia:	8448 Khz, media

Señal digital NRZ de 8 Mb/s de salida (8 M DATA S)

Forma de onda:	NRZ
Velocidad de transmisión:	8448 Kb/s, nominal

Señal digital NRZ de 8 Mb/s de entrada (8 M DATA R)

Forma de onda:	NRZ
Velocidad de transmisión:	8448 Kb/s

Pulso de reloj de escritura de entrada (8 M W R)

Formas de onda:	RZ
Frecuencia:	8448 Khz

Señal digital bipolar de 8M de salida (8M DATA OUT)

Formato:	HDB3
Velocidad de transmisión:	8448 Kb/s ± 30 ppm
Amplitud de los pulsos:	Ver fig. 3.7

[3] Libro Azul del CCITT, fascículo III.4

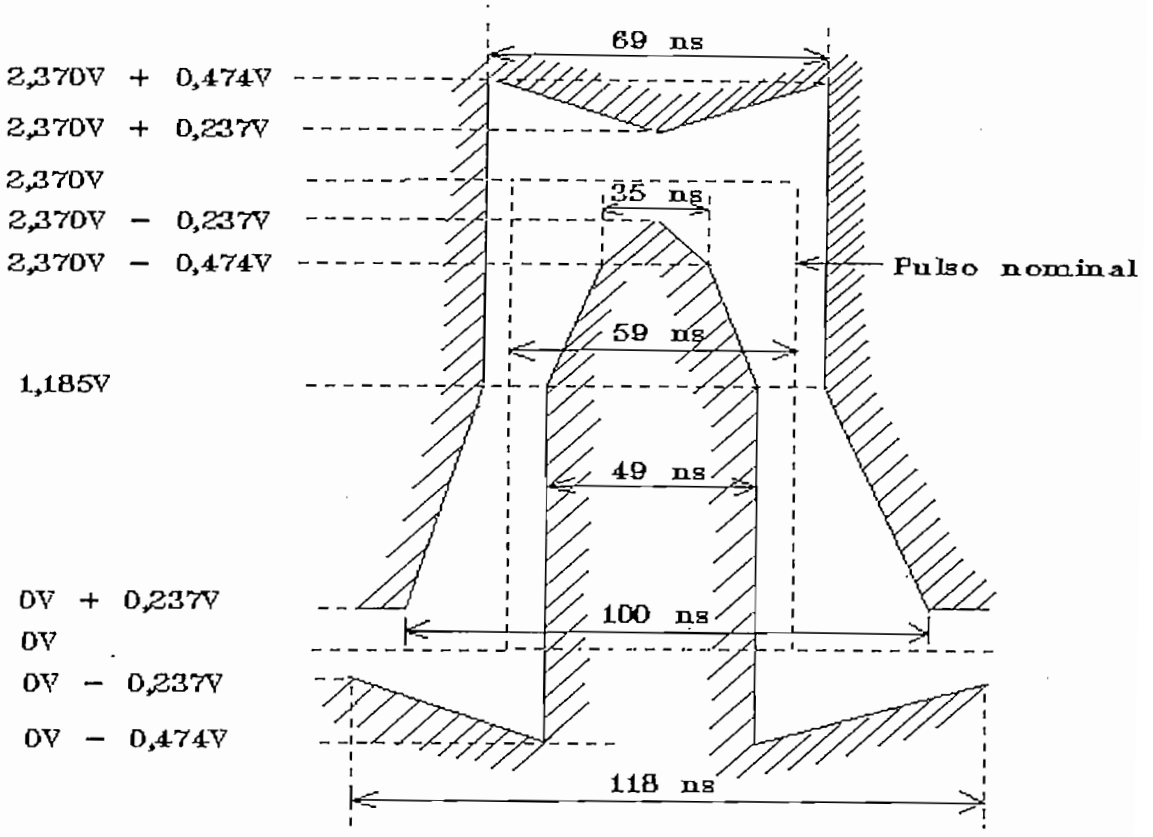


Fig. 3.7 Plantilla para el pulso en el caso de un interfaz a 8448 Kb/s

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS DEL INTERFAZ DE 34 Mb/s

Pulso de reloj de 34M de entrada (34M EXT CLK IN)

Nivel operacional:	+5 a -10 dBm
Frecuencia:	34368 Khz ± 20 ppm
Impedancia:	75 ohmios

Señal digital NRZ de 34M de entrada (34M DATA IN)

Forma de onda:	NRZ
Velocidad de transmisión:	34368 Kb/s

Pulso de reloj de 34M de salida (34M CLK OUT)

Forma de onda:	RZ
Frecuencia:	34368 Khz

Señal digital bipolar de 34M de salida (34M DATA OUT)

Formato:	HDB3
Velocidad de transmisión:	34368 Kb/s ± 20ppm

Amplitud de los pulsos: Ver fig. 3.8

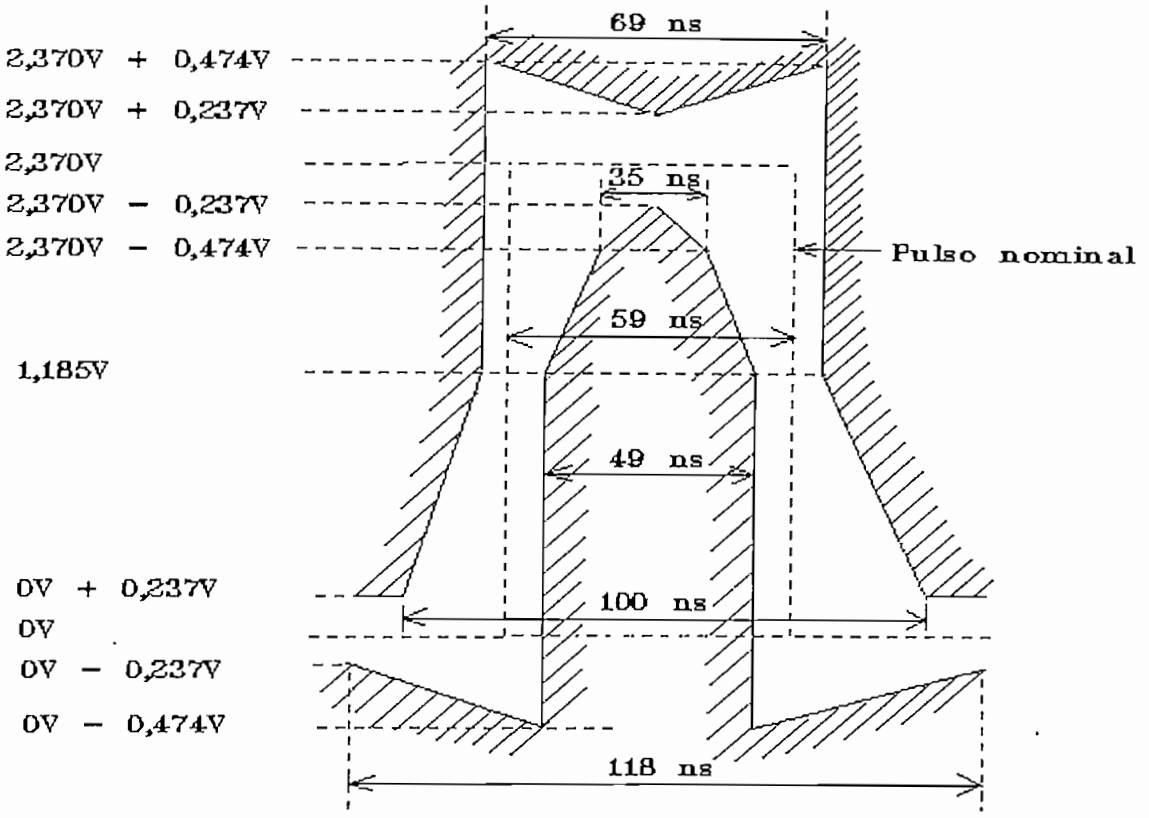


Fig. 3.8 Plantilla para el pulso en el caso de un interfaz a 34368 Kb/s

Como ejemplo demostrativo veamos las unidades de interfaz de transmisión y recepción para 34 Mb/s instaladas en Quito.

UNIDAD DE INTERFAZ DE TRANSMISION

Esta unidad convierte la señal digital NRZ de 34 Mb/s de entrada en una señal digital bipolar de 34 Mb/s codificada en HDB3, lista para ser enviada a través del medio de transmisión hacia el demultiplexor distante. Como se ve en la figura 3.9 la sección de transmisión consta de:

- Codificador HDB3
- Convertidor de unipolar a bipolar
- Oscilador

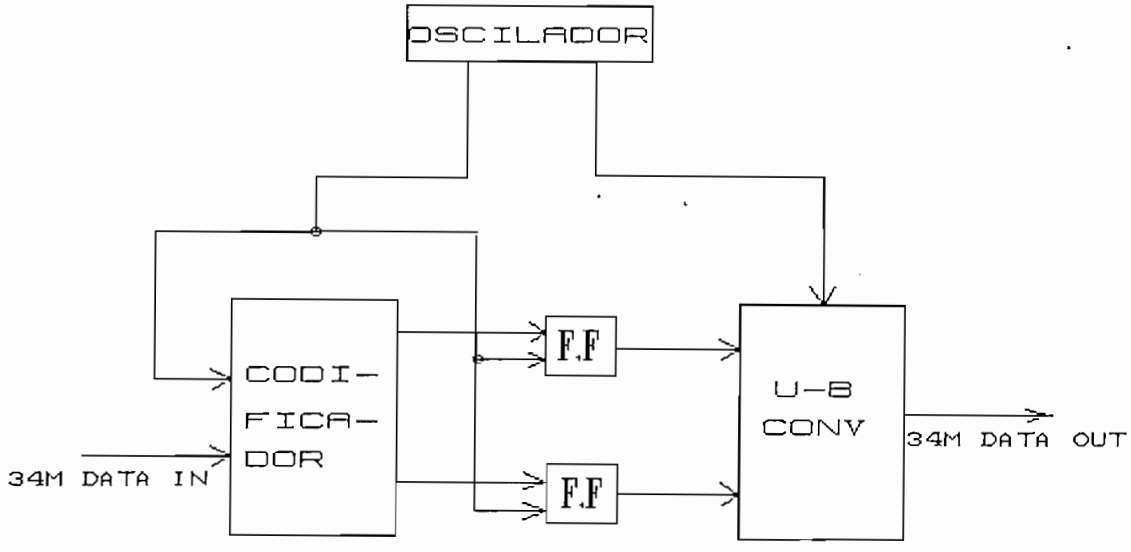


Fig. 3.9 Diagrama en bloques de la unidad de interfaz de transmisión de 34 Mb/s

Codificador HDB3.- Las señales de datos de 34 Mb/s NRZ y de reloj de 34 MHz se codifican a señal bipolar HDB3, separando los datos en 34 Mb/s NRZ(+) y 34 Mb/s NRZ(-) mediante un circuito de control de polaridad y luego esta señal es enviada al convertidor de unipolar en bipolar.

Convertidor de unipolar a bipolar.- Las señales 34 Mb/s NRZ(+) y 34 Mb/s NRZ (-) procedentes del codificador de HDB3 se convierten en señales 34 Mb/s NRZ(+) y 34 Mb/s NRZ(-) con un factor de trabajo del 50% y se aplican al convertidor de unipolar a bipolar de donde sale una señal de datos bipolar de 34 Mb/s.

Oscilador.- Las señales de reloj se suministran mediante una fuente de temporización externa o un oscilador interno.

UNIDAD DE INTERFAZ DE RECEPCION

Esta unidad compensa la pérdida en el cable y convierte la señal digital de 34 Mb/s en señal digital NRZ de 34 Mb/s mediante decodificador de HDB3 y un convertidor de bipolar a unipolar.

También regenera el reloj de 34 MHz a partir de la señal digital bipolar de 34 Mb/s recibida.

En la figura 3.10 se muestra un diagrama de bloques simplificado. Consta de:

- Amplificador con control automático de ganancia
- Convertidor bipolar a unipolar
- Extractor de temporización
- Decodificador HDB3
- Detector de pérdida de señal y AIS

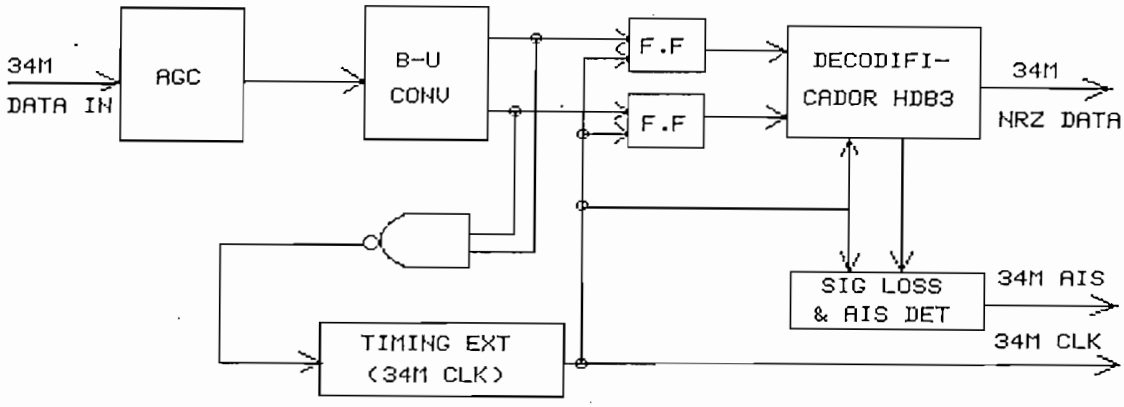


Fig. 3.10 Diagrama en bloques de la unidad de interfaz de recepción de 34 Mb/s

Amplificador con control automático de ganancia.- El amplificador con control automático de ganancia detecta el nivel de la señal digital bipolar de 34 Mb/s entrante para compensar la pérdida en el cable.

Convertidor bipolar a unipolar.- La salida del amplificador de control automático de ganancia se aplica al convertidor bipolar a unipolar en donde la señal bipolar se convierte en señales unipolares 34 Mb/s NRZ(+) y 34 Mb/s NRZ(-) de nivel TTL.

Extractor de temporización.- La señal unipolar salida del

convertidor bipolar a unipolar se convierte en pulsos de reloj de 34 MHz y se suministra al decodificador HDB3 y al circuito externo.

Decodificador HDB3.- Las señales de pulsos unipolares se convierten en señales NRZ mediante los pulsos de reloj de 34 MHz suministrados desde un extractor de temporización. La señal digital 34 Mb/s NRZ decodificada se suministra al detector de pérdida de señal y de AIS y al circuito externo.

Detector de pérdida de señal y de AIS.- Este circuito envía nivel lógico "0" (alarma 34M AIS) a la unidad de alarmas si la entrada de la señal digital de 34 Mb/s es AIS (señal de indicación de alarma).

ALIMENTACION DEL MULTIPLEXOR DE 34 MB/S

Como todo equipo, éste también requiere de fuentes de energía para realizar su trabajo. La energía suministrada al equipo viene desde la unidad de alimentación, la misma que proporciona tres salidas reguladas de +5, -5 y -10 Vdc a partir de una entrada de -48 Vdc. Cada salida dispone de un circuito protector contra sobrecorriente, y un circuito protector contra sobretensión, a fin de evitar que los equipos conectados o la propia unidad de alimentación se puedan dañar debido a una operación anormal.

ALARMAS DEL EQUIPO MULTIPLEXOR DE 2/8/34MB/S

Como es lógico el equipo multiplexor cuenta con una unidad de alarmas, ésta tiene como función monitorear la operación del sistema para ayudar al personal de mantenimiento en la pronta localización de una falla.

Las señales de alarma de estación no se emiten sino hasta después de transcurridos 10 segundos, además cuando se está emitiendo una señal de alarma, ésta permanece por un mínimo de

20 segundos. Al retardo de 10 segundos se llama "tiempo de guarda hacia adelante" y al retardo de 20 segundos se le llama "tiempo de guarda hacia atrás". El tiempo de guarda hacia adelante permite la recuperación automática del sistema sin alarma; esto es, si una falla se soluciona dentro de 10 segundos, no hay salida de alarma. El tiempo de guarda hacia atrás es para mantener una condición de alarma y evitar alarmas intermitentes en caso de fallas recurrentes; es decir, una vez que se ha solucionado la falla, las señales de alarma se mantienen durante 20 segundos antes de ser canceladas.

La estación emite cuatro tipos de alarma que son: servicio, mantenimiento urgente, mantenimiento no urgente y mantenimiento, las cuales pueden ser detectadas mediante la señalización de timbre/lámpara.

Alarma de servicio.- Se emite en las siguientes condiciones:

Se recibe señal de indicación de alarma
Se recibe alarma remota

Alarma de mantenimiento urgente.- Esta alarma es emitida en las siguientes condiciones:

Se pierde la señal entrante de 2 Mb/s
Se pierde la señal saliente de 2 Mb/s
Se pierde la señal entrante de 8 M/s
Se pierde la señal saliente de 8 M/s
Se pierde la señal de alineación de trama de 8 Mb/s
Se pierde la señal de alineación de trama de 34 Mb/s
Se pierde la señal saliente de 34 Mb/s
Se pierde la señal entrante de 34 Mb/s
Fallan las unidades de alimentación

Alarma de mantenimiento no urgente.- Se emite cuando falla una unidad de alimentación en paralelo.

Alarma de mantenimiento.- Se emite cuando existe condición de mantenimiento y se activa cuando se acciona el conmutador de mantenimiento o se solicita bucle remoto desde la estación remota.

CAPITULO 4

MULTIPLEXOR DIGITAL DE 140 MB/S

El equipo multiplexor digital de cuarto orden de 140 Mb/s transmite o multiplexa cuatro sistemas de 34 Mb/s.

Un circuito convertidor eléctrico/óptico se utiliza en el lado de la línea de transmisión en lugar de un circuito convertidor unipolar/bipolar convencional. El circuito convertidor eléctrico/óptico posibilita el uso de fibra óptica, que tiene entre sus características principales, bajas pérdidas y gran ancho de banda. La distancia de transmisión varía grandemente según las pérdidas y la banda de frecuencia de la fibra óptica que se utiliza, pero se estima un máximo de 10 Km. (sin repetidor) con la más avanzada tecnología. Este equipo ejecuta las 2 siguientes funciones principales:

- Multiplexación y demultiplexación para cuatro sistemas de señal de 34 Mb/s (480 canales telefónicos)

- Transmisión de señal de 140 Mb/s (un sistema de 1920 canales telefónicos) utilizando fibra óptica como línea de transmisión.

4.1 MULTIPLEXOR Y DEMULTIPLEXOR

El multiplexor digital de cuarto orden de 140 Mb/s multiplexa cuatro flujos de pulsos digitales de 34,368 Mb/s a un solo flujo de pulsos digitales de 139,264 Mb/s. En el lado de recepción demultiplexa a cuatro señales digitales de 34,368 Mb/s para regenerar los flujos de pulsos digitales originales.

El multiplexor que se estudiará está diseñado de conformidad

con la recomendación G.751 del CCITT, la misma que determina el entrelazado cíclico de los bits, según el orden de numeración de los afluentes y utiliza justificación positiva para la combinación de flujos digitales de baja velocidad asíncronos en un solo flujo de alta velocidad. La justificación positiva debe indicarse por la señal 11111 y la ausencia de justificación por la señal 00000 en los bits de control de justificación.

El método de realizar la sincronización de relleno de pulsos, consiste en llevar las velocidades de símbolo de cada una de las líneas entrantes hasta alguna velocidad común, insertando pulsos ficticios antes del multiplexaje. Después de la multiplexación, los pulsos ficticios se eliminan y cada una de las señales vuelven a ser temporizadas.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS DEL MULTIPLEXOR DIGITAL DE CUARTO ORDEN

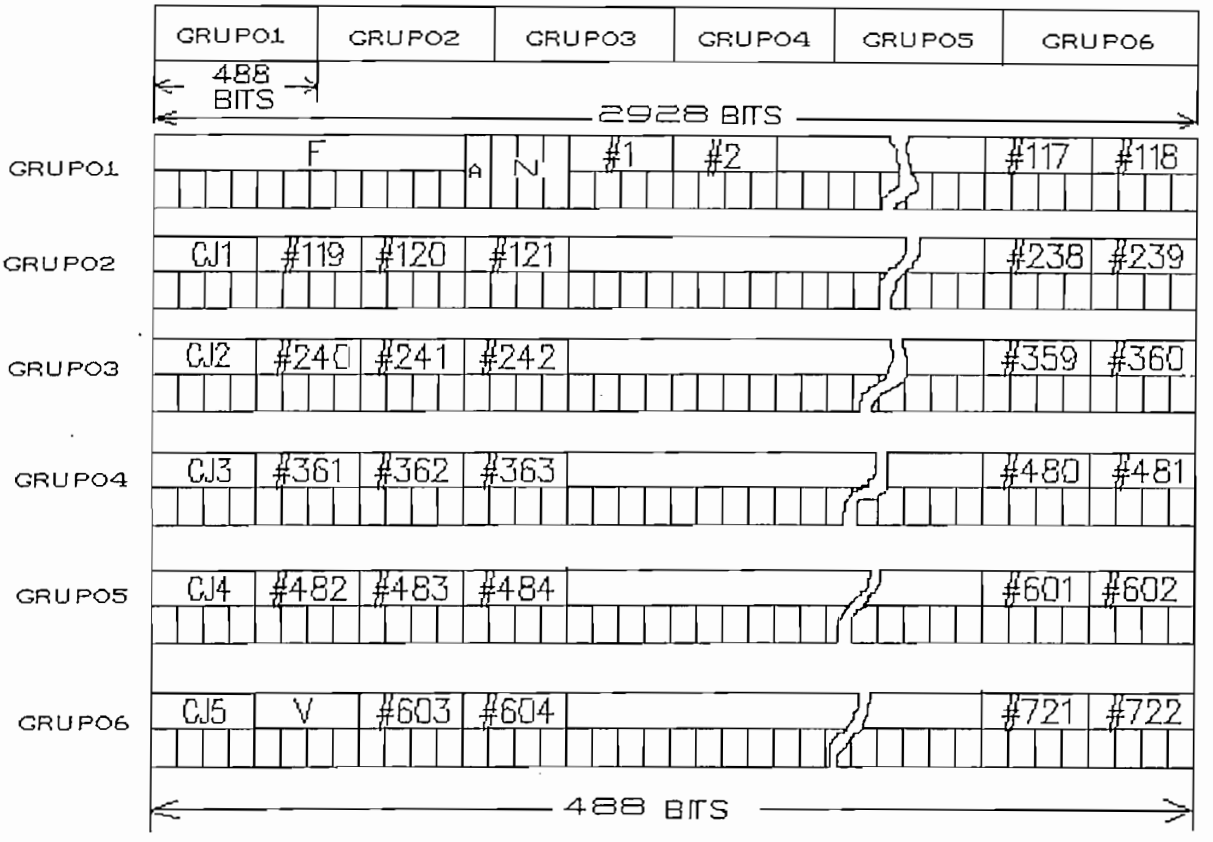
Parámetros del sistema en conformidad con la Rec. G-751[1]

Capacidad de multiplexor:	4 flujos de pulsos de 34,368 Mb/s a un flujo de pulsos de 139,264 Mb/s
Número de tributarios:	4
Número de canales telefónicos	
por tributario:	480
en señal multiplexada:	1920
Método de multiplexación:	Intercalación de bits
Sincronización:	11111: estado de relleno 00000: estado de no relleno.
Mensaje de alineación de trama:	12 bits (111110100000)
Longitud de trama:	2928 bits por trama.
Bits por tributario:	732 bits/trama

[1] Libro Azul del CCITT, fascículo III.4

4.1.1 Estructura de trama del multiplexor de 140 Mb/s

La figura 4.1 muestra la estructura de una trama del multiplexor digital de 140 Mb/s.



F: *señal de alineación de trama (111110100000)*
A: *se usa para la transmisión de alarmas*
#1 a #722: *intervalos de tiempo para transmisión de datos de tributarios*
CJ1 a CJ5: *bits de control de justificación*
V: *bits desde tributarios disponibles para justificación*
N: *bit reservado para uso nacional o para señal de control del conmutador de protección*

Fig. 4.1 Estructura de trama del multiplexor de 140 Mb/s.

PERDIDA Y RECUPERACION DE ALINEACION DE TRAMA

Se considerará perdida la alineación de trama cuando se

reciban en sus posiciones previstas, cuatro señales consecutivas de alineación de trama en forma incorrecta.

El dispositivo de alineación de trama decidirá que se ha recuperado efectivamente la alineación de trama cuando se detecte correctamente la presencia de tres señales consecutivas de alineación de trama.

INTERFAZ DE 140 Mb/s.

Velocidad de bits:	139,264 Mb/s ± 15ppm
Impedancia:	75 ohmios, cable coaxial
Formato de código:	señal NRZ
Amplitud de pulso de salida, nivel lógico y fase	
Amplitud y fase:	Ver figura 4.2
Nivel lógico:	Lógico "1": -1V ± 0.1V
	Lógico "0": 0V ± 0.1V.

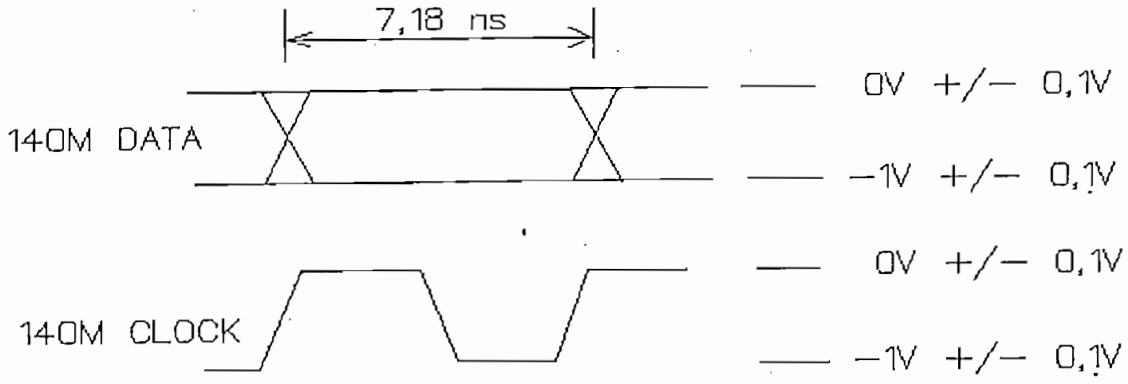


Fig. 4.2 Amplitud y frecuencia de la salida digital de 140 Mb/s

4.1.2 Descripción funcional del multiplexor de 140 Mb/s

FUNCION DE TRANSMISION

La señal digital HDB3 de 34,368 Mb/s se aplica desde el

multiplexor digital de tercer orden a la unidad de emisión de canal (tributario) (34M CH). Esta señal de entrada bipolar se convierte a pulso unipolar mediante la unidad 34 M CH, y la señal de reloj se extrae de la señal de entrada.

La señal bipolar HDB3 decodificada y convertida a unipolar se almacena en una memoria elástica de 8 bits. El dato almacenado en la memoria elástica es leído bajo el control de la operación de relleno de pulsos, sincronizados con la frecuencia de 34,816 Mhz, que es un cuarto de la frecuencia de una señal digital de cuarto orden.

La señal de alineación de trama, la señal de control de justificación y la señal de transmisión de alarma se insertan en los intervalos de tiempo especificados de las cuatro señales síncronas aplicadas desde las unidades 34 M CH. Las señales digitales de tercer orden son simplemente multiplexadas bit por bit, y así son convertidas a señal digital de cuarto orden, la cual es enviada a la unidad convertidora eléctrico-óptica.

FUNCION DE RECEPCION

EL demultiplexor recibe un pulso de reloj y una señal digital de cuarto orden de 139,264 Mb/s. La señal de alineación de trama del demultiplexor es desplazada inhibiendo la señal de reloj de 139,264 Mhz hasta que la posición de tiempo de esta señal de alineación de trama coincida con la señal de alineación de trama contenida en la señal digital de cuarto orden de entrada. De este modo se establece la sincronización de trama.

Al mismo tiempo, la señal digital de cuarto orden se demultiplexa a señales digitales de tercer orden. Las señales digitales de tercer orden son decodificadas, y se producen los pulsos de reloj de escritura para la memoria de recepción, conforme con la información de los bits de control de justificación. En la unidad de recepción de canal de 34 Mb/s, la señal de 34,816 Mb/s decodificada es almacenada, en una

memoria de 10 bits, mediante el pulso de reloj de escritura. Los datos almacenados en esta memoria son leídos por el pulso de reloj de 34,368 MHz. La señal digital de tercer orden unipolar es convertida a bipolar mediante un convertidor unipolar/bipolar y posteriormente es convertida a código HDB3.

El multiplexor digital de 140 Mb/s consta de:

a) Sistema de justificación
b) Sistema de sincronización
c) Sistema de codificación

a) SISTEMA DE JUSTIFICACION

La sincronización de bits se logra con justificación positiva. Esta técnica permite que ocurran simultáneamente los procesos de sincronización de bit y de multiplexación. Es decir, los cuatro flujos de baja velocidad se sincronizan al mismo tiempo que los datos procedentes de los cuatro tributarios se integran a una velocidad de bit común.

El reloj de 140 MHz para transmisión se divide en cuatro señales de reloj de 34816 Khz. Las cuatro señales se distribuyen a los pulsos de los tributarios correspondientes. La misma operación se ejecuta para el reloj de 140 MHz de recepción. Las señales de temporización para multiplexación se llaman reloj de 34 MHz para transmisión, y las señales de reloj para la separación de los datos a las señales tributarias se llaman reloj de 34 MHz para recepción. Ver figura 4.3.

Las señales de reloj de 34816 KHz se utilizan para leer los datos de una memoria intermedia. Una compuerta por la que pasa la señal de reloj de 34816 KHz se controla con un circuito del multiplexor y con un circuito de inserción de relleno. Cuando se insertan los bits suplementarios (tales como los bits de alineación de trama, de alarma remota, de uso futuro, de control de justificación y de relleno) en el flujo de 140 Mb/s, se

Los relojes de 34 MHz de lectura y escritura para transmisión tienen una precisión aproximadamente de ± 15 ppm. Para compensar estas variaciones se utiliza un comparador de fase con un umbral fijo. Cuando se pasa el umbral, el reloj de lectura está a punto de leer de nuevo el bit previo; para evitar esto, el comparador de fase envía una solicitud de relleno al circuito de inserción de relleno. Al recibir la señal de solicitud de relleno, el circuito de relleno controla la compuerta, para detener el pulso de reloj de 34816 Khz del intervalo de tiempo 603 del tributario. Como lleva datos o bits de relleno para el tributario correspondiente, esta posición de bits se conoce también como bit variable (V). Después de detener el pulso de reloj de 34368 Khz, el circuito de relleno envía una señal de control al multiplexor para insertar "11111" como bits de control de justificación en la trama de 140 Mb/s.

Como se indica en la figura 4.1 los cuatro primeros bits de los grupos 2,3,4,5 y 6 contienen los bits de control de justificación (cinco para cada tributario). Si se envía "00000", se indica que el bit de justificación contiene información. Si se envía "11111", el bit de justificación contiene un pulso ficticio o de relleno.

En el lado de recepción del equipo multiplexor, un criterio de mayoría determina si el bit de justificación está o no llevando información para el tributario: Si tres o más de los bits de justificación son 0, el bit de justificación está llevando información para el tributario; si tres o más de los bits de control de justificación son 1, el bit de justificación se debe ignorar, pues su contenido no se registra en la memoria temporal del canal de recepción. Esta acción se conoce como extracción del bit de relleno y se logra interrumpiendo el pulso de reloj que pertenece al bit de justificación.

b) SINCRONIZACION

Es necesario sincronizar la sección de recepción con una

señal digital de cuarto orden que contiene una señal de alineación de trama y es enviada desde el lado de transmisión.

En la figura 4.4 se muestra el circuito de alineación de trama de 140 Mb/s.

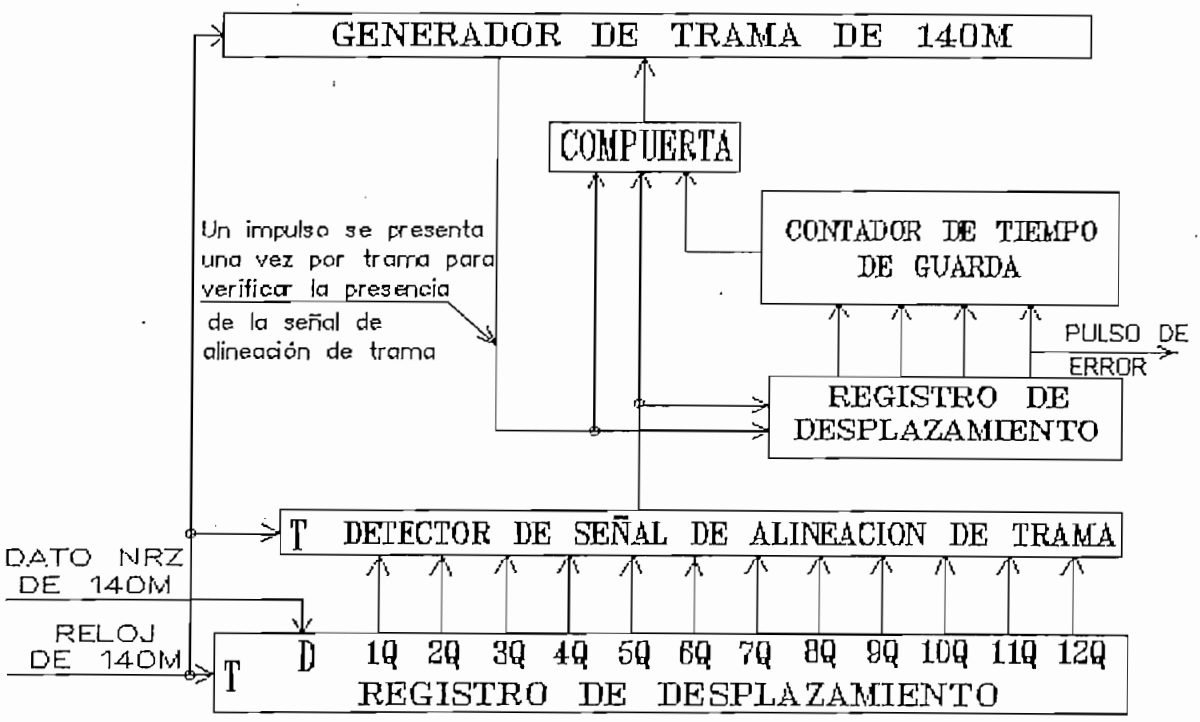


Fig. 4.4 Circuito de alineación de trama de 140M

Dado que el lado de recepción tiene un juego de contadores idéntico al del lado de transmisión para generar la estructura de trama de 140 Mb/s, es posible recuperar correctamente los datos de la señal entrante a este circuito. Esto se hace activando el generador de trama de 140 Mb/s al mismo tiempo que comienza la trama de la señal entrante. Al acoplamiento del generador de trama de 140 Mb/s con la señal entrante se le llama alineación de trama, y al patrón que sirve como referencia para el circuito al que hay que sincronizar se le llama señal de alineación de trama y consta de 12 bits: 111110100000.

Si no está presente la señal de alineación de trama (FAS) durante cuatro tramas consecutivas se asume que ha perdido su alineación y se detiene el generador de trama de 140 Mb/s. La duración de estas cuatro tramas se conoce con el nombre de "tiempo de guarda hacia adelante". Este tiempo de guarda permite que la línea permanezca operacional a pesar de los errores esporádicos producidos en la línea de transmisión.

Las acciones para recuperarse de la pérdida de alineación de trama se inician solamente después de haberse perdido la señal de alineación de trama por cuatro veces consecutivas. Para volver a alinearse el receptor, se requiere la detección de tres señales de alineación de trama consecutivas. La duración de estas tres tramas se llama "tiempo de guarda hacia atrás", porque éste permite que el sistema ignore una falsa señal de alineación de trama (aquellas secuencias de bits con el mismo patrón que la señal de alineación de trama, pero que no ocurren periódicamente).

c) CODIFICACION

Para transmitir señales digitales de 140 Mb/s es recomendable una señal bipolar cuya densidad de marca sea de 50%. La densidad de marca de 50% equilibra los contenidos de datos en el par de transmisión, para eliminar la fluctuación de DC en la línea. También es preferible tener marcas en lugar de espacios en la línea cuando se transmiten largas secuencias de ceros, porque las marcas son requeridas por los receptores para extraer la señal de temporización adecuada. El código CMI satisface estos dos requisitos sin alterar el contenido.

La transmisión de más alta velocidad requiere más rápida respuesta. Por esto, la señal codificada CMI tiene transiciones de 1.0 V pico a pico en oposición a 2.0 V pico a pico de la señal bipolar de HDB3. La señal binaria que se aplica al codificador CMI utiliza un nivel alto para representar una marca (uno) y un nivel bajo para representar un espacio (cero). Esta señal

binaria (NRZ) se procesa así:

i) Las marcas (unos) se invierten alternadamente; sin embargo como la salida del codificador también tiene dos niveles, la inversión significa que si la previa marca fue una salida de nivel bajo, la marca presente será una salida con nivel alto, la siguiente marca será salida de bajo nivel, y así sucesivamente.

ii) Los espacios (ceros) siempre se codifican como una combinación de niveles alto y bajo, es decir, el nivel bajo es salida para el 50% del período, y el nivel alto se envía durante el otro 50% del período.

Además en el multiplexor digital de cuarto orden se ejecutan varias operaciones de monitoreo para detectar una avería en el sistema, lo que se indica mediante alarmas para tomar las medidas correspondientes.

4.2 CONVERTIDOR ELECTRICO-OPTICO Y OPTICO-ELECTRICO

4.2.1 Convertidor eléctrico-óptico E/O

En la figura 4.5 se muestra un diagrama en bloques del convertidor E/O.

El convertidor E/O consta de los siguientes bloques funcionales:

a. control de modalidad, equipo terminal de línea (LTE)-repetidor (REP)
b. convertidor NRZ/RZ
c. excitador de diodo láser (DL)
d. alarmas
e. control de polarización de diodo láser

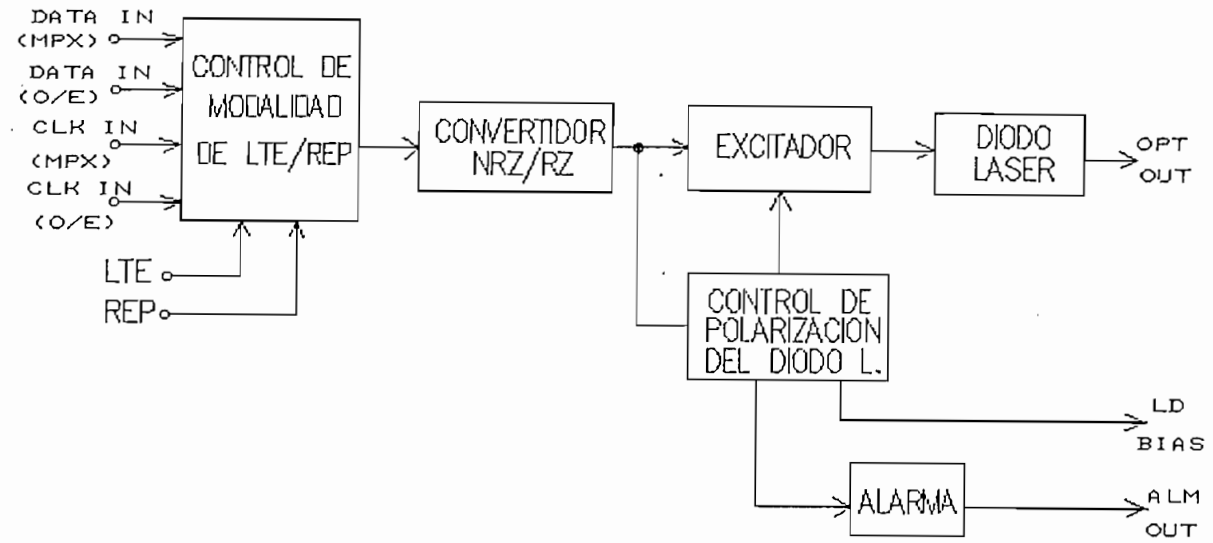


Fig. 4.5 Diagrama en bloques del convertidor E/O

a) CONTROL DE MODALIDAD LTE/REP

Este circuito consta de un circuito integrado lógico de emisor acoplado y selecciona una modalidad de operación entre LTE y REP. En la modalidad LTE, la señal eléctrica (dato y reloj) procedente del multiplexor de 140 Mb/s es alimentada al convertidor NRZ/RZ y la señal eléctrica procedente del convertidor O/E (dato y reloj) es inhibida. En la modalidad REP, la señal eléctrica procedente del multiplexor de 140 Mb/s es inhibida y la señal eléctrica procedente del convertidor O/E es alimentada al convertidor NRZ/RZ.

b) CONVERTIDOR NRZ/RZ

Este circuito convierte la señal de dato NRZ a señal de dato RZ que excita el diodo láser (DL). Una vez que la señal de dato NRZ procedente del circuito de control de modalidad LTE/REP ha sido retemporizada y regenerada por el flip-flop tipo D, es convertida en una señal de dato RZ con un factor de trabajo de

60% para obtener una forma de onda de salida óptica con un factor de trabajo de 50%, y así compensar el retardo de oscilación de diodo láser.

c) EXCITADOR DEL DL CON CONTROL AUTOMATICO DE POTENCIA (APC)

El excitador del DL genera un pulso de corriente RZ el cual se aplica al diodo láser juntamente con una corriente de polarización DC. El ajuste apropiado del pulso de corriente y de la corriente de polarización DC hace posible la obtención de la salida óptica con un factor de trabajo de 50%.

Generalmente, las características del diodo láser (la corriente umbral en particular) dependen grandemente de la temperatura. Si tanto la corriente de pulso RZ como la corriente de polarización DC se mantienen constantes, la potencia de salida óptica varía según los cambios de la temperatura y la duración de la vida del diodo láser disminuye. Para mantener constante la potencia de salida óptica del diodo láser contra tales cambios, se provee un circuito de control automático de potencia (APC) para formar un bucle de realimentación.

El circuito APC consta de un diodo PIN y de un circuito controlador de polarización.

El diodo PIN detecta el nivel de la potencia óptica media del haz posterior del diodo láser, que es proporcional a la potencia de salida óptica frontal. El circuito controlador de polarización controla la corriente de polarización DC de tal modo que compensa la diferencia entre el nivel detectado y el nivel de referencia correspondiente a la salida óptica estándar. De este modo, la salida óptica del diodo láser se puede mantener constante. Este circuito también monitorea la corriente de polarización DC del diodo láser, y provee una indicación de la condición de excitación del diodo láser al circuito de alarmas.

d) CIRCUITO DE ALARMAS

Se tienen dos tipos de alarmas: la alarma S OUT y la alarma LD BIAS. La alarma S OUT indica una caída del nivel de salida óptica, que se detecta monitoreando la salida del fotodiodo PIN en el circuito de control automático de potencia. La alarma se inicia por la caída de nivel de aproximadamente. La alarma LD BIAS indica un aumento de la corriente de polarización DC del diodo láser, que se detecta mediante el circuito controlador de polarización. Si se aumenta la corriente de polarización DC sobrepasando el valor de 160 o 170 mA se inicia una alarma para avisar que se ha deteriorado el diodo láser.

e) CONTROL DE POLARIZACION DEL DIODO LASER

El circuito controlador de polarización del DL da salida a una señal de monitoreo, que muestra el estado de suministro de corriente de polarización DC del diodo láser. La señal de monitoreo es enviada al circuito controlador de potencia que se provee con un terminal de comprobación "LD BIAS MON". La tensión se puede monitorear con un voltímetro de impedancia interna 100 Kohmios.

4.2.2 Convertidor óptico-eléctrico O/E

El convertidor óptico-eléctrico O/E consta de un control automático de ganancia, de un circuito extractor de temporización y de un circuito de alarmas. En la figura 4.6 se muestra el diagrama en bloques.

CIRCUITO DE CONTROL AUTOMATICO DE GANANCIA (AGC)

El circuito de AGC consta de un fotodiodo de avalancha (APD), de un preamplificador, de un amplificador de AGC, de un amplificador ecualizador, de un convertidor de DC/DC y de un detector de pico. Este circuito mantiene constante la amplitud de la forma de onda de salida del ecualizador. La señal óptica

recibida se detecta por un APD y es convertida a una señal eléctrica. Para que el APD tenga un efecto de amplificación se requiere una tensión alta de unos 30 V. Esta tensión se puede obtener convirtiendo una tensión de +6 VDC en el convertidor DC/DC.

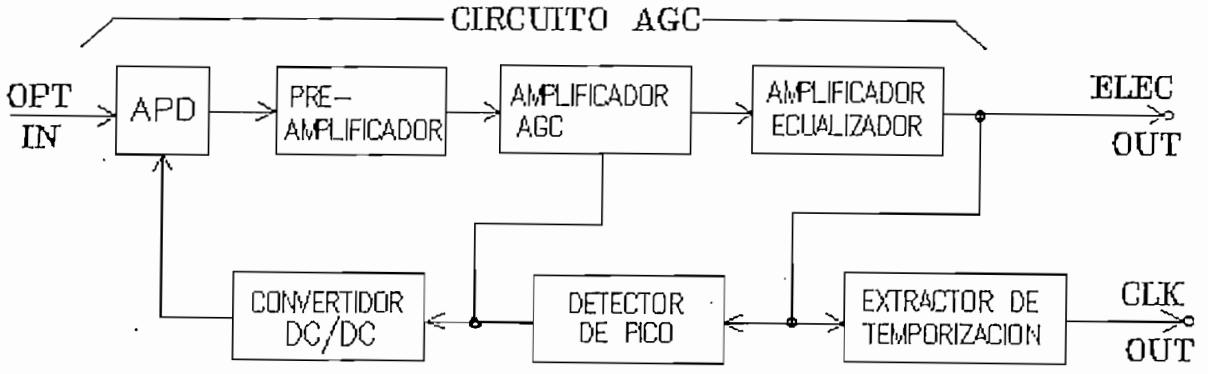


Fig. 4.6 Diagrama en bloques del convertidor O/E

En el circuito de AGC se utilizan dos técnicas de control relacionadas: la una es un AGC completo que cambia el factor de multiplicación del APD y la otra es un AGC eléctrico que cambia la ganancia del amplificador AGC. El circuito completo AGC opera cambiando la tensión de entrada del convertidor DC/DC a una gama de nivel bajo de entrada óptica. En una gama de nivel alto de entrada óptica, el circuito AGC eléctrico opera cambiando la tensión de control del amplificador del AGC. Si el nivel cae gradualmente, el AGC eléctrico alcanza el punto de saturación (la ganancia se fija), y es conmutado a AGC completo. De este modo, los dos tipos de circuitos AGC posibilitan la obtención de una gama dinámica de entrada de +20dB en la potencia óptica.

El amplificador ecualizador consta de un ecualizador y de dos amplificadores simples planos. El ecualizador provee la forma de onda de ecualización óptica, en consideración de la relación de señal a ruido (S/N) y de la interferencia intersímbolo. Los amplificadores planos están conectados a la

entrada y salida del ecualizador y sus ganancias son fijas.

CIRCUITO EXTRACTOR DE TEMPORIZACION

Este circuito extrae los componentes de temporización desde las señales recibidas que son ecualizadas y amplificadas por los circuitos antes mencionados.

CIRCUITO DE ALARMAS

El circuito de alarmas detecta e indica la caída del nivel de la señal óptica recibida. Los componentes de temporización extraídos por el circuito extractor de temporización los monitorea este circuito. Si se corta el nivel de la señal óptica recibida, el componente de temporización cae y el circuito inicia una alarma.

4.3 FIBRA OPTICA UTILIZADA EN EL SISTEMA DE 140 Mb/s

La idea de utilizar la luz para la comunicación no es nueva, aunque solo tras la invención del láser la investigación se ha dirigido hacia la realización de un sistema de transmisión óptico, que debido a la alta frecuencia de la portadora utilizada podría permitir la transmisión de una enorme cantidad de información.

A partir de aquí, los estudios se han orientado principalmente a examinar las tres partes fundamentales de un sistema de transmisión óptico:

- El medio de transmisión en sí mismo;
- Las fuentes ópticas (en la zona visible o en el infrarrojo próximo) moduladas por la señal que lleva información;
- El receptor óptico, que extrae de la portadora óptica modulada, una señal en banda base prácticamente igual a la

señal presente a la entrada.

4.3.1 Estructura de la fibra y modos de propagación

Como se indicó en el capítulo 1, una fibra óptica consiste de una región central llamada fibra de vidrio, por donde se propaga la luz. El núcleo está envuelto en una materia de revestimiento de vidrio o plástico, cuyo índice de refracción es un poco inferior al del núcleo.

Tanto las composiciones del material del núcleo y del recubrimiento, así como las dimensiones y perfiles de índice, determinan las características de atenuación óptica y dispersión de señales de la fibra. Estos también dependen de la longitud de onda que se emplea.

Los trayectos que siguen los rayos de luz (modos), difieren según sea el ángulo que forman con el eje; así, los diferentes modos en un impulso alcanzarán el extremo opuesto de la fibra al cabo de tiempos diferentes, dando lugar a un ensanche de impulso con la consecuente limitación de la velocidad binaria de la señal digital que puede transmitirse.

Se logra casi igualar la velocidad de los modos empleando una fibra de índice gradual, en cuyo caso el índice de reflexión varía suavemente desde el centro, dando como resultado que el tiempo que tardan los diferentes rayos para ir de un extremo a otro sea aproximadamente igual, aunque sigan trayectos diferentes. Con esta igualación de la velocidad de propagación, se puede reducir el ensanchamiento del pulso.

Una fibra ideal tendría un núcleo circular, perfectamente centrado en una envoltura circular, con diámetros de núcleo y envoltura constantes en toda la longitud de la fibra y entre varias fibras del mismo tipo. La apertura numérica de la fibra y los índices de refracción del núcleo y de la envoltura también serán constantes en toda la longitud de la fibra.

Las desviaciones de estos ideales en las fibras comerciales son la causa principal de las pérdidas en empalmes y conectores bien hechos. Las fibras también tienen que estar bien cortadas para producir un empalme de baja pérdida.

Las fibras ópticas son frágiles en sí, y es necesario cablearlas para que resistan la instalación y los ambientes, a menudo hostiles, en los que deberían trabajar de modo fiable.

4.3.2 Fuentes ópticas y detectores

a) FUENTES OPTICAS

Las fuentes ópticas son necesarias para convertir las señales eléctricas en señales ópticas, actuando como transductores electro-ópticos en los extremos de transmisión. Los emisores han de ser elementos de pequeño tamaño y bajo consumo, capaces de ser modulados a altas velocidades, estables con la temperatura, con alta pureza espectral y gran potencia de emisión.

Las fuentes de luz constituidas por semiconductores, son casi siempre moduladas directamente por la corriente de la señal eléctrica aplicada. El diseño del emisor óptico está determinado principalmente por las características de la potencia óptica/corriente de excitación de la fuente. El circuito de excitación del emisor, conmuta la corriente que modula a la fuente. En caso de un LED, accionado por una señal binaria, esto implica la conmutación entre una corriente nula o casi nula y una corriente máxima prefijada. No puede aplicarse la misma técnica a los láser porque la variación de corriente de umbral con la temperatura requiere èl empleo de un circuito de realimentación. Los sistemas láser suelen tener un sistema de control por realimentación, mediante el cual un fotodiodo detecta la potencia óptica emitida, y su corriente se utiliza en un circuito de realimentación que asegura que el láser funcione dentro de los límites definidos en el diseño.

b) DETECTORES OPTICOS

Todos los sistemas implementados con fibra óptica como medio de transmisión requieren de un transductor de potencia óptica a potencia eléctrica, para lo que se usa el fotodetector. El receptor para los sistemas de comunicación óptica sólo requiere un detector del nivel de potencia de la luz que llega y no un demodulador.

El receptor debe tener alta eficiencia, rápida respuesta y bajo ruido para obtener la relación señal/ruido y tasa de error deseadas, con el mínimo de potencia óptica recibido.

Estos dispositivos pueden clasificarse en dos categorías principales:

- Diodos p-i-n, que originan un electrón por aproximadamente cada fotón incidente.
- Fotodiodos de avalancha (APD) que producen de 10 a 100 electrones por cada fotón incidente.

Ambos tipos se utilizan para diferentes aplicaciones y su fiabilidad es satisfactoria para sistemas ópticos que funcionan en las regiones de longitudes de onda 0.8 - 0.9 um.

4.3.3 Características de los sistemas digitales de fibras ópticas

Para la realización práctica de sistemas de fibra óptica es necesario utilizar elementos de interconexión como empalmes y conectores. Las pérdidas que introducen estos dispositivos pueden constituir un factor muy importante en el diseño de los sistemas, particularmente en enlaces de gran longitud.

El empalme sirve para conectar permanentemente secciones de cables de fibras, en aplicaciones donde la longitud del sistema supera a la longitud normalizada de fabricación de las secciones

de cable, o donde limitaciones de orden práctico restringen las longitudes de cable que pueden ser instaladas. Por ejemplo en Quito, de acuerdo a información del Departamento de Planta Externa de EMETEL, la longitud normalizada del carrete de fibra óptica de tecnología japonesa es 2000 mts, por lo que los empalmes se realizan a esa distancia.

El conector, por definición es un elemento separable y es usado cuando es necesario o deseable poder conectar y desconectar las fibras fácilmente. Este requerimiento tiene que ver principalmente con bastidores de distribución y equipos.

El objetivo principal de un empalme o conector es alinear con precisión los núcleos de cada una de las dos fibras que van a ser unidas.

La ejecución técnica de sistemas de transmisión ópticos depende en gran parte del tipo de señales a transmitir (por ejemplo, señales digitalizadas de voz, de audio, de imagen, etc), que son las que van a activar los emisores ópticos.

Existen equipos terminales de línea que son dispositivos de unión entre los equipos múltiplex o demás fuentes y receptores de señales y el cable de fibra óptica. Las señales recibidas son amplificadas o regeneradas del lado receptor de los equipos terminales de línea y de los amplificadores intermedios.

La separación entre los amplificadores intermedios o regeneradores dependen de las propiedades de la fibra óptica (atenuación, dispersión), de los transductores optoeléctricos (longitud de onda, potencia de emisión, ancho de banda espectral, sensibilidad del receptor) y del tipo de señales a transmitir (ancho de banda).

Para la transmisión de señales eléctricas a través de fibra óptica se emplean transmisores ópticos cuyos componentes más importantes son el transductor electro-óptico como emisor

lumínico al comienzo del tramo, el tramo óptico propiamente dicho, y el transductor optoeléctrico como receptor lumínico al término del tramo.

A continuación se muestran algunas de las características del sistema de transmisión por fibra óptica utilizada en los enlaces intercentrales de Quito para una velocidad de bit de línea de 139.264 Kb/s.

Parámetros del sistema

Línea de transmisión óptica:	Fibra óptica de índice gradual con diámetro de núcleo de 50um
Transmisores ópticos:	Diodos láser
Detectores ópticos:	Fotodiodos de avalancha (APD)
Longitud de onda de luz nominal:	0.85 um
Formato de código:	Unipolar
Promedio de potencia de salida de fuente óptica:	- 4.5 dBm
Sensibilidad del receptor	- 46 dBm para una proporción de error de $1*10^{-11}$

Especificaciones ópticas del cable

Número de fibras:	4, 6 o 10
Perfil de la fibra:	multimodo, índice gradual
Pérdida a 0.85 um	
Cable de 4 fibras:	3.0 dB/km
Cable de 6 fibras:	4.0 dB/km
Cable de 10 fibras:	4.0 dB/km
Ancho de banda	
Cable de 4 fibras:	700 MHz.km
Cable de 6 fibras:	400 MHz.km
Cable de 10 fibras:	400 MHz.km

4.4 MAPA DE ENLACES DE LA RED TELEFONICA DE QUITO

En la red telefónica de Quito se debe considerar las centrales analógicas y digitales, cuya tecnología y capacidad a Julio de 1993 se muestran en el cuadro 4.1[2].

CENTRAL TELEFONICA	ABREV.	TECNOLOGIA	CAPACIDAD
COTOCOLLAO 1	*CO1*	*ERICSSON ARF*	*10000*
COTOCOLLAO 2	*C02*	*ALCATEL E10B*	*10000*
IÑAQUITO 1	*IQ1*	*ERICSSON AGF*	*10000*
IÑAQUITO 2	*IQ2*	*ERICSSON ARF*	*10000*
IÑAQUITO 3	*IQ3*	*NEC NEAX 61*	*20000*
IÑAQUITO 4	*IQ4*	*ALCATEL E10B*	*10000*
MARISCAL SUCRE 1	*MS1*	*ERICSSON AGF*	*10000*
MARISCAL SUCRE 2	*MS2*	*ERICSSON ARF*	*10000*
MARISCAL SUCRE 3	*MS3*	*ERICSSON ARF*	*10000*
MARISCAL SUCRE 4	*MS4*	*ERICSSON ARF*	*5000*
MARISCAL SUCRE 5	*MS5*	*NEC NEAX 61*	*15000*
MARISCAL SUCRE 6	*MS6*	*NEC NEAX 61*	*10000*
QUITO CENTRO 1	*QC1*	*ERICSSON AGF*	*10000*
QUITO CENTRO 2	*QC2*	*ERICSSON ARF*	*10000*
QUITO CENTRO 3	*QC3*	*ERICSSON ARF*	*4000*
QUITO CENTRO 4	*QC4*	*NEC NEAX 61*	*1000*
VILLAFLORA 1	*VF1*	*ERICSSON AGF*	*10000*
VILLAFLORA 2	*VF2*	*ERICSSON ARF*	*5000*
VILLAFLORA 3	*VF3*	*ALCATEL E10B*	*10000*
PINTADO	*PTD*	*NEC NEAX 61*	*10000*
CARCELEN	*CLN*	*NEC NEAX 61*	*10000*
LA LUZ	*LLZ*	*NEC NEAX 61*	*10000*
MONJAS	*MJS*	*NEC NEAX 61*	*5000*
GUAMANI	*GMN*	*NEC NEAX 61*	*5000*
GUAJALO	*GJL*	*ALCATEL E10B*	*10000*

Puntualizaciones:

IQ1, IQ2, IQ3, e IQ4	*Es la zona IÑAQUITO*
MS1, MS2, MS3, MS4, MS5 y MS6	*Es la zona MARISCAL SUCRE*
QC1, QC2, QC3, QC4,	*Es la zona QUITO CENTRO, ademas tránsito y tándem*
VF1, VF2, Y VF3	*Es la zona VILLAFLORA*

CUADRO 4.1 Centrales telefónicas de Quito

[2] Tomado de informes de Conmutación telefónica de EMETEL

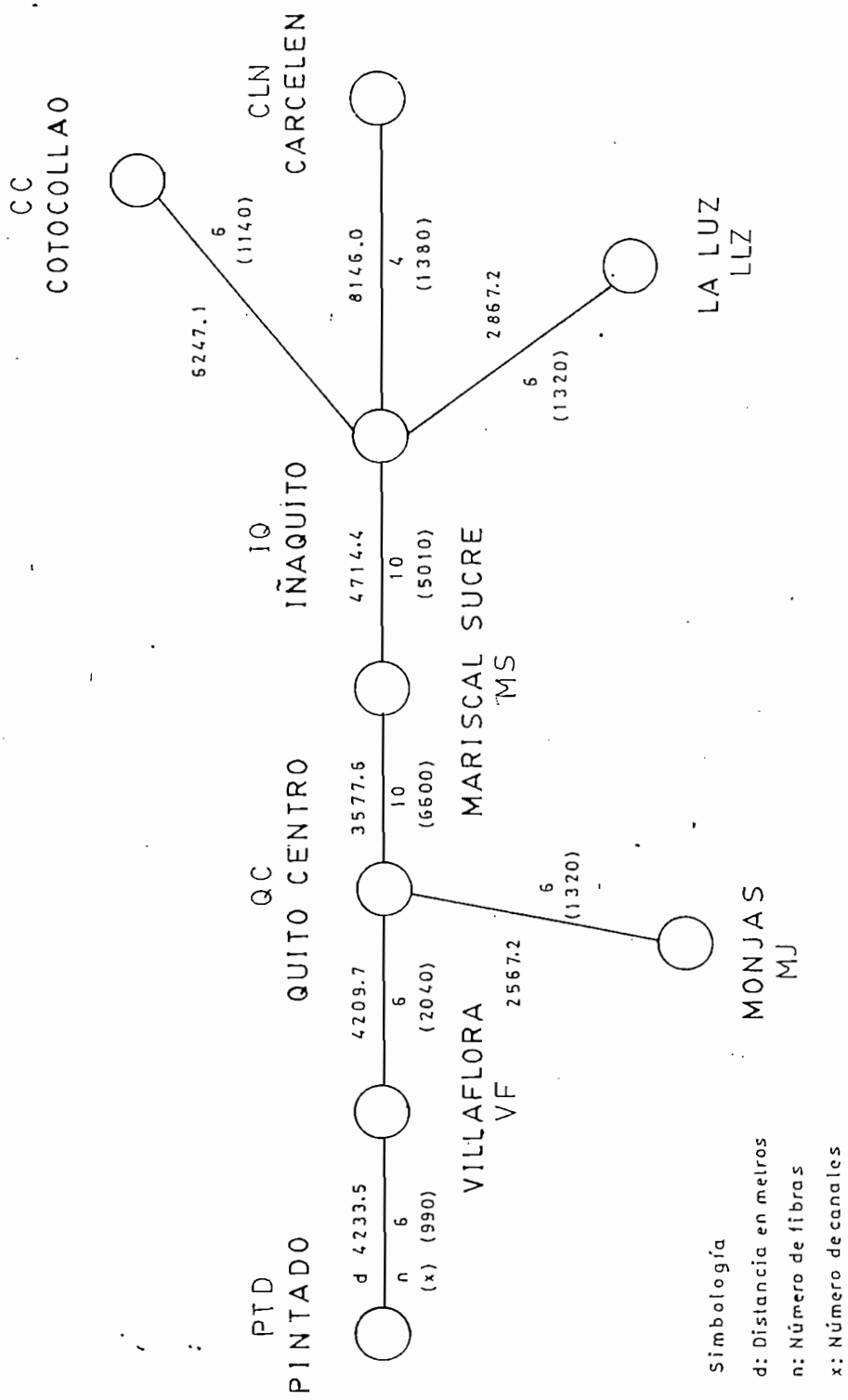


Fig. 4.9 Centros de conmutación de Quito

La comunicación entre dos centrales analógicas, se realiza a través de circuitos troncales analógicos llamados repetidores y cuya interconexión física es a través del par metálico.

La comunicación entre centrales digitales se realiza a través de troncales digitales de 2 Mb/s. Dependiendo de la cantidad de troncales para las diferentes conexiones intercentrales deberán multiplexarse a jerarquías superiores.

Para el enlace de una central con una digital, deberá en la primera efectuarse la conversión digital tanto de las señales de voz (300 a 3400 Hz), como de las señales supervisoras de central a flujo digital de 2 Mb/s.

Los centros de conmutación de Quito se muestran en figura 4.9. En esta figura se indican las distancias (en kilómetros) entre dichos centros los cuales están enlazados con fibra óptica de características iguales a las explicadas anteriormente.

El dimensionamiento de circuitos intercentrales, se lo efectúa mediante matrices de tráfico. Aplicando elementos de Ingeniería de tráfico, que no es objeto del presente estudio, se genera una matriz, que está conformada por circuitos troncales entrantes, salientes y bidireccionales, según sea el tipo de central analógica o digital. La matriz de circuitos para el ejemplo que se analizará se indica en el ANEXO A.

En base a la matriz de circuitos se calcula el número de enlaces de 2Mb/s para cada una de las estaciones (PINTADO, QUITO CENTRO, MARISCAL SUCRE, IÑAQUITO, etc.

Se toman como ejemplos representativos la estación telefónica del PINTADO. Se suman las troncales entrantes salientes y/o bidireccionales, se los divide para treinta, y se determina la cantidad de enlaces entre estaciones. Se utilizan conversores analógico/digitales para enlazar troncales de centrales electromecánicas con troncales digitales.

	LLZ	QC	VF	MS	IQ	CO	PTD	CLN	MJS
LLZ	---	15	2	10	10	3	1	2	0
QC	15	---	25	92	50	15	16	14	17
VF	2	25	---	0	2	0	5	2	0
MS	10	92	0	---	22	1	4	8	1
IQ	10	50	2	22	---	3	4	10	0
CO	3	15	0	1	3	---	1	4	0
PTD	1	16	5	4	4	1	---	1	0
CLN	2	14	2	8	10	4	1	---	0
MJS	0	17	0	1	0	0	0	0	---

Cuadro 4.2 Enlaces intercentrales a 2 Mb/s

<u>PINTADO (PTD)</u>

$$VF = \frac{41 + 18 + 66 + 25}{30} = 5$$

$$QC = \frac{15 + 18 + 64 + 34 + 7}{30} + \frac{270}{30} + \frac{120}{30} = 3 + 9 + 4 = 16$$

Se explica así:

PTD con VF1 necesita 41 enlaces, PTD con VF2 18 enlaces; VF1 con PTD 66 enlaces, y VF2 con PTD 25 enlaces; como los enlaces digitales son bidireccionales, se necesita para enlazar las estaciones del Pintado con Villaflora 5 enlaces PCM.

Igual explicación se da para los enlaces entre PTD con QC (QC1, QC2, QC3, QC4); adicionalmente se dan los enlaces

bidireccionales de 270 y 120 con Tándem y Tránsito, ambas no tienen abonados y forman parte de la estación QC.

Una vez efectuado el cálculo para todas las estaciones tenemos lo indicado en el cuadro 4.2, que representa la necesidad de enlaces intercentrales entre los centros de conmutación de Quito, mostrados en la figura 4.9.

Estos resultados se pueden representar de una manera gráfica, y es lo que se denomina mapa de enlaces múltiplex NEAX, el mismo que se lo adjunta en ANEXO B. A Noviembre/93 se está implementando sistemas múltiplex de tecnología francesa ALCATEL, por lo mismo a fines del presente año tendremos el mapa de enlaces correspondiente.

Cabe señalar que actualmente en Quito se están implementando sistemas múltiplex de tecnología francesa ALCATEL que enlazan a las centrales digitales de tecnología francesa E10B. Una vez concluídas estas instalaciones se elaborará el correspondiente mapa de enlaces.

CAPITULO 5

CALIDAD DEL SISTEMA DE 2,34 Y 140 MB/S

En todo sistema de telecomunicaciones existen parámetros que determinan la calidad de funcionamiento, los mismos que están dados por límites máximos y mínimos exigibles, tales como por ejemplo: diafonía, distorsión, ruido, intermodulación, etc. Los valores permisibles para conseguir fiabilidad en el sistema deberán regirse a las Recomendaciones del CCITT[1].

5.1 OBJETIVOS DE CALIDAD

De acuerdo a las recomendaciones del CCITT se describirá un conjunto de criterios de calidad de funcionamiento, aplicables a un sistema de transmisión digital.

5.1.1 Características de calidad de funcionamiento de los canales PCM en interfaces a cuatro y dos hilos

a) DISTORSION DE ATENUACION EN FUNCION DE LA FRECUENCIA

La variación de la atenuación de cualquier canal en función de la frecuencia, debe estar comprendida dentro de los límites especificados en la plantilla de la figura 5.1.

La frecuencia de referencia nominal es de 1020 Hz. El nivel de potencia de entrada preferido es de -10 dBmO. Los valores nominales de la distorsión debido a la codificación y decodificación deben ser iguales.

---

[1] Libro Azul, Recomendaciones G.712 y G.713

b) RUIDO EN UN CANAL EN REPOSO

Ruido ponderado.- Con los puertos de entrada y salida del canal terminados por la impedancia nominal (600 ohmios), el ruido del canal en reposo no excederá de -65 dBmOp.

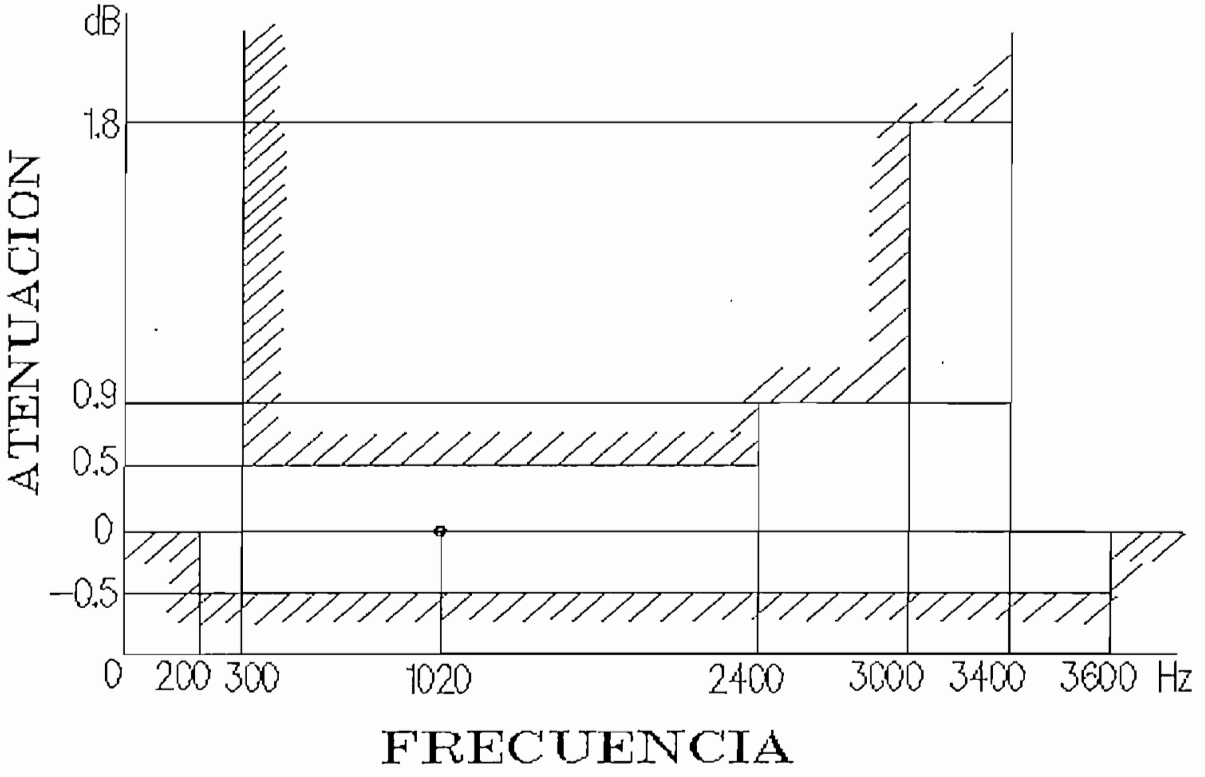


Fig. 5.1 Distorsión de atenuación en función de la frecuencia

Ruido a una sola frecuencia.- El nivel de ruido de una frecuencia cualquiera (frecuencia de muestreo y sus múltiplos), medido selectivamente, no deberá exceder de -50 dBmO.

c) INTERMODULACION

Con dos señales sinusoidales de diferentes frecuencias f1 y f2 no relacionadas armónicamente entre sí, en la banda de 300 a 3400 Hz y del mismo nivel en la gama de -4 a -21 dBmO, aplicadas simultáneamente al puerto de entrada de un canal, no

debe producirse ningún producto de intermodulación del tipo 2f1-f2 de nivel superior a -35 dB con relación al nivel de una de las señales de entrada.

Una señal de nivel de -9 dBmO en cualquier frecuencia de la banda de 300 a 3400 Hz y una señal de -23 dBmO aplicadas simultáneamente en el puerto de entrada, no deben producir ningún producto de intermodulación de nivel superior a -49 dBmO.

d) DISTORSION TOTAL, INCLUIDA LA DISTORSION DE CUANTIFICACION

Método 1.- Con una señal de ruido aplicada a los puertos de entrada de un canal, la relación potencia de señal a potencia de distorsión total debe ser superior a los límites indicados en la figura 5.2.

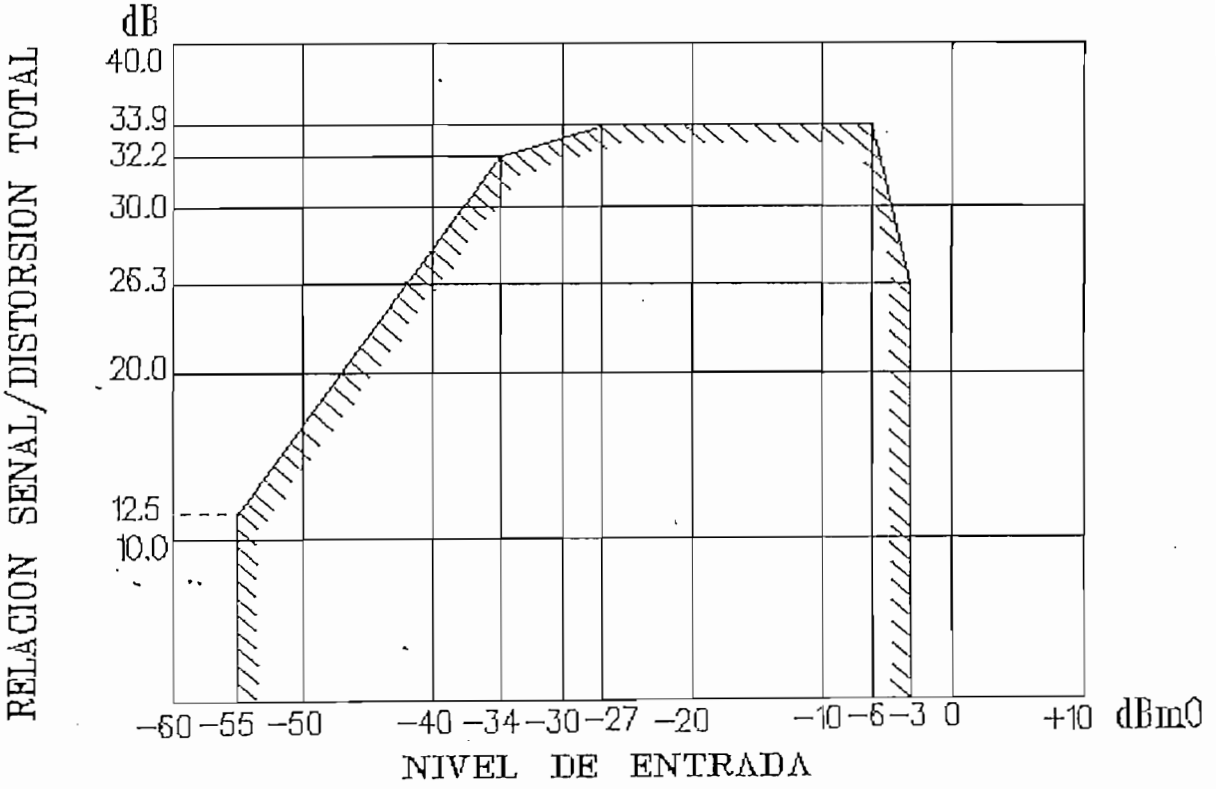


Fig. 5.2 Relación señal/distorsión total en función del nivel de entrada de ruido.

Método 2.- Con una señal sinusoidal de frecuencia nominal de 1020 Hz (valor preferido) u 820 Hz aplicada al puerto de entrada de un canal, la relación potencia de señal a potencia de distorsión total medida con la ponderación de ruido apropiada debe ser superior a los límites indicados en la figura 5.3.

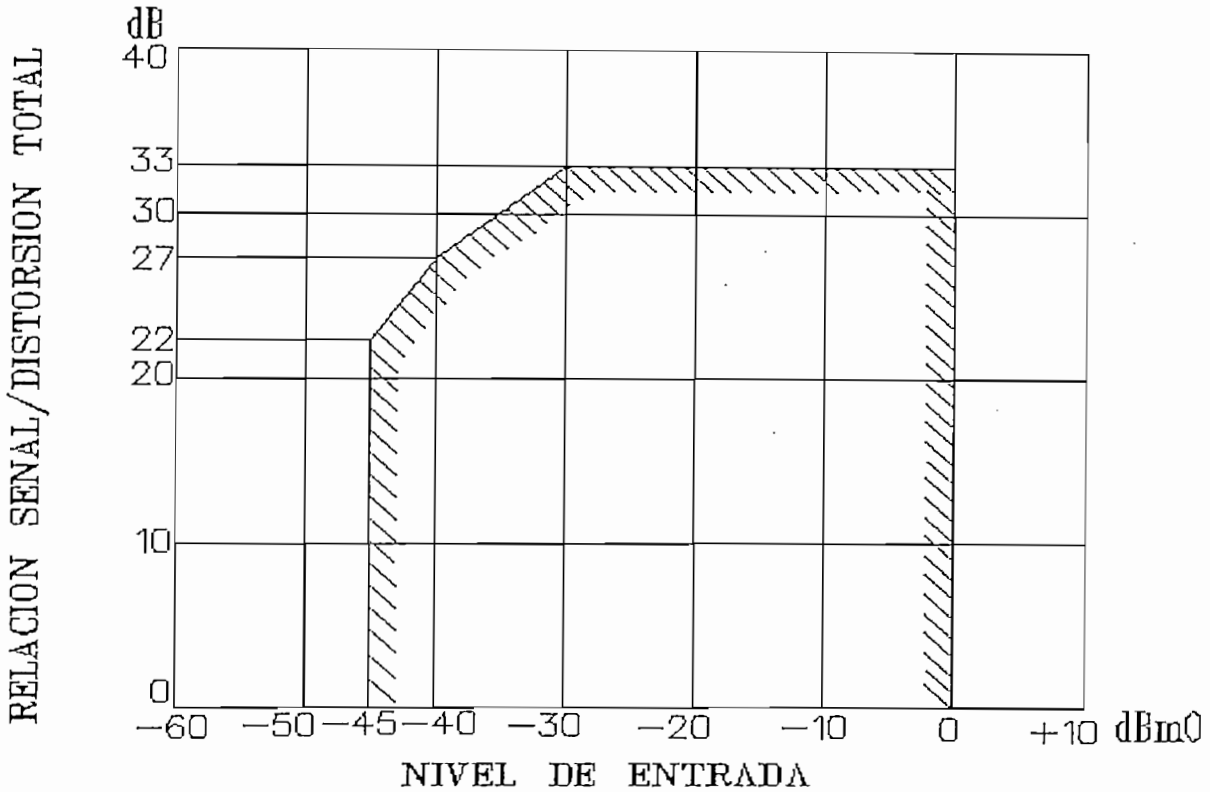


Fig. 5.3 Relación señal/distorsión total en función del nivel de entrada de señal.

El método de prueba de ruido (método 1) arroja una curva bastante uniforme, que no depende mucho del nivel de la señal de entrada. El método de la onda sinusoidal (método 2) puede resultar más sensible para la identificación de las eventuales imperfecciones localizadas en el CODEC. Así pues, estos dos métodos responden a las degradaciones prácticas del CODEC de manera ligeramente diferentes.

e) VARIACION DE LA GANANCIA EN FUNCION DEL NIVEL DE ENTRADA

Método 1.- Con una señal de ruido blanco, conforme se define en la Recomendación O.131, aplicada al puerto de entrada de cualquier canal, con un nivel comprendido entre -55 dBmO y -10 dBmO, la variación de la ganancia de ese canal con relación a la ganancia para un nivel de entrada de -10 dBmO debe estar comprendida dentro de los límites indicados en la figura 5.4a.

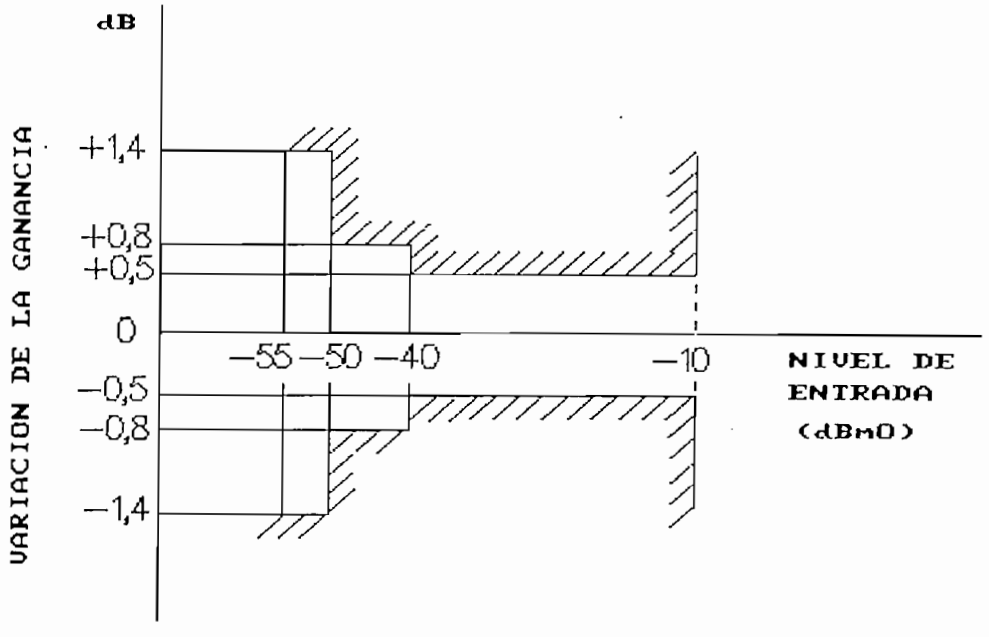


Fig. 5.4a Señal de prueba de ruido blanco

Además, con una señal sinusoidal en la gama de frecuencias de 700 a 1100 Hz aplicada al puerto de entrada de cualquier canal, con un nivel comprendido entre -10 dBmO y +3 dBmO, la variación de la ganancia de ese canal con relación a la ganancia para un nivel de entrada de -10 dBmO debe estar comprendida dentro de los límites indicados en la figura 5.4b:

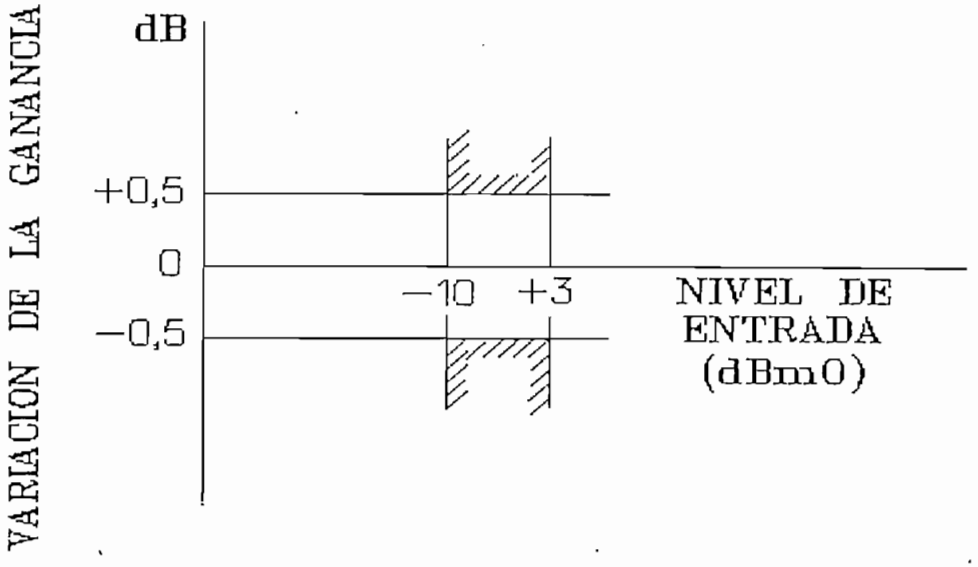


Fig. 5.4b Señal de prueba sinusoidal (método 1)

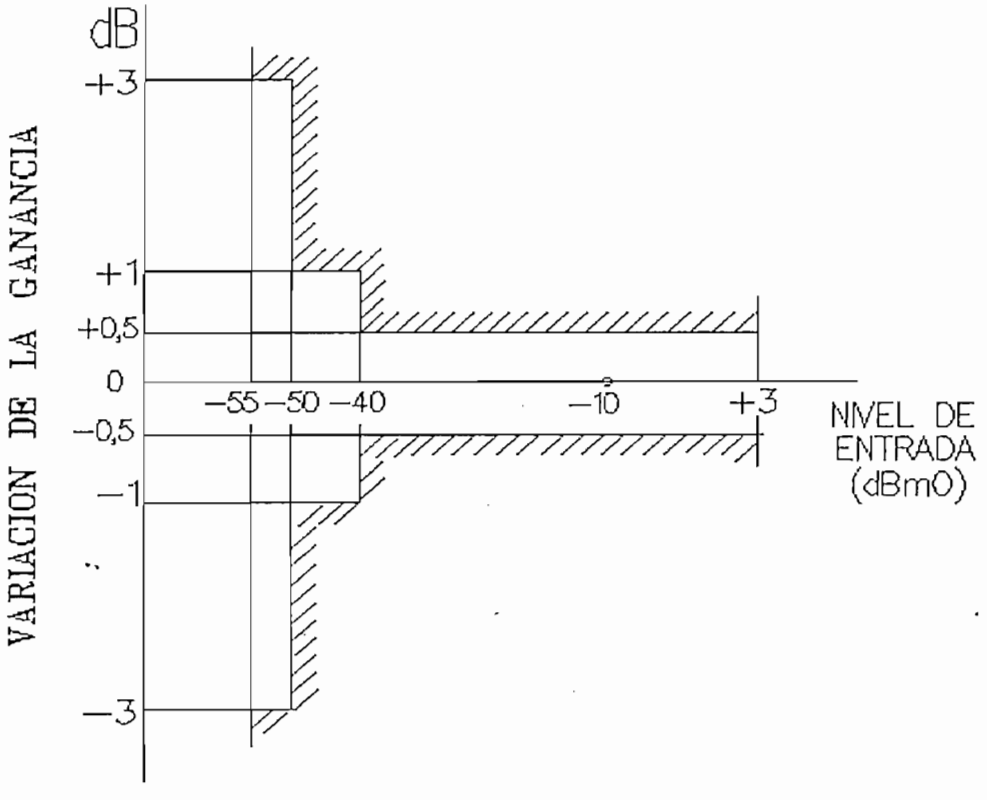


Fig. 5.4c Señal de prueba sinusoidal (método 2)

Método 2.- Con una señal sinusoidal en la gama de frecuencias de 700 a 1100 Hz aplicada al puerto de entrada de cualquier canal, con un nivel comprendido entre -55 dBmO y +3 dBmO, la variación de la ganancia de ese canal con relación a la ganancia para un nivel de entrada de -10 dBmO debe estar comprendida dentro de los límites indicados en la figura 5.4c.

f) DIAFONIA ENTRE CANALES

La diafonía entre los canales de un múltiplex deberá ser tal que una señal sinusoidal en la gama de frecuencias de 700 a 1100 Hz con un nivel de 0 dBmO, aplicada al puerto de entrada de un canal, no deberá producir en ningún otro canal una diafonía de nivel superior a -65 dBmO.

Si se aplica al puerto de entrada de uno a cuatro canales una señal de ruido blanco con un nivel de 0 dBmO, el nivel de la diafonía recibida en cualquier otro canal no deberá rebasar -60 dBmOp.

La diafonía entre los dos sentidos de transmisión (entre un canal y el canal de retorno asociado) debe ser tal que con una señal sinusoidal a una frecuencia de la gama de 300 a 3400 Hz y un nivel de 0 dBmO aplicada a un puerto de entrada, el nivel de diafonía medido a la salida del canal de retorno correspondiente no exceda -60 dBmO.

g) AJUSTE DE LOS NIVELES RELATIVOS

El ajuste (especialmente el ajuste inicial) de los niveles relativos y, por consiguiente de la ganancia de cada uno de los lados de los canales MIC, es decir los lados de codificación y decodificación, debe efectuarse a valores típicos de las condiciones ambientales. Los ajustes no considerarán una desviación superior a ± 0.3 dB de los valores reales con respecto a los valores nominales, y se efectuarán como sigue:

El lado decodificación debe ajustarse en conformidad a la Recomendación G.711 con un tolerancia de ± 0.3 dB en la práctica.

El lado codificación debe ajustarse conectando a su salida un analizador digital estándar, ajustado para que tenga exactamente la ganancia nominal y aplicando a la entrada de frecuencias vocales, una señal sinusoidal con frecuencia nominal de 1020 Hz y nivel de 0 dBmO. Se ajusta entonces el lado codificación de forma que la señal sinusoidal resultante a la salida del lado decodificación tenga un nivel de 0 dBmO.

En la práctica, este ajuste se efectuará con una tolerancia de ± 0.3 dB.

h) VARIACIONES A CORTO Y LARGO PLAZO DE LA ATENUACION EN FUNCION DEL TIEMPO

Cuando se aplica una señal sinusoidal con frecuencia nominal de 1020 Hz y nivel de -10 dBmO (puede utilizarse 0 dBmO) a cualquier entrada de frecuencias vocales, el nivel medido a la salida de frecuencias vocales correspondiente, no debe variar más de ± 0.2 dB en cualquier intervalo de 10 minutos de funcionamiento normal, ni más de ± 0.5 dB durante un año, habida cuenta de las variaciones admisibles de la tensión de alimentación y de temperatura.

En resumen, las características de calidad de los canales telefónicos son:

- **Distorsión de atenuación en función de la frecuencia**: se refiere a la variación de la atenuación (nivel de amplitud) en función de la frecuencia dentro del canal telefónico, que como se indicó anteriormente el CCITT entrega una plantilla dentro de la cual debe ubicarse la curva de respuesta amplitud vs. frecuencia.

- **Pérdida de retorno sobre los terminales de entrada**: los

terminales de entrada a 4 hilos son de 600 ohmios simétricos y el CCITT indica la pérdida de retorno tolerada debido a la desadaptación de impedancias.

- **Ruido del canal en reposo**: se refiere tanto al ruido ponderado medido dentro del canal telefónico psofométricamente en dBmOp, así como al ruido máximo a una determinada frecuencia en medición selectiva y al ruido introducido por el receptor.

- **Discriminación contra las señales fuera de banda**: se refiere a la introducción de una señal senoidal fuera de la banda del canal telefónico (mayor a 4.6 KHz) y al nivel de salida de cualquier frecuencia imagen dentro de la banda del canal.

- **Señales parásitas fuera de banda a la salida del canal**: se refiere a la introducción de señales parásitas dentro de la banda del canal telefónico y al nivel de salida de cualquier frecuencia imagen fuera de banda.

- **Productos de intermodulación**: se refiere al nivel del producto de intermodulación (2f1-f2) a la salida de un canal, producido por la introducción de dos señales senoidales f1 y f2 a la entrada.

- **Distorsión total incluyendo la distorsión de cuantificación**: se refiere a la distorsión sobre la señal de salida, introducida por el sistema incluyendo la producida por el ruido de cuantificación. El CCITT proporciona dos métodos de medida (uno con señal de entrada senoidal y otro con ruido) y las plantillas en las cuales debe ubicarse la distorsión.

- **Variación de la ganancia en función del nivel de entrada**: se refiere a la característica ganancia vs. nivel. El CCITT indica dos métodos de medida (uno con señal de entrada senoidal y otro con ruido) con plantillas dentro de las

cuales debe ubicarse el valor de la ganancia.

- **Diafonía entre canales**: se refiere al nivel de salida de cualquier canal dentro de la banda del canal telefónico, debido a la diafonía producida por una señal senoidal dentro de banda (700 a 1100 Hz) en un canal vecino. El CCITT también especifica la diafonía máxima producida por el ruido como señal de prueba.

- **Diafonía entre distintos sentidos de transmisión**: se refiere al nivel de salida en el canal de retorno (dentro de banda) producida por una señal senoidal (dentro de banda) en el canal de ida.

- **Interferencia causada por señalización**: se refiere al nivel máximo de interferencia admitido en un canal cuando se transmite la señalización simultáneamente en todos los canales.

- **Ajuste de los niveles relativos de entrada/salida**: se refiere a los niveles de entrada y salida del canal telefónico según la recomendación G.232 del CCITT, así como al método de ajuste inicial de los niveles.

- **Estabilidad a largo y corto plazo**: se refiere a la estabilidad del nivel de salida de una señal senoidal de entrada a corto y largo plazo debido a las variaciones térmicas y de tensión de alimentación.

La gran mayoría de las mediciones mencionadas son del tipo analógico realizadas mediante un transmisor y medidor de nivel. La medición de distorsión total en cambio es una medición analógica, pero que tiene en cuenta procesos de caracter digital como el de cuantificación. La particularidad del ruido de cuantificación, Nq, es que existe solo en presencia de señal y de allí el problema de separar la señal del Nq. La medición consiste en aplicar una señal excitadora en una parte de la banda

local y medir el Nq en otra. El Nq cuya banda no depende de la señal, se distribuye prácticamente en forma uniforme en el canal telefónico.

La señal de prueba puede ser senoidal, pero como la S/Nq depende del nivel de la señal, S, es obvio que se tiene una distorsión apreciable en la medición dependiendo del valor de S. Se ha encontrado que usar una señal de ruido como prueba es más práctico y efectivo y además simula mucho mejor a una señal vocal que un tono fijo de prueba.

Como una señal digital de un tono de prueba es una secuencia periódica de octetos, el CCITT en la recomendación G.711 ha definido el nivel de referencia 0 dBmO como la secuencia:

0011 0100
0010 0001
0010 0001
0011 0100
1011 0100
1010 0001
1010 0001
1011 0100

La misma es periódica y produce una salida de 800 Hz con el nivel 0 dBmO cuando se la convierte de nivel digital a analógico.

5.1.2 Características de calidad en un múltiplex digital

Las características de calidad de funcionamiento de un múltiplex digital vienen dadas por la tasa de error, (BER, Bit Error Rate), variación del reloj y fluctuación de fase o "jitter".

El parámetro más importante y determinante de la calidad del sistema se refiere al BER , que como se sabe está definida por la relación entre el número total de errores de la señal recibida y el número total de bits transmitidos.

La variación del reloj es una medición de variación de la frecuencia en la señal digital.

La fluctuación de fase es una medición de la desviación de la frecuencia, en los cambios de la señal digital relativas a su posición ideal en el tiempo.

Para tener fiabilidad en el sistema, éste debe estar en posibilidad de detectar las siguientes condiciones de avería:

- Fallo de la fuente de alimentación.
- Fallo del CODEC.
  Como requisito mínimo, esta condición de avería deberá reconocerse cuando, por lo menos para un nivel de señal de la gama de -21 a -6 dBmO, el valor de la relacion señal/ruido de cuantificación del CODEC está 18 dB, o más, por debajo del nivel indicado en la recomendación G.712.
- Pérdida de la señal entrante a 2048 Kb/s.
  La detección de esta condición de avería es solo necesaria, si como consecuencia de la misma, no se produce una indicación de pérdida de alineación de trama.
- Pérdida de alineación de trama.
- Tasa de errores excesiva detectada mediante el monitoreo de la señal de alineación de trama.
- Con una tasa de error aleatoria en los bits menor o igual a 10^{-4}, la probabilidad de activar la indicación de condición de avería en unos pocos segundos debe ser inferior a 10^{-6}.
- Con una tasa de error aleatoria en los bits mayor o igual a 10^{-3}; la probabilidad de activar la indicación de condición de avería en unos pocos segundos debe ser superior a 0.95.
- Con una tasa de errores aleatorios en los bits menor o igual de 10^{-4}, la probabilidad de desactivar la condición de indicación de avería en unos pocos

segundos debe ser superior a 0.95.

Tras la detección de una condición de avería deberá el sistema generar una indicación de alarma de mantenimiento inmediato, para notificar que la calidad de funcionamiento está por debajo de normas aceptables y que es necesario efectuar una operación de mantenimiento.

5.2 MEDICIONES REALIZADAS Y EQUIPOS EMPLEADOS

Dentro de EMETEL no existe, y tampoco el proveedor entrega manual alguno de aceptación del sistema múltiplex ni del sistema de transmisión por fibra óptica (FOTS), por lo que en este apartado se expone un conjunto de procedimientos para la realización de pruebas, que determina el correcto funcionamiento del equipamiento NEC de tecnología japonesa.

Se deberán observar y medir los siguientes ítems:

1) MULTIPLEX DE FRECUENCIAS VOCALES (VF MUX (N5700) y MULTIPLEX DE SEÑALIZACION (SIG-B MUX N5711)

   a. Tensión de alimentación
   b. Prueba de alarma
   c. Frecuencia de timbre de emisión
   d. Respuesta de frecuencia
   e. Variación de ganancia vs nivel de entrada
   f. Ruido ponderado
   g. Distorsión de cuantificación
   h. Prueba de diafonía
   i. Prueba de telediafonía

2) MULTIPLEX DE 8 MB/S (MUX NE6020), DE 34 MB/S (MUX NE6030), DE 140 MB/S (MUX NE6041), 2-34 MB/S (MUX NE 6058)

   a. Tensión de alimentación

b. Prueba de alarma
c. Frecuencia de timbre de emisión
d. Tasa de error de bits
e. Comprobación del rango de enganche del reloj de entrada

3) TERMINAL DE LINEA OPTICA DE 34 MB/S (34 MB/S OLT FD-3250), DE 140 MB/S (140 MB/S OLT FD-4250)

a. Tensión de alimentación
b. Potencia de salida óptica
c. Corriente de polarización del diodo láser
d. Sensibilidad de recepción óptica
e. Prueba de alarma
f. Tasa de error de bits

4) CONMUTADOR LOCAL DE 140 MB/S (140 M L-SW FD-0280)

a. Tensión de alimentación
b. Prueba de alarma
c. Prueba de operación de conmutación

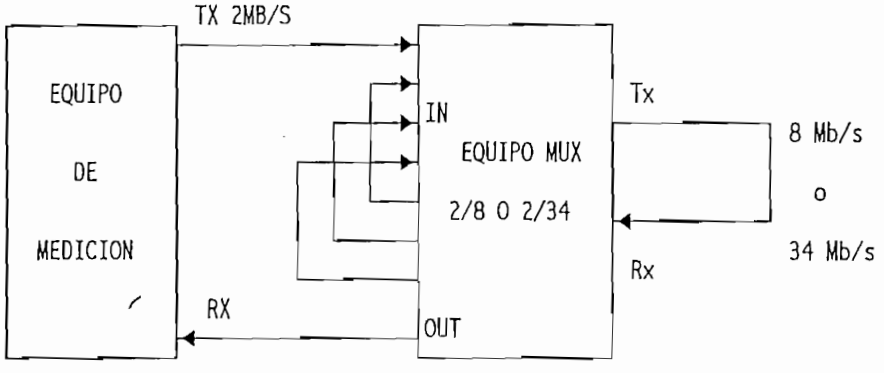
5) CANAL DE SERVICIO (O/W FD-0500)

a. Tensión de alimentación
b. Prueba de alarma
c. Operación de teléfono

5.2.1 Procedimientos de las pruebas y equipos empleados

A continuación se indica los tipos de pruebas, objetivos, especificaciones, montaje, y procedimientos empleados en el chequeo del sistema múltiplex 2/8/34/140 Mb/s y en el terminal de fibra óptica.

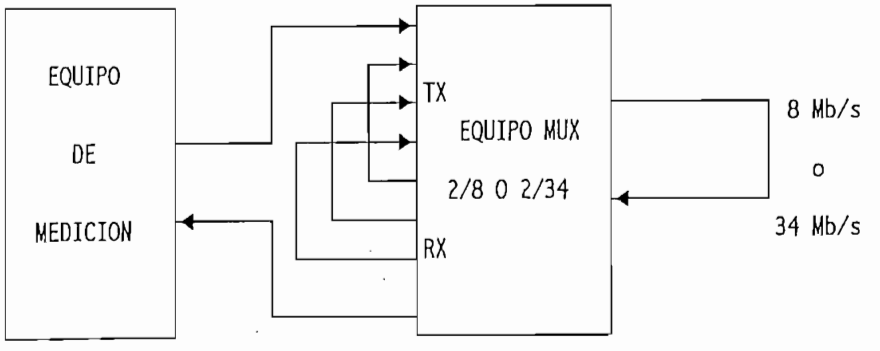
EQUIPO: MULTIPLEXOR 2/8/34 MB/S	
NOMBRE DE LA PRUEBA	VERIFICACION DE LA TASA DE ERROR E INYECCION DE ERRORES A 2 MB/S
OBJETIVO	VERIFICAR LA CALIDAD DE TRANSMISION Y RECEPCION DE LOS CANALES DEL MULTIPLEXOR VERIFICAR LA RECEPCION DE ERRORES INYECTADOS
ESPECIFICACIONES	LA TASA DE ERROR DEBERA SER MENOR QUE 10E-6 VERIFICAR QUE EL ERROR INYECTADO SE RECIBA CORRECTAMENTE
MONTAJE	



INSTRUMENTOS	ANALIZADOR DE TRANSMISION DIGITAL
PROCEDIMIENTO	-APLICAR UNA SENAL DE 2MB/S TIPO PSEUDOALEATORIO 2E15-1 EN EL ACCESO DE ENTRADA DE TRANSMISION DE 2MB/S -CONFIRMAR QUE LA TASA DE ERROR SEA MENOR QUE 10E-6 (medición de cero errores en un minuto) -INSERTAR SOBRE LA SENAL, ERRORES DE CODIGOS INDIVIDUALES Y COMPROBAR QUE SE RECIBEN LOS ERRORES INYECTADOS

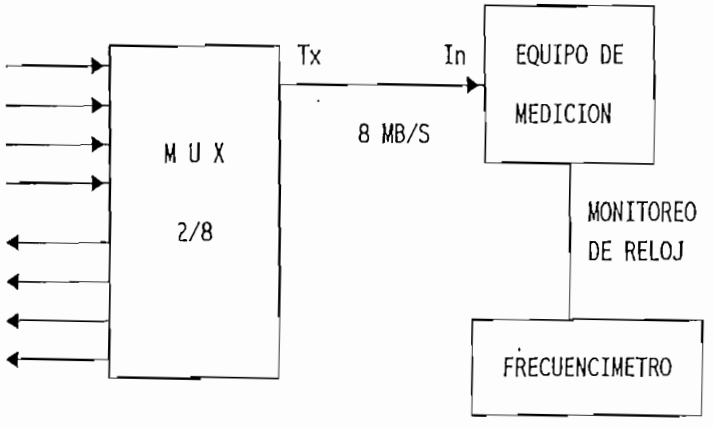
EQUIPO: MULTIPLEXOR 2/8/34 MB/S

NOMBRE DE LA PRUEBA	COMPROBACION DEL RANGO DE ENGANCHE DEL RELOJ DE ENTRADA DE EMISION A 2 MB/S
OBJETIVO	VERIFICAR QUE EL SISTEMA FUNCIONE CORRECTAMENTE EN LOS RANGOS ESPECIFICADOS
ESPECIFICACIONES	NO DEBERAN PRODUCIRSE ERRORES BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES DE VARIACION DEL RELOJ: 2.048 KHz +/- 50 ppm. (2.488,103 a 2.047,897 Hz)
MONTAJE	



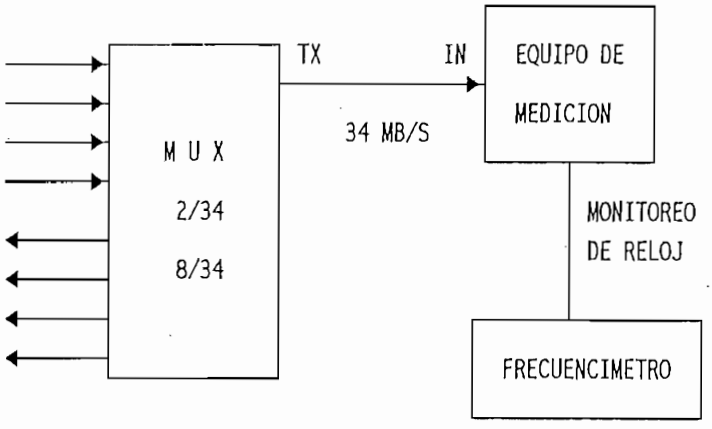
INSTRUMENTOS	ANALIZADOR DE TRANSMISION DIGITAL FRECUENCIMETRO
PROCEDIMIENTO	-INYECTAR UNA SENAL PSEUDOALEATORIO 2E15-1 DE 2 MB/S + 50 PPM -VERIFICAR QUE NO SE RECIBEN ERRORES DURANTE UN MINUTO -INYECTAR UNA SENAL PSEUDOALEATORIA 2E15-1 DE 2 MB/S - 50 PPM -VERIFICAR QUE NO SE RECIBEN ERRORES DURANTE UN MINUTO

EQUIPO: MULTIPLEXOR 2/8/34 MB/S	
NOMBRE DE LA PRUEBA	MEDICION DE LA FRECUENCIA DEL RELOJ DE TRANSMISION DE 8 MB/S
OBJETIVO	VERIFICAR QUE LA VELOCIDAD BINARIA DE LA SENAL RESULTANTE DE 8 MB/S ESTE DENTRO DEL RANGO ESPECIFICADO
ESPECIFICACIONES	FRECUENCIA SENAL RESULTANTE 8 MB/S: 8.448 KHz +/- 30 PPM
MONTAJE	



INSTRUMENTOS	ANALIZADOR DE TRANSMISION DIGITAL FRECUENCIMETRO
PROCEDIMIENTO	-POSICIONAR EL EQUIPO DE PRUEBA EN DETECCION DE DE ERRORES DE CODIGO -MEDIR LA FRECUENCIA DE LA SENAL RESULTANTE DE 8 MB/S CON EL FRECUENCIMETRO. (Sobre el punto de monitoreo de reloj del analizador de transmisión digital)

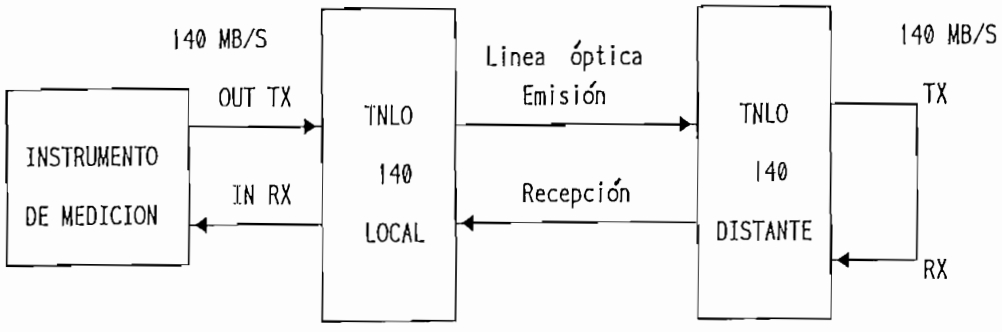
EQUIPO: MULTIPLEXOR 2/8/34 MB/S	
NOMBRE DE LA PRUEBA	MEDICION DE LA FRECUENCIA DEL RELOJ DE TRANSMISION DE 34 MB/S
OBJETIVO	VERIFICAR QUE LA VELOCIDAD BINARIA DE LA SENAL RESULTANTE DE 8 MB/S ESTE DENTRO DEL RANGO ESPECIFICADO
ESPECIFICACIONES	FRECUENCIA SENAL RESULTANTE 34 MB/S: 34.368 KHz +/- 20 PPM
MONTAJE	



INSTRUMENTOS	ANALIZADOR DE TRANSMISION DIGITAL FRECUENCIMETRO
PROCEDIMIENTO	-POSICIONAR EL EQUIPO DE PRUEBA EN DETECCION DE DE ERRORES DE CODIGO -MEDIR LA FRECUENCIA DE LA SENAL RESULTANTE DE 34 MB/S CON EL FRECUENCIMETRO. (Sobre el punto de monitoreo de reloj del analizador de transmisión digital)

EQUIPO: TNLO 140 MB/S

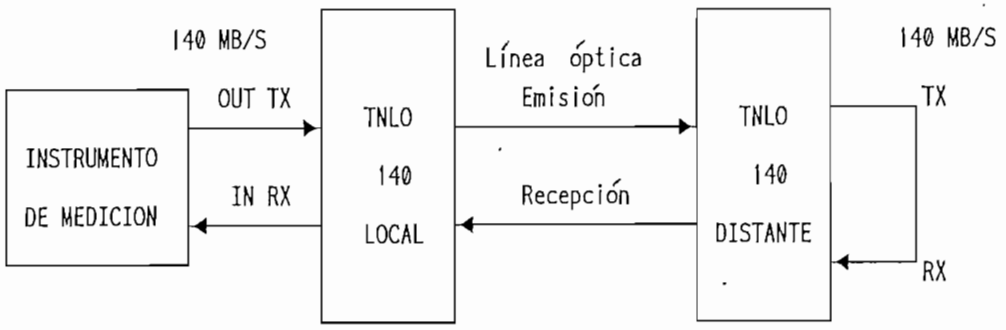
NOMBRE DE LA PRUEBA	VERIFICACION DE LA TASA DE ERROR E INYECCION DE ERRORES INDIVIDUALES SOBRE LA SENAL ELECTRICA DE 140 MB/S
OBJETIVO	VERIFICAR LA CALIDAD DE TRANSMISION Y RECEPCION DEL SISTEMA DE LINEA OPTICA DE 140 MB/S VERIFICAR LA RECEPCION DE ERRORES INYECTADOS
ESPECIFICACIONES	LA TASA DE ERROR DEBERA SER MENOR QUE 10E-9
MONTAJE	



INSTRUMENTOS	ANALIZADOR DE TRANSMISION DIGITAL
PROCEDIMIENTO	-APLICAR UNA SENAL DE 140 MB/S TIPO ALEATORIA 2E23-1 EN EL ACCESO DE ENTRADA DE TRANSMISION -CONFIRMAR QUE LA TASA DE ERROR SEA MENOR QUE 10E-9 (medición de cero errores en cinco minutos) -INSERTAR SOBRE LA SENAL, ERRORES DE CODIGO INDIVIDUALES DESDE EL LADO DE TRANSMISION DEL EQUIPO DE MEDICION -COMPROBAR QUE SE RECIBEN LOS ERRORES INYECTADOS

EQUIPO: TNLO 140 MB/S

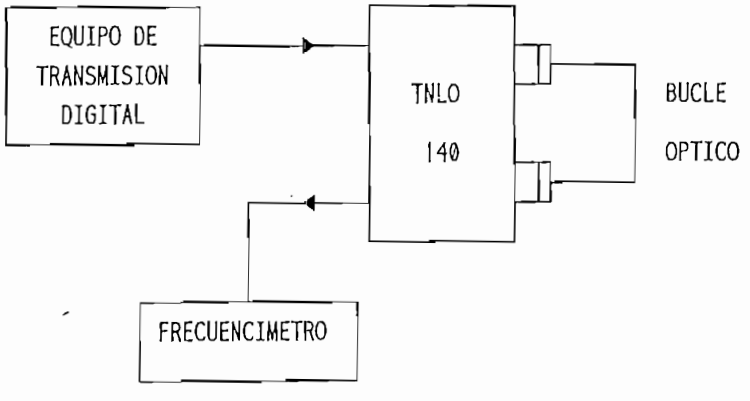
NOMBRE DE LA PRUEBA	COMPROBACION DEL RANGO DE ENGANCHE DEL RELOJ EN EL ACCESO DE ENTRADA EMISION DE 140 MB/S
OBJETIVO	VERIFICAR QUE EL SISTEMA FUNCIONE CORRECTAMENTE EN LOS RANGOS ESPECIFICADOS
ESPECIFICACIONES	NO DEBERA PRODUCIRSE ERRORES BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES DE VARIACION DEL RELOJ: 139.264 KHz +/- 15 PPM. (139.262 KHz A 139.266 KHz)
MONTAJE	



INSTRUMENTOS	ANALIZADOR DE TRANSMISION DIGITAL FRECUENCIMETRO
PROCEDIMIENTO	-INYECTAR UNA SENAL PSEUDOALEATORIA 2E23-1 DE 140 MB/S + 15 PPM, VERIFICAR QUE NO SE RECIBAN ERRORES DURANTE CINCO MINUTOS -INYECTAR UNA SENAL PSEUDOALEATORIA 2E23-1 DE 140 MB/S - 15 PPM, VERIFICAR QUE NO SE RECIBAN ERRORES DURANTE CINCO MINUTOS

EQUIPO: TNLO 140 MB/S

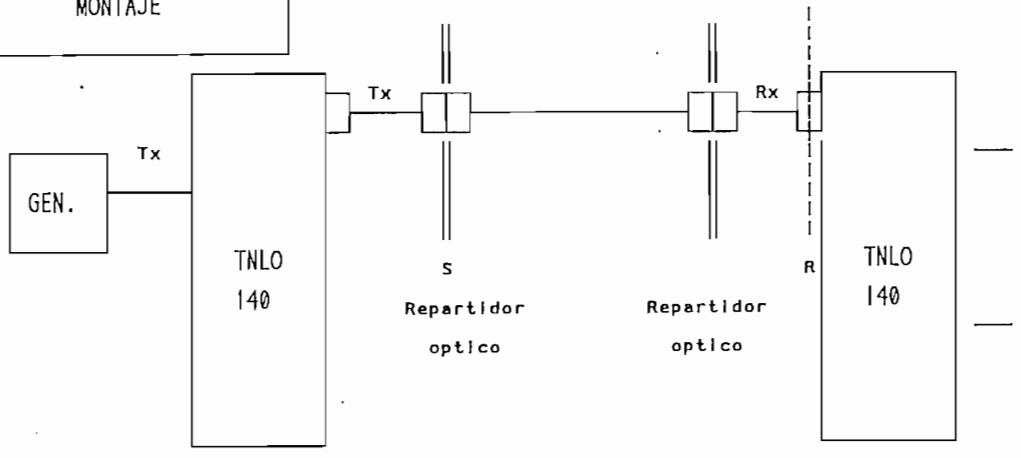
NOMBRE DE LA PRUEBA	MEDICION DE LAS FRECUENCIAS DE LOS RELOJES EN LOS ACCESOS DE SALIDA DE LA SENAL DE RECEPCION DE 140 MB/S
OBJETIVO	VERIFICAR QUE LA FRECUENCIA DE LOS RELOJES SE ENCUENTRA DENTRO DE LAS ESPECIFICACIONES
ESPECIFICACIONES	TODOS CEROS: 139.264 KHZ +/- 15 PPM (139.262 A 139.266) KHz TODOS UNOS: 69.632 KHZ: +/- 15 PPM (69.6309 a 69.6330) KHz
MONTAJE	



INSTRUMENTOS	EQUIPO DE TRANSMISION DIGITAL FRECUENCIMETRO
PROCEDIMIENTO	-APLICAR UNA SENAL DE 140 MB/S TODOS "0" (ceros) A LA, ENTRADA DEL CANAL -MEDIR LA FRECUENCIA DEL RELOJ Y COMPROBAR QUE SE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO ESPECIFICADO -REPETIR LOS PUNTOS ANTERIORES APLICANDO UNA SENAL DE 140 MB/S TODOS "1" (unos)

EQUIPO: TNLO 140

NOMBRE DE LA PRUEBA	ATENUACION DEL ENLACE DE FIBRA OPTICA
OBJETIVO	DETERMINAR LA ATENUACION TOTAL DEL ENLACE OPTICO (entre los puntos "S" y "R")
ESPECIFICACIONES	La atenuación máxima permitida debe ser menor que el balance neto de la línea óptica de transmisión, es decir: 28 dB
MONTAJE	



INSTRUMENTOS	MEDIDOR DE POTENCIA OPTICA
PROCEDIMIENTO	-INHIBIR LA FUNCION DEL LASER STANDBY -MEDIR LA POTENCIA OPTICA EN EL PUNTO "R"

Para las pruebas del MUX se emplearon los siguientes equipos:

- Analizador de transmisión digital AP9850 - ANDO
- Frecuencímetro DC503A-TEKTRONIX y HP5340A-HEWLET PACKARD
- Multímetro digital
- Instrumento de monitoreo y mantenimiento PCT (portable control terminal).

Para las pruebas de los múltiplex vocales y de señalización se utilizó:

- Multímetro digital
- PCM-5 (W & G) - Analizador
- Frecuencimetro DC503A TEKTRONIX y HP5304A HEWLET PACKARD
- KZ-2K - Equipo para señalización

Para los equipos terminal óptico de 34 Mb/s y 140 Mb/s se usó:

- Analizador de transmisión digital AP9850 - ANDO
- Frecuencímetro DC503A - TEKTRONIX
- Medidor de potencia óptica ML-9002 - ANRITSU
- Atenuador óptico AQ3107 - ANDO
- Multímetro digital
- Instrumento de monitoreo y mantenimiento PCT (portable control terminal)

5.2.2 Resultados obtenidos

Una tabulación de los resultados de pruebas en el terminal de línea óptica y en los múltiplex se resume en el siguiente cuadro:

TERMINAL DE LINEA OPTICA DE 34 Y 140 MB/S

	POTENCIA OP. DE SALIDA	CORRIENTE DE POL. DEL DIODO	SENSIBILIDAD DE RECEPCION OPT.
34 Mb/s	≥- 19.5 dBm	≤ 50 mA	≤ - 40.5 dBm
140 Mb/s	≥- 14.5 dBm	≤ 50 mA	≤ - 35.5 dBm

MULTIPLEX DE 2/8/34/140 MB/S

SISTEMA	BER	VARIACION DE FRECUENCIA
2 MB/S MUX NE6020	$< 10^{-6}$	2048 KHz ± 50 ppm 2048.103 a 2047.897 KHz
8 MB/S MUX NE6030	$< 10^{-7}$	8448 KHz ± 30 ppm 8448.254 a 8447.746 KHz
34 MB/S MUX NE6041	$< 10^{-8}$	34368 KHz ± 20 ppm 34368.688 a 34367.312 KHz
140 MB/S MUX NE6058	$< 10^{-9}$	139264 KHz ± 15 ppm 139262 a 139266 KHz

Las tipos de pruebas de alarma tanto para el terminal de línea óptica de 34 Mb/s como para el de 140 Mb/s son idénticos a la de los multiplexores de 2/8/34/140 Mb/s, y se refieren a:

- Alarma de fusible
- Pérdida de entrada del dato óptico
- Indicación de AIS recibido
- Alarma distante

En el ANEXO C se adjuntan el resultado de las pruebas del múltiplex de frecuencias vocales y de señalización, de acuerdo a los parámetros explicados en el numeral 5.1.1:

- En las hojas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5 se presentan valores de distorsión total para una frecuencia fo de 813 Hz y

niveles de 0, -30,-40, -45, y -55 dBmO. El valor promedio de distorsión para 0 dBmO es de 40.22; para -30 dBmO es de 39.72, para -40 dBmO es 33.98, para -45 dBmO es 28.5 y para -55 dBmO es 20.32.

- En las hojas C-18, C-19 y C-20, C-21 se presentan valores de distorsión de cuantificación y ruido ponderado en medidos para tarjetas 4W CH y 2W CH en cada uno de los 30 canales con niveles de -55, -34 y -3 dBmO.

- En la hoja C-6 se presentan mediciones ruido con cada uno de los 30 canales en reposo. Este valor no debe sobrepasar el nivel de -65 dBmO.

- En las hojas C-7, C-8, C-9 y C-10 se presentan valores de diafonía entre canales adyacentes, y para diafonía para loop y sin él.

- En las hojas C-11 a C-15 constan valores de respuesta de frecuencia, para una gama de frecuencias entre 300 Hz y 3400 Hz, es decir en la gama de frecuencias vocales, tanto para las tarjetas de 2 y de 4 hilos.

- En hojas C-16 y C-17 se observa la variación de ganancia con nivel de entrada.

5.3 ANALISIS COMPARATIVO

Se compara los valores determinados por el CCITT en sus Recomendaciones pertinentes a "Sistemas de Transmisión Digital", Rec G.732, G.742 y G.751, con los resultados obtenidos.

Así por ejemplo en lo que hace relación a la tolerancia para las diferentes velocidades binarias se tienen los siguientes valores:

VELOCIDAD BINARIA NOMINAL	TOLERANCIA DADA POR EL CCITT	VELOCIDAD BINARIA OBTENIDA
2.048 KHz	102.4 Hz	2048.013 KHz
8.448 KHz	253.4 Hz	8447.903 KHz
34.368 KHz	687.3 Hz	34367.982 KHz
139.264 KHz	2088.9 Hz	139263.779 KHz

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema está funcionando dentro de los parámetros permisibles, por lo que no deben producirse errores para la variación de reloj indicada (tolerancia).

En cuanto a los parámetros de los equipos terminales ópticos (OLT) de 34 Mb/s y 140 Mb/s se puede decir:

La potencia de salida óptica en el 140 OLT debe ser > que el 34 OLT. En el primer caso debe ser mayor o igual a -14.5 dBm y en el segundo, mayor o igual a -19.5 dBm. Para el 140 OLT por ejemplo se midió una potencia óptica de -13.36 dBm.

La sensibilidad de recepción óptica debe ser más grande para el 140 OLT. Así la sensibilidad es ≤ -35.5 dBm en el 140 OLT y menor o igual -40.5 dBm en el 34 OLT.

En cuanto a la corriente de polarización, por ser el elemento emisor óptico el mismo para ambos casos, la corriente es igual. Se midió una corriente de 36 mA.

Ahora se compara los resultados de las pruebas de los canales PCM entre interfaces a 2 y 4 hilos a frecuencias vocales con lo que se indican en Recomendaciones G.713 y G.712 respectivamente.

La respuesta de frecuencia de audio (4 hilos) cumple con

tanto correctos.

La diafonía entre dos canales de un múltiplex como lo comprueban los resultados obtenidos son menores que -65 dBmO.

la plantilla indicada en la fig. 5.1, y para audio a (2 hilos) hemos calculado a modo de ejemplo, los valores promedios de -0.081, -0.3, -0.485, -0.388 y 0.409 dB a las frecuencias de 300, 600, 2400, 3000 y 3400 Hz respectivamente, los mismos que se representan en la figura 5.5, y se comprueba efectivamente que los valores medidos están comprendidos dentro de los límites tolerables.

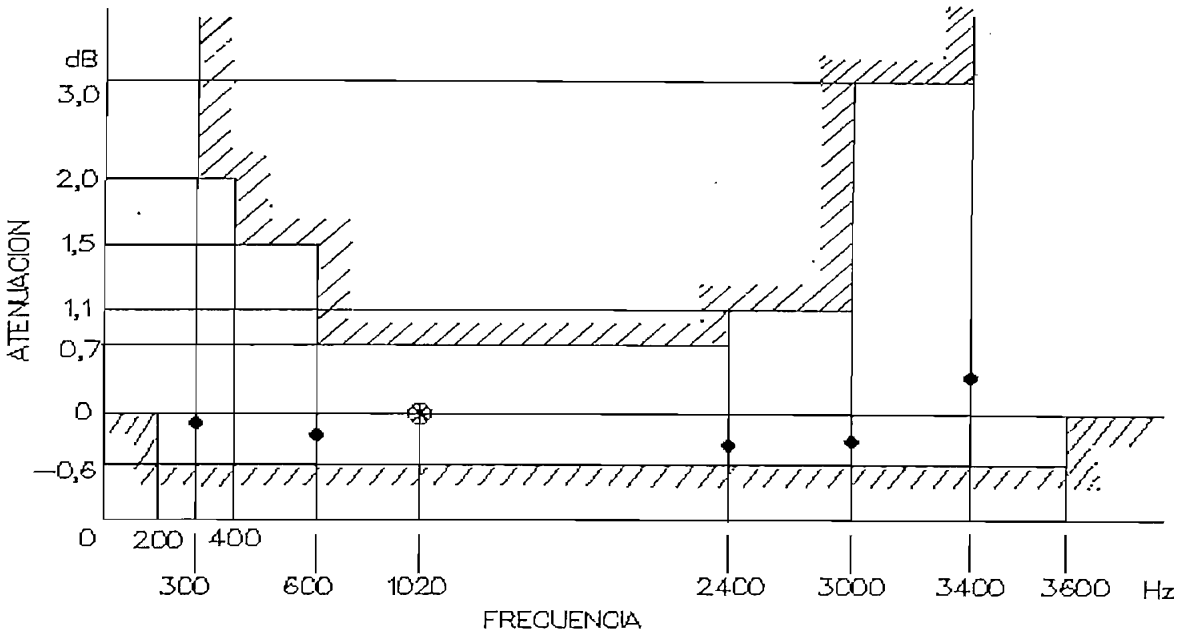


Fig. 5.5 Plantilla para la distorsión de la atenuación en función de la frecuencia

Para la distorsión de cuantificación se toma como valores de entrada los niveles -55, -34 y -3 dBmOp, para los que se toman mediciones en los puertos de salida que efectivamente son superiores a los límites indicados en la fig. 5.2, siendo por tanto correctos.

La diafonía entre dos canales de un múltiplex como lo comprueban los resultados obtenidos son menores que -65 dBmO.

Hasta aquí se ha comparado los valores obtenidos con los Recomendados por el CCITT.

En el ruido ponderado se tienen valores que van desde -76 hasta -82 dBmOp, y la recomendación indica que se deben tener valores menores que 65 dBmOp.

Adicionalmente se puede mencionar que se están instalando equipos múltiplex ALCATEL de tecnología francesa, en los mismos que se tienen los siguientes equivalentes funcionales:

a. Equipo Terminal Numérico de Línea Optico a 140 Mb/s Cuarta Generación. (TNLO 140 - 4G)

Este equipo es parecido al 140M OLT de la NEC. El tipo de pruebas por tanto es el mismo que para aquel, es decir la verificación de la tasa de error, frecuencia del reloj, medición de la potencia óptica de salida, sensibilidad de recepción óptica, atenuación del enlace de fibra óptica, corriente de polarización del elemento emisor óptico y prueba de los indicadores de alarma.

Se utilizan los siguientes equipos de medición:

. Analizador de transmisión digital : SCHLUMBERGER SI7714C
. PF4: Medidor de tasa de error y de errores codificados hasta 140M.
. Frecuencímetro.
. Medidor de potencia óptica OLP-1 +30 -60 dB W & G.
. Atenuador óptico OLA-25 W & G.

b. Terminales Numéricos de Multiplexación (TNM), 2-8 Mb/s, 8-34 Mb/s, 34-140 Mb/s

Obviamente es el equivalente a los múltiplex 8M MUX, 34M MUX, y 140M MUX; y también en este caso las pruebas se corresponden entre las dos tecnologías.

c. Terminal Numérico de Extremo de cuarta generación (TNE - 4G)

Este equipo tiene su correspondencia con el estudiado VF MUX y SIG-B MUX. El TNE se compone de un chasis de 10 tarjetas de tres canales cada una, las mismas que pueden funcionar como troncales entrantes o salientes, una tarjeta de control y una de convertidor.

En las pruebas se emplean los siguientes instrumentos:

. Multímetro digital
. PCM23 (W & G)
. Frecuencímetro

En conclusión las pruebas realizadas en el múltiplex y en los convertidores en la central telefónica de IÑAQUITO cumplen satisfactoriamente con las recomendaciones dadas para el efecto por el CCITT, asegurándose el buen funcionamiento de los enlaces.

En una red digital es factible unificar diferentes servicios en una señal de tipo digital, lo cual posibilita un ahorro de red debido al uso común de instalaciones. Actualmente está en desarrollo la unificación de los distintos servicios mediante una digitalización total, no solamente del sistema de conmutación local e interurbano y de sus enlaces, sino también del circuito de abonado y sus terminales; una red de este tipo se denomina red

digital de servicios integrados (ISDN). La tendencia hacia la digitalización total se ve sustentada por las ventajas de tipo económico y técnico que se lograría y por la posibilidad de ofrecer nuevos servicios.

En lo que respecta a la multiplexación digital se ha visto que existen varias jerarquías, las mismas que forman tramas que requieren la respectiva sincronización, que es una operación para encontrar una fase correcta discriminando el principio y el fin de la misma.

Aunque no se ha indicado en el desarrollo del presente trabajo, cabe mencionar que los sistemas de transmisión digital deben disponer de los llamados "conmutadores de protección", que son dispositivos que brindan alta fiabilidad al sistema y que permiten cambiar el tráfico a línea de reserva, cuando una línea de datos tiene por ejemplo una relación excesiva de error, o ha existido una pérdida de la señal entrante, o alineación fuera de trama, etc.

El conmutador de protección deberá estar ubicado entre el equipo multiplexor digital y el equipo terminal de línea óptico, y deberá ser capaz de cambiar automáticamente el tráfico en la línea de trabajo deteriorada a la línea de reserva, simultáneamente, tanto en el lado de transmisión como en el de recepción. Permitirá conmutar manualmente el tráfico nuevamente a la línea original después de haber reparado la línea.

Este procedimiento de conmutación es controlado por un microprocesador mediante las señales de alarma suministradas por el equipo terminal de línea óptica.

Un aspecto de interés en un sistema de transmisión por fibra óptica es el código de línea, mediante el cual se introduce cierta redundancia en la información digital para recuperar el sincronismo en los receptores. El código de línea por ejemplo deberá tener compatibilidad con la fuente óptica, en el sentido

de que sería deseable un código equilibrado (igual número de ceros que de unos), ya que las secuencias largas de unos son perjudiciales para la durabilidad de los lásers.

El rápido progreso de la optoelectrónica (fibra óptica, emisores, fotodetectores, etc) ha hecho posible introducir el sistema de transmisión por fibra óptica en el sistema de telecomunicaciones. Actualmente el sistema de fibra óptica puede ser el sistema más deseable debido a sus excelentes características de inmunidad al ruido, pequeñas dimensiones y peso liviano, alta estabilidad, etc.

Todas las características mencionadas, hacen que los sistemas de transmisión por fibra óptica sean especialmente adecuados por ejemplo para enlaces de centrales telefónicas sin repetidores intermedios; adicionalmente el pequeño diámetro de los cables permite una utilización más eficaz de las canalizaciones, lo que se traduce en considerables ahorros de costo.

Si se desea diseñar un sistema de transmisión por fibra óptica, primero se debe considerar los estudios de tráfico de telecomunicaciones, para determinar un orden digital de transmisión, en relación a alguno de la jerarquía digital visto. Una vez decidida la velocidad binaria, ésta proporcionará datos sobre los interfaces requeridos (Rec. G.703) y la calidad de funcionamiento del sistema (Rec. G.900). La elección del código de línea óptimo depende además de la velocidad binaria del sistema, de las características de transmisión de la fibra (principalmente del ancho de banda disponible), y de la complejidad de los circuitos de codificación y decodificación. Otro parámetro característico del sistema es la longitud de onda óptica. Existen dos bandas, la de 0.85 um que se llama generalmente "longitud de onda corta" y la banda de 1.3 um, llamada "longitud de onda larga". Considerando la atenuación de transmisión y las características de dispersión, la banda de 1.3 um tiene mayor ventaja que la de 0.85 um. Sin embargo,

actualmente el precio de los dispositivos ópticos que se utilizan en la banda de 1.3 um es comparativamente alto, por tanto la banda de 0.85 um se aplica por lo general en sistemas para redes de abonados en donde la distancia es comparativamente corta y la velocidad de transmisión baja; la banda de 1.3 um se aplica a los sistemas para redes de tránsito en donde la distancia es larga y la velocidad alta.

El acertado desarrollo de las técnicas digitales PCM tanto para transmisión como para conmutación telefónica se considera de gran importancia por proporcionar la base de una red integrada multiservicio de transmisión y conmutación. Las razones son las siguientes:

- La superior calidad de la transmisión ofrecida por los sistemas digitales PCM, comparados con los sistemas analógicos convencionales de transmisión por división de frecuencia, al permanecer la calidad fundamentalmente independiente del número de repetidores o etapas de conmutación.

- La capacidad del sistema PCM, para acomodar toda clase de señales, por ejemplo conversación, datos, facsímil, video en un encaminamiento común, tal como portadora de microondas, fibra óptica.

- Las señales digitales PCM se adaptan al uso de circuitos integrados compactos, muy seguros y de bajo costo para codificación, transmisión simultánea y regeneración de la señal.

Es importante anotar que el acoplamiento de múltiplex de diferente tecnología es perfectamente realizable, como por ejemplo entre MUX NEAX y MUX ALCATEL; por cuanto ambos cumplen, con las especificaciones y recomendaciones dadas por el CCITT.

Se debe recomendar mediciones periódicas de tráfico

telefónico a fin de determinar con claridad las cantidades necesarias de troncales salientes, entrantes y bidireccionales. Puesto que si están subdimensionados los enlaces intercentrales, ello puede ser causa de congestionamiento, deteriorándose por consiguiente la calidad del servicio telefónico. El EMETEL, consciente de ello ha creado recientemente la División de Tráfico y Control de Calidad, adscrita a la Subgerencia de Conmutación Telefónica.

Todas las pruebas indicadas en el capítulo 5, son necesarias cuando se pone en funcionamiento por primera vez un sistema. La mayor parte de ellas se repiten con una periodicidad mensual, a lo que se denomina un mantenimiento preventivo. La medición de la tasa de error en los sistemas de 2/8/34 y 140 Mb/s deberá hacerse diariamente para determinar la calidad del enlace.

Al igual que sucede con los sistemas de conmutación digital, que disponen de un COMAG (Centro de Operación, Mantenimiento y Gestión), que se ubica en "Quito Centro" y desde donde se pueden controlar y supervisar el funcionamiento de todas las centrales digitales de Quito, puede recomendarse que utilizando por ejemplo unidades de interfaz de supervisión y control en las diferentes estaciones múltiplex, se puede centralizar en alguna de ellas, el monitoreo de los sistemas de 2/8/34 y 140 Mb/s, capaz de determinar claramente la ubicación de una tarjeta (bastidor y "magazine" en cualquiera de las estaciones múltiplex) averiada.

Finalmente, y para concluir diremos que con la tecnología digital se ha producido un gran progreso de sistemas de comunicaciones electrónicos, como el sistema de conmutación y transmisión que son en definitiva los que se han integrado y ha permitido la materialización de la red digital que ofrece servicios telefónicos económicos, confiables y de alta calidad.

A N E X O A

MATRIZ DE CIRCUITOS

MATRIZ DE CIRCUITOS TELEFONICOS INSTALADOS EN QUITO

	VF1	VF2	QCN1	QC2	QCN3	MSC1	MSC2	MSC3	MSC4	INQ1	COT1	TDQ	PTD	QCN4	MSC5	LLZ	CCL	MNJ
VF1		30	36	36	14	36	36	36		30		48	66	140		30	26	
VF2	30		16	16	10					14		27	25	140				
QCN1	36	24		60	24	48	42	42	20	35	24	48	34	94	22	30	30	
QCN2	36	16	60		40	40	40	40	20		20	82		195				
QCN3		8		24		12	18	18		14	8	45	7	125				
MSC1	36	20	48	48	14		60	60	32	48	26	60		105	60	30	24	
MSC2	30	14	42	36		64		80	40	48	42	92		156	60	34	23	
MSC3	30	10	42	36		70	114		40	48	42	92		136	60	34	23	
MSC4			20	20		40	40	60		20	16	51		128	45	18B		
IQ1	28	18	30	40	12	48	48	48	20		38	50	30	75	40	58	46	
COT1			26	26		34	36	36	16	38		48		208		36	42	
TDQ	40	24	40	72	34	60	80	80	45	40	40		120B	690	480B	150B	120B	90B
PTD	41	18	15	18	6	12	15	15	6	10	9	120B		270B	30B	30B	30B	
QCN4	178	159	174	12	222	120	120	120	118	135	133	690B	270B		660B	240B	240B	420B
MSC5			9			51	60	60	45	16	30	480B	30B	660B		60B	90B	30B
LLZ	12	8	11			31	34	34	16	30	33	150B	30B	240B	60B		60B	
CCL	8	11	13			19	21	21	10	30	53	120B	30B	240B	90B	60B		
MNJ												90B						

A

A N E X O B

RED INTERCENTRAL

A N E X O C

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA :_____

NUMERO DE RACK :_____

SISTEMA :_____

W & G PCM-5

TOTAL DISTORSION

4-WIRE
TX: + 0.0 dBr RX: -8.0 dBr
R: 600 Ohm.

PRINT MAN RESULTS

TX-TSLOT
= RX + 0

FREQ. 813 Hz.
LEVEL +0.00 dBmO

TX/RX-TSLOT	RESULT/dB	TX/RX-TSLOT	RESULT/dB
1	+40.24	2	+40.15
3	+40.18	4	+40.12
5	+40.15	6	+40.24
7	+40.12	8	+40.10
9	+40.38	10	+39.96
11	+40.13	12	+40.20
13	+40.21	14	+40.20
15	+40.20	17	+40.49
18	+40.27	19	+40.30
20	+40.17	21	+40.27
22	+40.27	23	+40.13
24	+40.32	25	+40.32
26	+40.28	27	+40.45
28	+40.37	29	+40.16
30	+40.18	31	+40.29

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA :_____

NUMERO DE RACK :_____

SISTEMA :_____

W & G PCM-5

TOTAL DISTORSION

4-WIRE
TX: + 0.0 dBr RX: -8.0 dBr
R: 600 Ohm.

PRINT MAN RESULTS

TX-TSLOT
= RX + 0

FREQ. 813 Hz.
LEVEL -30.00 dBmO

TX/RX-TSLOT	RESULT/dB	TX/RX-TSLOT	RESULT/dB
1	+39.59	2	+39.65
3	+39.50	4	+39.48
5	+39.71	6	+39.92
7	+39.56	8	+39.52
9	+39.79	10	+39.83
11	+39.69	12	+40.03
13	+39.80	14	+39.85
15	+39.70	17	+39.90
18	+40.04	19	+39.74
20	+39.49	21	+39.79
22	+39.48	23	+39.96
24	+39.55	25	+39.67
26	+40.07	27	+39.69
28	+39.87	29	+39.53
30	+39.46	31	+39.50

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA :_____

NUMERO DE RACK :_____

SISTEMA :_____

W & G PCM-5

TOTAL DISTORSION

4-WIRE
TX: + 0.0 dBr RX: -8.0 dBr
R: 600 Ohm.

PRINT MAN RESULTS

TX-TSLOT
= RX + 0

FREQ. 813 Hz.
LEVEL -40.00 dBmO

TX/RX-TSLOT	RESULT/dB	TX/RX-TSLOT	RESULT/dB
1	+34.01	2	+34.06
3	+34.13	4	+34.33
5	+34.15	6	+33.96
7	+34.06	8	+34.27
9	+33.75	10	+33.74
11	+34.04	12	+33.93
13	+33.85	14	+33.79
15	+33.82	17	+33.95
18	+33.80	19	+33.82
20	+34.04	21	+33.91
22	+34.07	23	+33.81
24	+34.07	25	+33.77
26	+33.85	27	+33.92
28	+33.93	29	+33.99
30	+33.84	31	+34.15

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA :_____

NUMERO DE RACK :_____

SISTEMA :_____

W & G PCM-5

TOTAL DISTORSION

4-WIRE
TX: + 0.0 dBr RX: -8.0 dBr
R: 600 Ohm.

PRINT MAN RESULTS

TX-TSLOT
= RX + 0

FREQ. 813 Hz.
LEVEL -45.00 dBmO

TX/RX-TSLOT	RESULT/dB	TX/RX-TSLOT	RESULT/dB
1	+28.36	2	+28.26
3	+28.39	4	+28.28
5	+28.27	6	+28.80
7	+28.29	8	+28.32
9	+28.71	10	+28.67
11	+28.44	12	+28.75
13	+28.45	14	+28.41
15	+28.37	17	+28.74
18	+28.60	19	+28.29
20	+28.18	21	+28.42
22	+28.34	23	+28.63
24	+28.40	25	+28.72
26	+28.73	27	+28.64
28	+28.44	29	+28.70
30	+28.70	31	+28.62

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA :_____

NUMERO DE RACK :_____

SISTEMA :_____

W & G PCM-5

TOTAL DISTORSION

4-WIRE
TX: + 0.0 dBr RX: -8.0 dBr
R: 600 Ohm.

PRINT MAN RESULTS

TX-TSLOT
= RX + 0

FREQ. 813 Hz.
LEVEL -55.00 dBmO

TX/RX-TSLOT	RESULT/dB	TX/RX-TSLOT	RESULT/dB
1	+20.42	2	+20.65
3	+20.42	4	+20.55
5	+20.40	6	+19.67
7	+20.82	8	+20.72
9	+20.11	10	+20.14
11	+20.54	12	+19.69
13	+20.75	14	+20.06
15	+20.56	17	+19.83
18	+19.88	19	+20.40
20	+20.44	21	+20.51
22	+20.33	23	+20.19
24	+20.52	25	+20.38
26	+19.55	27	+20.67
28	+20.44	29	+20.38
30	+20.12	31	+20.70

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA :_____

NUMERO DE RACK :_____

SISTEMA :_____

W & G PCM-5

TOTAL DISTORSION

4-WIRE
TX: + 0.0 dBr RX: -8.0 dBr
R: 600 Ohm.

PRINT MAN RESULTS

TX-TSLOT
= RX + 0

GENERATOR OFF

TX/RX-TSLOT	RESULT/dB	TX/RX-TSLOT	RESULT/dB
1	-76.89	2	-77.73
3	-70.91	4	-70.73
5	-72.51	6	>-91.60
7	-74.05	8	-71.03
9	>-91.37	10	>-91.87
11	-77.84	12	>-91.99
13	>-84.46	14	-82.00
15	-81.96	17	>-91.99
18	>-91.99	19	-81.15
20	-73.26	21	-83.84
22	-76.81	23	-82.87
24	-72.87	25	>-90.36
26	>-91.48	27	-81.11
28	-83.48	29	-73.99
30	-70.10	31	-72.73

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : POMASQUI

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

DIAFONIA Resultado: _____ dBmO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		-96														
2	-95		-96													
3		-95		-98												
4			-98		-98											
5				-98		-96										
6					-98		-98									
7						-97		-93								
8							-98		-94							
9								-93		-96						
10									-94		-97					
11										-94		-94				
12											-96		-97			
13												-95		-99		
14													-96		-94	
15														-98		-93

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : POMASQUI

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

DIAFONIA Resultado: _____ dBm0

	151	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
16	-93		-96													
17		-94		-96												
18			-94		-97											
19				-96		-96										
20					-94		-93									
21						-95		-94								
22							-93		-98							
23								-96		-95						
24									-94		-98					
25										-98		-96				
26											-96		-96			
27												-96		-95		
28													-95		-96	
29														-97		-94
30															-94	

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : POMASQUI

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

DIAFONIA Resultado: _____ dBm0

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
1	-109	-----													
3	-----	-108													
5			-108												
7				-107											
9					-108										
11															
13															
15															
17															
19															
21															
23															
25															
27															
29															

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : prueba entre sistema 1 y 2

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

DIAFONIA Resultado: _____ dBm0

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
1	-94	-----													
3	-----	-96	-----												
5		-----	-97	-----											
7			-----	-97	-----										
9				-----	-97	-----									
11					-----	-98	-----								
13						-----	-97	-----							
15							-----	-94	-----						
17								-----	-95	-----					
19									-----	-94	-----				
21										-----	-94	-----			
23											-----	-98	-----		
25												-----	-97	-----	
27													-----	-95	-----
29														-----	-97

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : POMASQUI

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

RESPUESTA DE FRECUENCIA

4W CH: NIVEL XMT -5.0 dBm, 820 Hz NIVEL RCV -2.0 dBm

FRECUENCIAS	EQUIVALENTE	FRECUENCIA DE MEDICION				
	820 Hz	300 Hz	600 Hz	2400 Hz	3000 Hz	3400 Hz
CH No. 4W		+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+1.8 -0.5
1	-0.11	+0.01	-0.11	-0.20	-0.08	+0.70
2	-0.10	+0.07	-0.08	-0.17	-0.07	+0.79
3	-0.18	-0.02	-0.17	-0.26	-0.15	+0.72
4	-0.16	-0.01	-0.15	-0.23	-0.12	+0.67
5	-0.14	+0.03	-0.13	-0.22	-0.10	+0.75
6	-0.15	+0.01	-0.13	-0.21	-0.08	+0.73
7	-0.12	+0.05	-0.11	-0.19	-0.06	+0.78
8	-0.15	-0.03	-0.15	-0.21	-0.08	+0.76
9	-0.15	+0.01	-0.15	-0.23	-0.11	+0.75
10	-0.08	+0.08	-0.06	-0.13	+0.02	+0.88
11	-0.15	+0.00	-0.14	-0.20	-0.05	+0.87
12	-0.13	+0.03	-0.12	-0.21	-0.09	+0.76
13	-0.12	+0.03	-0.10	-0.14	-0.06	+0.73
14	-0.08	+0.08	-0.07	-0.16	-0.07	+0.77
15	-0.09	+0.09	-0.08	-0.20	-0.10	+0.72

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : POMASQUI

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

RESPUESTA DE FRECUENCIA

4W CH: NIVEL XMT -5.0 dBm, 820 Hz NIVEL RCV -2.0 dBm

FRECUENCIAS	EQUIVALENTE	FRECUENCIA DE MEDICION				
	820 Hz	300 Hz	600 Hz	2400 Hz	3000 Hz	3400 Hz
CH No. 4W		+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+1.8 -0.5
16	-0.05	+0.10	-0.04	-0.17	-0.07	+0.78
17	-0.14	+0.04	-0.12	-0.21	-0.09	+0.75
18	-0.13	+0.04	-0.12	-0.22	-0.09	+0.72
19	-0.10	+0.04	-0.09	-0.18	-0.04	+0.76
20	-0.11	+0.07	-0.09	-0.18	-0.06	+0.78
21f	-0.19	-0.03	-1.17	-0.25	-0.11	+0.71
22	-0.02	+0.12	0.00	-0.11	+0.02	+0.80
23	-0.14	+0.03	-0.13	-0.25	-0.16	+0.75
24	-0.10	+0.07	-0.09	-0.21	-0.14	+0.78
25	-0.04	+0.12	-0.03	-0.15	+0.01	+0.80
26	-0.11	+0.05	-0.09	-0.20	-0.11	+0.75
27	-0.10	+0.08	-0.09	-0.18	-0.05	+0.77
28	-0.05	+0.07	-0.04	-0.14	-0.00	+0.80
29	-0.07	+0.06	-0.06	-0.16	-0.06	+0.75
30	-0.11	+0.04	-0.10	-0.23	-0.14	+0.72

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : PRUEBA LOCAL

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

RESPUESTA DE FRECUENCIA

4W CH: NIVEL XMT -5.0 dBm, 820 Hz NIVEL RCV -2.0 dBm

FRECUENCIAS	EQUIVALENTE	FRECUENCIA DE MEDICION				
	820 Hz	300 Hz	600 Hz	2400 Hz	3000 Hz	3400 Hz
CH No. 4W		+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+1.8 -0.5
1	-0.20	-0.04	-0.17	-0.26	-0.15	+0.68
2	-0.17	-0.02	-0.15	-0.23	-0.11	+0.72
3	-0.23	-0.06	-0.21	-0.30	-0.21	+0.59
4	-0.17	-0.02	-0.15	-0.22	-0.10	+0.70
5	-0.24	-0.08	-0.22	-0.31	-0.22	+0.60
6	-0.21	-0.06	-0.20	-0.27	-0.15	+0.65
7	-0.23	-0.06	-0.21	-0.29	-0.18	+0.66
8	-0.19	-0.04	-0.17	-0.25	-0.16	+0.64
9	-0.25	-0.08	-0.23	-0.30	-0.19	+0.63
10	-0.19	-0.03	-0.17	-0.24	+0.12	+0.69
11	-0.22	-0.04	-0.20	-0.29	-0.18	+0.65
12	-0.26	-0.1	-0.24	-0.34	-0.25	+0.63
13	-0.25	-0.06	-0.22	-0.31	-0.19	+0.63
14	-0.18	-0.04	-0.16	-0.25	-0.17	+0.64
15	-0.22	-0.08	-0.20	-0.27	-0.16	+0.67

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : PRUEBA LOCAL

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

RESPUESTA DE FRECUENCIA

2W CH: NIVEL XMT 0 dBm, 820 Hz NIVEL RCV -8.0 dBm

FRECUENCIAS	EQUIVALENTE	FRECUENCIA DE MEDICION				
	820 Hz	300 Hz	600 Hz	2400 Hz	3000 Hz	3400 Hz
CH No. 2W		+2.0 -0.6	+0.7 -0.6	+0.7 -0.6	+1.1 -0.6	+3.0 -0.6
1	-0.33	-0.04	-0.30	-0.52	-0.44	+0.34
2	-0.38	-0.08	-0.35	-0.55	-0.48	+0.30
3	-0.34	-0.06	-0.31	-0.50	-0.41	+0.40
4	-0.34	-0.05	-0.31	-0.49	-0.40	+0.40
5	-0.36	-0.04	-0.33	-0.51	-0.42	+0.38
6	-0.31	+0.01	-0.28	-0.46	-0.36	+0.40
7	-0.31	-0.01	-0.28	-0.46	-0.35	+0.51
8	-0.28	+0.01	-0.25	-0.45	-0.35	+0.42
9	-0.38	-0.09	-0.34	-0.51	-0.42	+0.44
10	-0.30	+0.02	-0.26	-0.44	-0.35	+0.42
11	-0.31	-0.01	-0.27	-0.45	-0.34	+0.46
12	-0.28	+0.01	-0.25	-0.41	-0.30	+0.51
13	-0.36	-0.03	-0.31	-0.50	-0.38	+0.38
14	-0.35	-0.05	-0.31	-0.48	-0.36	+0.40
15	-0.35	-0.05	-0.31	-0.50	-0.42	+0.41

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : PRUEBA LOCAL

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

RESPUESTA DE FRECUENCIA

2W CH: NIVEL XMT 0 dBm, 820 Hz NIVEL RCV -8.0 dBm

FRECUENCIAS	EQUIVALENTE	FRECUENCIA DE MEDICION				
	820 Hz	300 Hz	600 Hz	2400 Hz	3000 Hz	3400 Hz
CH No. 2W		+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+0.5 -0.5	+1.8 -0.5
16	-0.34	-0.04	-0.31	-0.48	-0.38	+0.39
17	-0.36	-0.07	-0.32	-0.51	-0.41	+0.40
18	-0.37	-0.08	-0.34	-0.55	-0.49	+0.33
19	-0.34	-0.04	-0.30	-0.46	-0.34	+0.47
20	-0.34	-0.02	-0.29	-0.49	-0.40	+0.37
21f	-0.32	-0.02	-0.28	-0.46	-0.36	+0.45
22	-0.32	-0.03	-0.28	-0.46	-0.37	+0.42
23	-0.32	-0.05	-0.28	-0.45	-0.35	+0.44
24	-0.36	-0.08	-0.32	-0.51	-0.41	+0.38
25	-0.34	-0.03	-0.30	-0.51	-0.43	+0.36
26	-0.36	-0.03	-0.31	-0.51	-0.41	+0.38
27	-0.39	-0.08	-0.35	-0.53	-0.43	+0.37
28	-0.34	-0.05	-0.30	-0.48	-0.39	+0.41
29	-0.33	+0.01	-0.29	-0.47	-0.36	+0.44
30	-0.32	-0.01	-0.28	-0.44	-0.33	+0.48

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : POMASQUI

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

VARIACION DE GANANCIA VS. NIVEL DE ENTRADA

4W CH: NIVEL XMT -5 dBm, 820 Hz NIVEL RCV -2.0dBm

REF: Nivel de entrada = -10 dBm0

NIVEL	NIVEL DE ENTRADA (dBm0)			
	-55	-50	-40	+3
SPC / CH No.	+/-3.0	+/-1.0	+/-0.5	+/-0.5
1	+0.54	+0.28	+0.20	+0.10
2	+0.50	+0.27	+0.15	+0.09
3	+0.7	+0.44	+0.32	+0.16
4	+0.63	+0.41	+0.27	+0.13
5	+0.45	+0.27	+0.23	+0.12
6	+0.50	+0.31	+0.23	+0.13
7	+0.43	+0.26	+0.17	+0.11
8	+0.52	+0.30	+0.22	+0.14
9	+0.61	+0.38	+0.23	+0.15
10	+0.47	+0.31	+0.17	+0.06
11	+0.47	+0.32	+0.27	+0.14
12	+0.43	+0.27	+0.22	+0.13
13	+0.50	+0.30	+0.22	+0.12
14	+0.33	+0.23	+0.17	+0.09
15	+0.49	+0.26	+0.15	+0.10

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : POMASQUI

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

DISTORSION DE CUANTIFICACION Y RUIDO PONDERADO

4W CH: NIVEL RCV -2.0 dBm

	RUIDO PONDERADO	DISTORSION DE CUANTIFICACION (dBmO)		
		-55	-34	-3
SPC / CH No.	<-65 dBmOp	S/R > 11.1	S/R > 30.7	S/R > 24.8
1	-82	16.84	36.84	36.32
2	-81	16.78	35.30	36.23
3	-81	16.17	35.83	36.16
4	-81	16.96	36.79	36.10
5	-80	16.91	36.72	36.29
6	-80	16.89	36.72	36.16
7	-80	16.73	36.68	36.37
8	-76	16.81	36.78	36.82
9	-76	16.69	36.74	36.00
10	-78	16.84	36.82	36.04
11	-80	16.74	36.64	36.05
12	-79	16.78	36.68	36.28
13	-79	16.62	36.53	36.05
14	-80	16.84	36.73	36.00
15	-76	16.73	36.56	36.37

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : PRUEBA LOCAL

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

DISTORSION DE CUANTIFICACION Y RUIDO PONDERADO

2W CH: NIVEL RCV -8.0 dBm

	RUIDO PONDERADO	DISTORSION DE CUANTIFICACION (dBmO)		
		-55	-34	-3
SPC / CH No.	<-65 dBmOp	S/R > 11.1	S/R > 30.7	S/R > 24.8
1	-77.58	16.06	36.01	36.86
2	-77.50	15.92	35.94	36.85
3	-77.60	15.82	36.04	36.97
4	-77.61	15.87	35.98	37.39
5	-77.58	15.88	35.90	36.97
6	-77.50	15.91	35.99	36.94
7	-76.77	15.75	35.78	37.01
8	-76.70	15.87	35.92	36.99
9	-76.63	15.84	35.90	36.88
10	-76.70	15.89	35.81	36.91
11	-76.74	15.94	35.98	37.00
12	-76.68	15.97	36.00	36.95
13	-74.57	15.84	35.96	36.90
14	-74.60	15.75	35.73	36.66
15	-74.57	16.84	36.01	36.95

PRUEBA DEL SISTEMA FOTS/MUX

ESTACION	IÑAQUITO	FECHA	
PROBADO POR		APROBADO POR	

ESTACION OPUESTA : PRUEBA LOCAL

NUMERO DE RACK :

SISTEMA :

DISTORSION DE CUANTIFICACION Y RUIDO PONDERADO

2W CH: NIVEL RCV -8.0 dBm

	RUIDO PONDERADO	DISTORSION DE CUANTIFICACION (dBmO)		
		-55	-34	-3
SPC / CH No.	<-65 dBmOp	S/R > 11.1	S/R > 30.7	S/R > 24.8
16	-77.08	15.91	35.90	37.02
17	-77.21	15.15	35.79	36.92
18	-77.60	15.93	36.02	36.94
19	-77.61	15.96	35.99	36.85
20	-76.68	15.77	35.93	37.01
21	-77.30	15.87	35.86	36.99
22	-76.70	15.85	35.92	37.04
23	-76.70	15.95	35.95	37.09
24	-76.74	15.83	35.92	36.83
25	-76.70	15.75	35.72	37.02
26	-76.84	16.02	35.92	36.89
27	-76.66	15.86	35.89	36.93
28	-77.60	15.78	35.74	36.96
29	-77.74	15.82	35.96	36.98
30	-77.58	15.88	35.81	36.94

BIBLIOGRAFIA

1.- ERICSSON, Manual ERICSSON AGF, Descripción General.

2.- ERICSSON, Manual ERICSSON ARF, Descripción General.

3.- NEC, NEAX 61M, Hardware, Tokyo, Japan.

4.- AHCIET, Juan Bedmar Izquierdo, Telecomunicaciones a través de fibras ópticas.

5.- CNCT, Ing. Furio Vallese, Transmisión digital, Quito, 1989.

6.- SIEMENS, Roberto Angel Ares, Redes y Servicios Digitales.

7.- SIEMENS TELECOMUNICAZIONI, Digital Multiplexers, 1991.

8.- NIPPON ELECTRIC CO. LTD., Digital Switching System, 1984.

9.- INICTEL, Transmisión digital por cable, Lima, 1987.

10.- CCITT, Medios de transmisión, Características, Tomo III, Fasc.III.3, Libro Azul Melbourne, 1988

11.- CCITT, Redes digitales, Secciones digitales, y sistemas de línea digitales, Tomo III, Fasc.III.5, Libro Azul Melbourne, 1988

12.- CCITT, Aspectos generales de los sistemas de transmisión digital, Equipos terminales, Tomo III, Fasc.III.4, Libro Azul, Melbourne, 1988.

13.- ENTEL, Sistemas de transmisión digital, Vol.1, Chile, 1991.

14.- INICTEL, Equipo multiplexor PCM de 30 canales N5700VF, Lima, 1987.