



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN**

**“FUNDAMENTOS DE TRANSMISIÓN EN
REDES DE TELECOMUNICACIONES”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGNIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
UGALDE FUENTES FROYLAN
HERNÁNDEZ MARTÍNEZ RODRIGO RICARDO**

ASESOR:

ING. BENITO BARRANCO CASTELLANOS

SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO

2005

m. 340052



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FUNDAMENTOS DE TRANSMISIÓN EN REDES DE TELECOMUNICACIONES.

INDICE.

INTRODUCCIÓN.

I - XVII

CAPITULO 1 PCM / PDH.

MODULACIÓN PCM	1
Características de una señal analógica.	2
DIGITALIZACIÓN DE LA VOZ.	3
Filtrado	3
Muestreo	3
Cuantificación..	3
Ruido de Cuantificación.	4
Compresión digital.	4
Codificación	4
Ley A	5
Implementación de la ley A	5
Proceso de digitalización	7
La híbrida.	7
MULTIPLEXADO DIGITAL.	12
Sistema de multiplexaje digital.	12
Velocidades binarias de la jerarquía digital.	12
ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE MULTIPLEXAJE E1	13
Multitrama.	14
Palabra de alineamiento de trama (FAS).	14
Palabra de no alineamiento de trama (NO FAS).	14
Palabra de alineamiento de multitrama.	14
Señalización.	14
Asignación del intervalo de tiempo de canal a 64 Kbits/Seg número 16 (ITU-G.704).	15
Interfaz a 2,048 Kbits/Seg que transporta N x 64 Kbits/Seg	15
SISTEMA PLESIÓCRONO (PDH).	20
Relleno positivo.	20
Relleno positivo-negativo.	21
MULTIPLEX CON RELLENO POSITIVO A 8448 Kbits/Seg. (G.704)	21
Consideraciones generales.	21
Parámetros y velocidades.	23
Multiplex con relleno positivo /nulo / negativo.	23
Estructura de la trama.	24
Pérdida y recuperación de alineación de trama.	24
Método de multiplexión.	24
Dígitos de servicio.	24
ESTRUCTURA DE LA TRAMA BÁSICA A 8448 Kbits/Seg (G.704).	27
Estructura de la multitrama.	27
MULTIPLEX CON RELLENO POSITIVO A 34,368 Kbits/Seg.	27
Multiplexión de cuatro señales digitales a 8,448 Kbits/Seg.	27
Estructura de la trama.	27
Perdida y recuperación de la alineación de trama.	28
Método de multiplexión.	28

Dígitos de servicio.	29
MULTIPLEX CON RELLENO POSITIVO A 139,264 Kbits/Seg	29
Multiplexión de cuatro señales digitales a 34, 368 Kbits/Seg.	29
Estructura de la trama.	29
Pérdida y recuperación de la alineación de trama.	29
Método de multiplexión.	29
Dígitos de servicio.	30
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS DE LA INTERFACES DIGITALES JERÁRQUICAS.	30
Interfaz a 64 Kbits/Seg (E0)	30
Tipos de interfaces.	31
Interfaz codireccional.	31
Interfaz de reloj centralizado.	31
Interfaz contradireccional.	32
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.	32
Características Eléctricas de la interfaz codireccional a 64 Kbits/Seg	32
Especificaciones en los puertos de salida.	34
Características eléctricas de la interfaz contradireccional a 64 K.	35
Especificaciones en los accesos de salida.	35
Características eléctricas de la interfaz contradireccional a 64 K	36
Especificaciones en los puertos de salida	36
INTERFAZ A 2048 Kbits/Seg	37
Características generales.	37
Especificaciones en los puertos de salida.	37
INTERFAZ A 8,448 Kbits/Seg.	39
Características generales.	39
Especificaciones en los puertos de salida.	39
INTERFAZ A 34, 368 Kbits/Seg.	41
Características generales.	41
Especificaciones en los puertos de salida.	41
INTERFAZ A 139,264 Kbits/Seg.	43
Características generales.	43
Especificaciones en los puertos de salida.	43
Especificaciones en los puerto de entrada.	46
CÓDIGOS DE LÍNEA.	46
Códigos bifásicos.	48

CAPITULO 2 TRANSPORTE SDH.

Resumen de las características de SDH.	53
RECOMENDACIONES ITU-T SOBRE SDH.	54
VELOCIDAD DE BITS DE SDH.	55
CONTENEDOS VIRTUAL DE SDH.	55
Terminología.	57
Estructura de multiplexión.	58
ESTRUCTURA DE TRAMA SDH.	59
Estructura de trama STM-1.	59
Estructura de trama STM-N.	60
FUNCIONES DE PUNTERO.	60
TARA.	65
Tara de sección SOH.	66
Tara de sección de orden superior (VC-3,VC-4).	69
Tara de sección de orden inferior (VC-1,VC-2).	71
MAPEO.	72
Mapeo de señales de 2 Mbits/Seg.	72
Mapeo de señales de 34 Mbits/Seg y 140 Mbits/Seg.	74
Mapeo de celda ATM.	77

MEZCLADO DE DATOS	80
APLICACIÓN DE ANILLO EN SDH.	82
Sistema de anillo de conmutación de trayecto unidireccional de dos fibras.	83
Sistema de anillo de conmutación de línea bidireccional de dos fibras.	84
Sistema de anillo de conmutación de línea bidireccional de cuatro fibras.	85
Asignación de canal de 2F USHR/PPS	86
Asignación de canal 2/4F BSHR/LPS	87
SINCRONIZACIÓN.	88
Arquitectura de sincronización.	88
FUENTE DE SINCRONIZACIÓN DE ELEMENTO DE RED (NE).	89
Nivel de calidad en la fuente de referencia.	91
Reglas para la conmutación en fuentes de referencia.	92

CAPITULO 3 SERVICIOS DE BANDA ANCHA ATM / B-ISDN.

TECNOLOGÍAS DE REDES	95
REDES ETHERNET	95
REDES IEEE 802	95
REDES FDI	96
X.25	96
REDES PPP	96
DEFINICIÓN DE LA INTERCONEXIÓN DE REDES	96
ATM	97
HISTORIA	97
CARACTERÍSTICAS	97
NIVELES ATM	98
JERARQUÍA DE TRANSMISIÓN	98
MODELO DE REFERENCIA ATM	99
SERVICIOS QUE SOPORTA ATM	101
RECOMENDACIONES ITU-T PARA ATM	101
ATM VIA E1 A 2.0 MBPS	101
ATM VIA E3 A 34.368 MBPS	104
ATM MAPEO DE CELULAS DE LA TRAMA DE FORMATO E3	107
ATM VIA DS3 A 44.736 MBPS	108
ATM VIA DS4 A 139.264 MBPS	108
MAPEO DE CELULAS ATM DE TRAMAS E4	109
VIA DE REFERENCIA DIRECTA E4	109
ATM Y EL TELETRABAJO	110
SOLUCIONES A LA CONGESTIÓN DE LA RED	110
INTEGRANDO ATM CON LA RED YA EXISTENTE	111
LOS PROBLEMAS DE ATM.	111
PROGRAMACIÓN EN ATM.	111
IP SOBRE ATM	112
ISDN	112
PRINCIPIOS DE ISDN.	112
EVOLUCIÓN Y ARQUITECTURA DE ISDN.	112
INTERFACE Y CONEXIONES ISDN.	113
SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN SOPORTADOS POR ISDN	114
CONCEPTOS DE SERVICIO	114
CLASIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ISDN DE BANDA ANCHA	115
DEFINICIÓN DE CLASES DE SERVICIO	116
ASPECTO MULTIMEDIO	117
DEFINICIÓN DE TELESERVICIOS	117
SISTEMAS ÓPTICOS.	118
RESEÑA HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS.	118
LA FIBRA ÓPTICA COMO CANAL DE TRANSMISIÓN.	119
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR FIBRA ÓPTICA	120

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS EN FIBRA ÓPTICA.	120
VENTAJAS POTENCIALES.	121
CAMPOS DE APLICACIÓN DE FIBRA ÓPTICA.	122
ENLACE POR FIBRA ÓPTICA.	122
FIBRAS ÓPTICAS Y CABLES.	123
RECEPTORES ÓPTICOS.	124
TRANSMISORES ÓPTICOS	124
TRES PRINCIPALES TIPOS DE FIBRAS	125
MEDIOS DE TRANSMISIÓN.	127
TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN.	128
Fabricación de la Fibra.	128
MÉTODOS PARA FABRICAR LA FIBRA.	129
DEPOSICIÓN DE VAPORES QUÍMICOS, MÉTODO EXTERNO (OCVD).	130
Técnica de extracción.	132
MÉTODO DEL DOBLE CRISOL	132
LA CONEXIÓN.	134
DIVERSAS INTERCONEXIONES DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN ÓPTICA.	134
EMPALMES Y CONECTORES.	136
COMPORTAMIENTO DE EMPALMES FUSIONADOS.	136
CONECTORES.	136
PÉRDIDAS RELACIONADAS CON LAS TÉCNICAS DE LOS EMPALMES / CONECTORES EN UNA FIBRA LARGA.	138
DISPOSITIVOS DE DERIVACIÓN.	138
RECOMENDACIONES.	138
APLICACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA EN EL CAMPO DE LA TELEFONÍA	139
COBERTURA DEL PROYECTO Y PROGRAMA DE INSTALACIÓN DE LÍNEAS.	139
TELECOM Y SU TECNOLOGÍA.	139
ESTRUCTURA DEL SERVICIO DE TELEFONÍA.	140
Otros Servicios al Cliente.	141

CAPITULO 4 APLICACIONES EN ENLACES A 2 Mbits/Seg.

CONMUTADOR MERIDIAN 1 OPCION 11 DE NORTEL NETWORKS	145
HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA MERIDIAN	145
ENLACES	147
TIPOS DE TRONCALES	148
ENLACES A LA RED PÚBLICA	148
ENLACES PRIVADOS	148
ENLACES TIPO E_yM	148
ENLACES TIPO ISDN.	148
TARJETAS DE TRONCALES DE LOS EQUIPOS MERIDIAN	148
TARJETAS DE TRONCALES UNIVERSALES	149
TARJETAS DE TRONCALES TIPO E _y M	149
TARJETA DE TRONCALES DIGITALES A 2Mbits/Seg. (NTAK10 DTI 2.0M).	149
DESCRIPCIÓN FUNCIONAL	149
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS LEDS INDICADORES	150
INTERFACES DE SEÑALIZACIÓN	150
SEÑALIZACIÓN DE CANAL ASOCIADO	150
INTERFACE DE PORTADORA	150
Transmisión	150
Recepción	150

TARJETA A 2.0 Mbits/Seg PRI (NTAK79)	151
DESCRIPCIÓN FUNCIONAL	151
COMUNICACIÓN CON EL SISTEMA MERIDIAN	152
PROGRAMACIÓN DE UNA TRONCAL E1 EN UN CONMUTADOR MERIDIAN 1 CON UNA TARJETA DTI2	154
PROGRAMACIÓN DE LA RUTA USADA POR LA TRONCAL E1	155
PROGRAMACIÓN DE UN CANAL DE UNA TARJETA DTI2 PARA UN ENLACE.	158
PROGRAMACIÓN DE LA RUTA PARA EL ENLACE	158

CONCLUSIONES

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Rodrigo Ricardo Hernández Martínez
FECHA: 18 - Enero - 2005
FIRMA: Hdez Hbz. R. Ricardo

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarnos la oportunidad de pertenecer a esta noble institución.

A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Aragón" por brindarnos la formación profesional

Al Ing. Benito Barranco Castellanos por su orientación y ayuda incondicional para la realización de la presente Tesis.

A todos los profesores que contribuyeron a nuestra formación profesional, por su ejemplo a seguir de ética y profesionalismo en cada una de las etapas estudiantiles y en especial a mis sinodales por su apoyo durante toda la carrera y por el asesoramiento en la realización de este trabajo de investigación.

A todos nuestros amigos y compañeros de la universidad por su amistad y su apoyo.

A Dios.

Froylán:

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarnos la oportunidad de pertenecer a esta noble institución.

A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Aragón" por brindarnos la formación profesional

Al Ing. Benito Barranco Castellanos por su orientación y ayuda incondicional para la realización de la presente Tesis.

A mis padres: Froylan y Francisca; a mis hermanas: Tania, Miriam y Gabriela, por su amor y su apoyo.

A todos mis familiares y amigos de quienes siempre recibí su apoyo incondicional en algún momento de mi vida.

Rodrigo:

A mis padres: Maria Guadalupe Martínez Rodríguez y Fernando Hernández Villegas

Porque su amor inspiro mi vida,
porque sus principios inspiran los míos,
por su comprensión y apoyo gracias.

A mis hermanos : Guadalupe, Carmen, Fernando y Rocio.

Gracias por el apoyo que me han brindado durante todo este tiempo y ayudarme en todo momento a salir adelante.

OBJETIVO.

Realizar un documento de consulta que nos ayude a comprender de manera fácil, clara y eficiente las bases que sustentan a los sistemas de telecomunicaciones en la actualidad.

Es indudable que los sistemas de telecomunicaciones modernos avanzan de manera acelerada día con día y surgen continuamente nuevas tecnologías que tienen que interactuar con los sistemas ya existentes por tal motivo es necesario conocer las bases en que se fundamentan los sistemas de telecomunicaciones a fin de entender mejor como afrontar los continuos cambios en los sistemas tecnológicos de telecomunicaciones.

En la presente tesis trataremos de explicar los fundamentos en la transmisión en redes de telecomunicación y en particular en la comunicación de voz.

INTRODUCCIÓN

1.1. - MODELO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES.

Transmisor, Receptor y Medio de transmisión.

Un sistema de comunicaciones es un conjunto de elementos que interactúan entre sí para poder transmitir información o mensajes de un punto a otro, y está compuesto por un transmisor, un medio de transmisión y un receptor.

Transmisor: Acopla la señal manejada del sistema a las características del medio de transmisión con el fin de que se pueda recuperar esa señal en el receptor.

Medio de transmisión: Proporciona un medio de conexión entre el transmisor y el receptor (tal como un conductor metálico, una fibra óptica o espacio libre).

El Receptor: Convierte la información recibida a su forma original y la transfiere a su destino.

SISTEMA DE COMUNICACIÓN SIMPLIFICADO



Para las comunicaciones electrónicas el mensaje de entrada, es recibido por un transductor que puede ser por ejemplo un micrófono, creándose una señal eléctrica generalmente llamada banda base, esta es procesada para poderla mandar por algún medio de transmisión que puede ser cable UTP, fibra óptica, cable coaxial, ondas electromagnéticas y llegar hasta un transductor de salida como por ejemplo una bocina, con el objetivo de entregar lo más fiel posible en las terminales de salida el mensaje que aparece en sus terminales de entrada con el mínimo de errores posible.

MODOS DE TRANSMISIÓN.

Los sistemas de comunicaciones electrónicas pueden diseñarse para manejar la transmisión en una sola dirección, en ambas direcciones pero solo una a la vez, o en ambas direcciones al mismo tiempo.

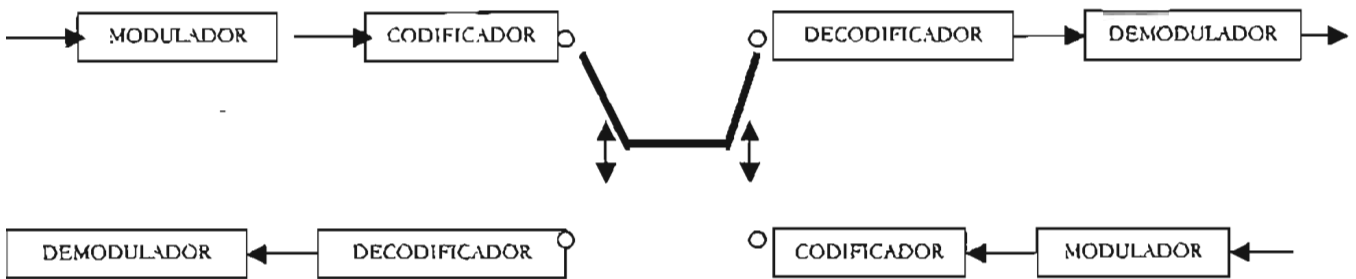
Simplex(SX) : La transmisión solo puede ocurrir en una sola dirección, este sistema es de un solo sentido, solo para recibir o solo para transmitir. Un ejemplo es la radio; la estación siempre transmite y el radioescucha siempre recibe.

Half-duplex(HDX) : Las transmisiones ocurren en ambas direcciones pero no al mismo tiempo. A estos sistemas se les llama con alternativa de dos sentidos, cualquier sentido, o cambio y fuera, como los radios de banda civil y de banda policíaca.

Full-duplex (FDX) : Las transmisiones ocurren en ambas direcciones al mismo tiempo, se les puede llamar líneas simultáneas de doble sentido, duplex o de ambos sentidos. Un sistema telefónico estándar es un ejemplo de esta transmisión.

Full/full-duplex (F/FDX) : Es posible transmitir y recibir simultáneamente, pero no necesariamente entre las mismas dos ubicaciones sino puede existir una tercera estación al mismo tiempo.

SISTEMA DE COMUNICACIÓN HALF-DUPLEX



La *modulación* es el proceso de variar o cambiar alguna propiedad de una portadora analógica, digital o de radiofrecuencia de acuerdo a la información original de la fuente, esta señal en su salida es proporcional de algún modo a la señal que aparece en sus terminales de entrada. Este proceso es el de imprimir una la señal de información sobre una onda que va a transmitir a través de un medio. La señal de información que modula la portadora principal se llama *señal de banda base* o simplemente *banda base*.

Recíprocamente, la *demodulación* es el proceso de convertir los cambios en la portadora analógica a la información original de la fuente.

El *codificador* es un elemento que elige la forma de la señal para optimizar la detección en el extremo de recepción.

El *decodificador* realiza la función inversa al codificador, este toma una decisión basada en las señales disponibles del sistema para recibir el mensaje enviado por el transmisor.

1.2.-FACTORES INDESEABLES EN LA TRANSMISIÓN.

Ruido eléctrico: En general el ruido eléctrico es cualquier energía eléctrica no deseada que afecta a nuestra señal de información. Este se divide en dos, correlacionado y no correlacionado. Correlación implica una relación entre la señal y el ruido. El no correlacionado está presente en la ausencia de la señal y se divide en dos: externo e interno

Ruido externo.- existen tres tipos principales y son el *atmosférico, extraterrestre y hecho por el hombre*.

Ruido atmosférico: Es la energía estática que es generada por la atmósfera terrestre provocando descargas atmosféricas, esta viene en forma de impulsos y despliegan energía de en un amplio rango de radio frecuencias interrumpiendo la información, ha sido observado que a frecuencias superiores de 30 MHz el ruido atmosférico es insignificante.

Ruido extraterrestre: Este se genera fuera de la atmósfera terrestre, es llamado también como ruido del espacio profundo. Uno de ellos es el ruido solar que es provocado por la radiación del sol constante y de alta intensidad, y cuando existen perturbaciones esporádicas por explosiones solares ocasionando la actividad de las manchas de sol. El ruido cósmico es provocado por las estrellas que también son solares pero nos afecta con mucho menor intensidad por la lejanía de nuestro sistema solar.

Ruido hecho por el hombre: Son las fuentes que utiliza el hombre cotidianamente como los motores eléctricos, la ignición de automóviles, equipo de conmutación de potencia y luces fluorescentes entre otros.

Ruido interno.- Es la interferencia eléctrica generada por el mismo dispositivo. Existe el ruido térmico, y el de disparo.

Ruido térmico: Es provocado por la excitación de los electrones, principalmente en los conductores, para comprenderlo debemos considerar el factor de ruido que en un sistema perfecto es igual a la unidad, si al sistema se le introduce ruido, el factor de ruido será mayor a la unidad, matemáticamente es:

Ruido de disparo: Es causado por la llegada aleatoria de una señal en los dispositivos electrónicos de salida como un diodo o un transistor. El ruido de disparo es proporcional a la carga del electrón 1.6×10^{-19} . Su característica es que cuando se amplifica suena como una lluvia de bolitas.

Ruido blanco: En acústica, el llamado ruido blanco está formado por todas las frecuencias audibles, igual que la luz blanca está formada por todas las frecuencias visibles.

Desgraciadamente todos los sistemas presentan algunos factores que además del ruido degradan la información, estos son:

- **Atenuación :** Es la pérdida progresiva de la potencia de la señal, se puede hacer tan pequeña como el ruido y podríamos perderla.
- **Distorsión :** Es cuando se presenta una mala respuesta de la señal, es decir, la señal llega deformada a tal grado que es imposible saber el tipo de información que se esta recibiendo.
- **Interferencia :** Es la contaminación de la señal debido a otras señales similares a la nuestra que pueden provenir de sistemas similares a los nuestros.

Para reducir estas alteraciones en nuestra señal existen métodos analógicos y digitales que a continuación se mencionan:

1.3. EVITANDO FACTORES INDESEABLES.

En un sistema de comunicaciones electrónicas vía cable coaxial, cable UTP, fibra óptica o vía aérea no es posible propagar energía electromagnética a grandes distancias sin antes procesar la señal banda base puesto que no alcanzaría la potencia para llegar al usuario como es el caso de la radio y la televisión, se hace necesario la modulación que como ya se explicó la señal de la información de la fuente actúa sobre o modula una señal de frecuencia sencilla, la señal de frecuencia relativamente alta (información) se llama portadora y la señal de frecuencia baja (vehículo o transporte) se llama de modulación, la señal resultante se llama señal modulada.

MODULACIÓN

Existen modulaciones analógicas, digitales, y por radiofrecuencia.

Modulación por radiofrecuencia: En esencia hay tres técnicas de modulación digital que suelen utilizar en sistemas de radio digital: transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK), transmisión por desplazamiento de fase (PSK), y modulación de amplitud en cuadratura (QAM).

Modulación Analógica: Tenemos la modulación AM, FM, PM, PAM, PWM, PPM

La siguiente ecuación es la expresión general para una onda senoidal variante con el tiempo de voltaje, tal como una portadora analógica. Tres propiedades de una onda senoidal pueden ser variadas: la amplitud (V) (Amplitud Modulada), la frecuencia(f) (Frecuencia Modulada), la fase (ϕ) (Fase Modulada) o cualquier combinación de dos o más de estas propiedades.

$$v(t) = V \text{sen}(2\pi ft + \theta)$$

Características de una señal analógica.

- Frecuencia.
- Amplitud.
- Fase ϕ

PWM. Este método se le llega a nombrar como modulación de duración del pulso (PDM) o modulación de longitud de pulso (PLM). El ancho del pulso es proporcional a la amplitud de la señal analógica.

PPM. La posición de un pulso de ancho constante, dentro de una ranura de tiempo prescrita, varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

PAM. La amplitud de un pulso de posición constante y de ancho constante varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

Los filtros electrónicos tienen una gran presencia al seleccionar o discriminar las frecuencias que se tienen en la vía de información, con estos se divide la información de la señal de transporte.

Los filtros electrónicos se dividen en dos grandes grupos: filtros analógicos y filtros digitales.

Filtros analógicos: Se dividen en *pasivos* (filtros LC) (K constante, m derivados, compuestos), y en *activos* (Realimentación múltiple, y Realimentación simple).

Filtros digitales: Los filtros digitales son sistemas lineales e invariantes en el tiempo. Son utilizados los procesadores digitales de señales aceptando como entrada una señal digital y produce una secuencia de señales digitales de salida. las ventajas son las siguientes:

- Son fáciles de modificar que los analógicos
- Es intervalo dinámico superior está en función del número que el hardware digital y el límite inferior por los errores del redondeo y el ruido de cuantización.
- Ausencia de problemas en los componentes. Los parámetros del filtro se presentan por medio de números binarios por lo que no derivan con el tiempo y obtener una exactitud en la respuesta.
- Conmutabilidad. Las características del filtro pueden ser fácilmente modificadas, porque los parámetros están almacenados en registros que pueden ser cambiados a voluntad.
- Adaptabilidad. Sus componentes se controlan por un computador que se hace programar para diferentes respuestas en frecuencia minimizando los errores.

Es importante señalar algunos parámetros de la información analógica y digital. Uno de ellos muy importante es el ancho de banda de un sistema de comunicaciones que debe ser lo suficientemente grande para que puedan pasar todas las frecuencias significativas de la información, entre mas ancho sea este, más clara y rápida se tiene los datos o información que se está recibiendo si el equipo lo permite.

La relación entre el ancho de banda, tiempo de transmisión y capacidad de información fue desarrollada en 1920 por R. Hartley de los Laboratorios Telefónicos Bell.

La ley Hartley : $I = B \times t$

Donde: I es la capacidad de información.

B es el ancho de banda (herz).

t es el tiempo de transmisión.

ESPECTRO DE RADIO FRECUENCIAS

BANDA DE FRECUENCIAS	GAMA DE FRECUENCIAS	LONGITUD DE ONDA, cm
VLF (frecuencias muy bajas)	3 Hz -30 KHz	10,000,000-1,000,000
LF (frecuencias bajas)	30 KHz-300 KHz	1,000,000-100,000
MF(frecuencias medias)	300 KHz-3 MHz	100,000-10,000
HF(frecuencias altas)	3 MHz-30 MHz	10,000-1,000
VHF(frecuencias muy altas)	30 MHz-300 MHz	1,000-100
UHF(frecuencias ultra altas)	300 MHz -3 GHz	100-10
SHF (frecuencias super altas)	3 GHz-30 GHz	10-1
EHF(frecuencias extra altas)	30 GHz-300 GHz	1-0.1

Modulación Digital:

Para llevar a cabo la transmisión digital, nos encontramos con el PCM (Modulación por Código de Pulsos), que a continuación se menciona la importancia y proceso de este.

Ventajas.

La ventaja principal es la inmunidad al ruido, las señales analógicas son más susceptibles a la frecuencia, variaciones de fase, amplitud no deseada, en cambio los sistemas digitales evalúan un intervalo de muestreo y determina si el pulso está abajo o arriba del umbral. Se prefieren los pulsos digitales por su multicanalización y procesamiento, el sistema digital regenera las señales en vez de amplificar las señales analógicas provocando el ruido, las señales digitales son fáciles de medir y evaluar su rendimiento y detección de errores.

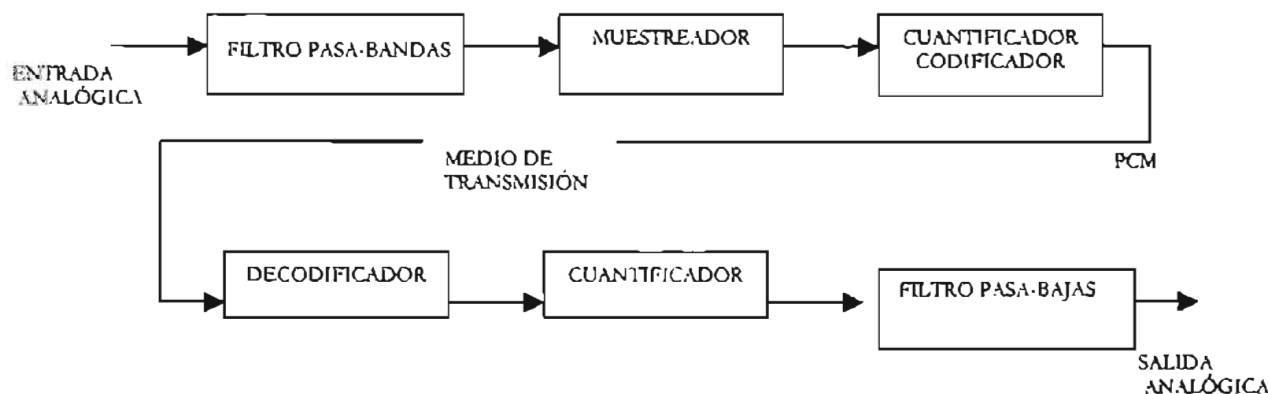
Desventajas.

Requieren más ancho de banda para transmitir que la señal analógica, se requiere equipo para cambiar la señal analógica a digital y digital a analógica, y sincronizar el tiempo de los relojes del transmisor y el receptor.

PCM es la *modulación de pulsos codificados*, es un sistema binario; un pulso o ausencia de pulsos dentro de una ranura de tiempo representa una condición de lógica de 1 o 0.

Una de las técnicas para pasar en telecomunicaciones de una señal analógica a una digital es el siguiente diagrama de un sistema de un solo canal en PCM.

DIAGRAMA A BLOQUES A/D, D/A PCM



El proceso de digitalización de las señales originalmente analógicas se conocen como proceso de cuantización, el cual consiste en la subdivisión de las amplitudes de las señales en un determinado número de niveles discretos de amplitud. Las señales que resultan se denominan cuantizadas. Este proceso produce una pérdida irreparable de información, debido a que es imposible reconstruir la señal analógica original a partir de su versión cuantizada. Esta pérdida es el pedacito de la señal y le denomina ruido de cuantización.

El último receptor de la información, los oídos en el caso de la música o sonoros, los ojos en el caso de imágenes presentan limitaciones en cuanto a la más fina graduación que se puede distinguir, este ruido puede reducirse hasta cualquier grado que se desee escogiendo los pasos de cuantización o niveles de separación lo más próximos posible, cuanto más es el número de dígitos o bits que se necesitan para representar la señal, el ancho de banda necesario para la transmisión será también mayor.

Se escogen normalmente tan pocos niveles de cuantización como sea posible para mantener la consistencia de los objetivos de la transmisión, un ejemplo es la transmisión de voz que requiere 128 niveles o en PCM de 7 bits, suficientes para asegurar una alta calidad de transmisión de voz.

Por lo expuesto, podemos pensar en un ancho de banda para las señales de los sistemas de telefonía de 3.4 KHz. Según el teorema de muestreo, para poder reconstruir una señal de hasta 3.4 KHz., debe ser muestreada a más de 6.8 KHz. Dado que los "filtros reales" no pueden realizar cortes abruptos, se ha tomado en telefonía una frecuencia de muestreo de 8 KHz. es decir: "El valor nominal recomendado es de 8000 muestras por segundo con una tolerancia de ± 50 partes por millón (ppm)"

En los mux de 1er orden, el número de niveles de cuantización se define por la siguiente relación.

$$N = 2^a$$

Donde:

N = Número de niveles de cuantización.

a = Número de bits para cuantificar una muestra.

De esta manera para un sistema de 8 bits por muestra codificada se tiene:

$$N = 2^8 = 256$$

Compresión Digital

Los sistemas PCM comerciales usan la compresión digital que consiste en codificar utilizando 12 bits y luego reducirlos a 8, que son los que se transmiten.

La compresión se lleva a cabo de la siguiente manera:

- El primer bit pasa igual por ser el bit de signo.
- A continuación se cuenta el número de ceros, antes de que se presente el primer 1.
- Se resta el número de ceros de 7 (el número máximo de ceros es 7) y el resultado se convierte a binario de 3 dígitos. El resultado indica el número de segmento.
- Luego, se tiene un 1, mismo que no se toma en cuenta ya que se sabe que es un 1.
- A continuación se consideran los siguientes 4 bits. Los demás bits se truncan.

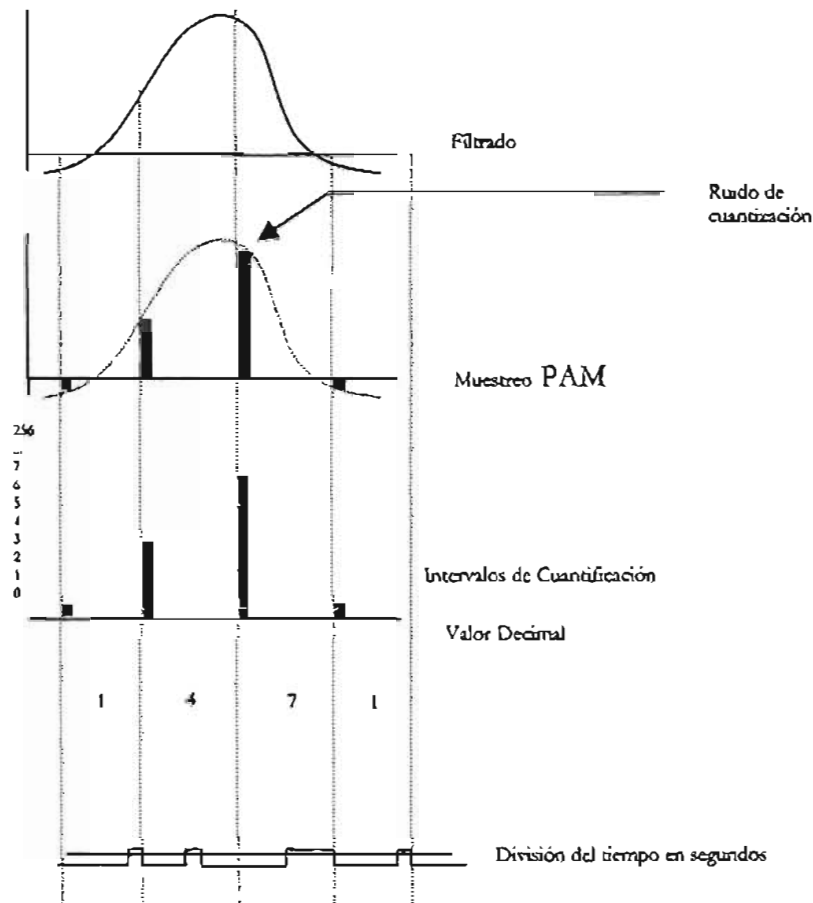
Codificación.

La función del codificador es la de generar los caracteres de la señal y que representan los valores cuantificados de las muestras; de hecho los procesos de cuantificación y codificación son funciones combinadas en los sistemas prácticos.

A la muestra cuantificada se le asigna un valor finito comprendido dentro de la ley A; a este valor, el codificador le asigna un código de 8 bits mediante las siguientes 3 etapas:

- Determinación de la polaridad de la muestra.
- Proceso de codificación no lineal.
- Codificación lineal.

DIAGRAMA DE PROCESAMIENTO ANALÓGICO DIGITAL PCM



Teorema de Nyquist:

Los datos analógicos de banda limitada se pueden convertir a forma muestreada tomándose muestras de ellos por lo menos a la velocidad de Nyquist. El teorema de Nyquist establece la mínima razón de muestreo (f_s) que puede usar para un sistema PCM específico. Para que una muestra sea reproducida correctamente en el receptor, cada ciclo de la

señal de entrada analógica se debe muestrear por lo menos dos veces. Consecuentemente, la mínima razón de muestreo es igual al doble de la frecuencia de entrada de audio más alta. Si f_s es menor que el doble de f_a , resultará en una distorsión. Esta distorsión se llama de aliasing o distorsión encimada. Matemáticamente, la misma razón de muestreo de Nyquist es:

$$f_s \geq 2 f_a$$

Donde:

F_s = mínima razón del muestreo de Nyquist

F_a = frecuencia más alta que se debe muestrear.

Esencialmente, un circuito de muestreo y retención es un modulador de AM. El interruptor es un dispositivo no lineal de dos entradas: el pulso de muestreo y la señal analógica de entrada. El resultado incluye a dos señales originales, el de audio y la frecuencia fundamental del pulso muestreado. Debido a que el pulso muestreado es una forma de onda repetitiva, se compone de una serie de ondas seno relacionadas armónicamente. Cada una de estas se modula en amplitud por la señal analógica y produce frecuencias de suma y diferencias simétricas, alrededor de cada una de las armónicas de f_s . Cada frecuencia de suma y diferencia generada se separa de su frecuencia central respectiva por f_a . Mientras que f_s sea por lo menos el doble de f_a , ninguna de las frecuencias laterales de una armónica se desbordará en las bandas laterales de otra armónica y evita la distorsión encimada. Si una frecuencia lateral, alias de la primera armónica se encima al espectro de entrada de información de audio, no puede removerse por medio de filtros o cualquier otra técnica.

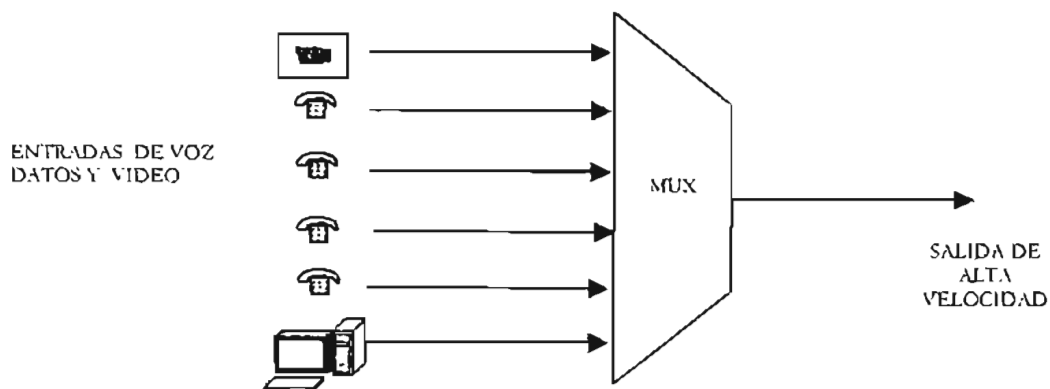
MULTIPLEXION DE SEÑALES.

Se aplica a dispositivos más o menos inteligentes, que consisten en un procesador con su memoria, un mecanismo de barrido y un conjunto de adaptadores de comunicaciones.

La función principal es proveer un medio de transmisión para compartir la línea de comunicación entre diversas estaciones de trabajo o unidades de procesamiento.

La acción de compartir la línea nos conlleva a una reducción de costos en el equipo como los modems, adaptadores, puertos del procesador central, líneas telefónicas, e incluso satélites y cables submarinos.

Las técnicas de multiplexaje son muy importantes en las líneas de telecomunicaciones de alta velocidad y permite enlazar las redes de larga distancia transportando simultáneamente voz, datos y video.



Las técnicas de multiplexaje son: TDM, FDM, WDM, CDMA.

Multiplexaje por División de Tiempo. Se intercalan cronológicamente las muestras para poderla transmitir por un solo canal de comunicación, hablar del TDMA es transportar señales digitales o analógicas mediante la mezcla temporal, los datos se transmiten en forma de tramas agregándose palabras de bits para la estructura y la sincronía y así sincronizar el tiempo de inicio de cada estructura del sistema receptor, estos bits son nombrados bits de control.

En el caso del PCM 30+2 sistema europeo cada trama se divide en 32 intervalos de tiempo, la velocidad de muestreo para cada uno de los intervalos de tiempo es de 8000 muestras por segundo y cada intervalo de tiempo contiene 8 bits, por lo tanto este sistema tiene:

$$(8000 \text{ muestras/seg}) (32 \text{ IT})(8\text{bit/muestra}) = 2.048 \text{ Mbits /seg.}$$

Alineamiento de Trama: Es también conocida como sincronía de trama. En todas las tramas pares en el intervalo de tiempo ϕ se debe transmitir la palabra X0011011, la X es un bit que se forma convencional, indica un cruce de frontera, normalmente se utiliza X=1. Además deberá transmitirse la palabra 00001BX1 en el intervalo de tiempo 16, los cuatro ceros consecutivos representan la palabra de alineamiento de multitrama. El bit B sirve para indicar una falla de transmisión de multitrama. Si B es igual a cero, el sistema esta en sincronismo, si B es igual a 1 hay pérdida de sincronía de multitrama.

Señalización : Se requieren de 4 bits para señalar cada canal telefónico la información de señalización que se transmite en el IT 16 requiere de 15 tramas de la 1 a la 15 para señalar los 30 canales y se le conoce como señalización por canal asociado.

Características:

Frecuencia de muestreo	8KHz
Tiempo de trama	125 μ seg
No. De bits por trama	(8bits)(32)=256
Velocidad de Tx de canal	64Kbps
Vel. De Tx del sistema	(64Kbps)(32)=2.048 Mbps
Ley de compresión	A
No. de intervalos de tiempo por trama	32
Duración de un bit	0.488 μ s

FDM: La jerarquía se aplica en la técnica telefónica estadounidense AT&T donde se multicanalizan 12 señales telefónicas analógicas de 0 a 4KHz por división de frecuencia formando un grupo, cinco de estos grupos forman un supergrupo con 12 señales telefónicas analógicas a frecuencia de voz, el ancho de banda es de 48 KHz. Diez canales de supergrupo son multicanalizadas por división de frecuencia a una forma de señal master grupo teniendo 600 señales de voz generando un grupo de tipo U600 de AT&T. Los grupos alcanzan las 3600 señales generando un jumbo grupo.

El FDMA: Transmite simultáneamente las señales analógicas con una frecuencia portadora diferente, la señal de entrada puede ser digital pero se debe convertir a analógica y trasladadas a la banda de frecuencia apropiada.

CDMA (Multiplexión por División de Código): Se puede transmitir cualquier ancho de banda pues es un acceso múltiple del espectro disperso sin limitaciones de ancho de banda. Las transmisiones son separadas por medio de técnicas de encriptación. Las transmisiones de cada estación terrea se codifican con una única palabra llamada código de chip, para recibir la transmisión, la estación receptora tiene que saber el código del chip para esa estación.

Es inmune a la interferencia, las estaciones terreas se puede transmitir al mismo tiempo y a la misma frecuencia.

WDM (Multiplexación por división de longitud de onda) y FDM (Multiplexación por división de frecuencia) respectivamente, siendo la principal diferencia entre uno y otro la separación entre dichos canales en donde los sistemas FDM es del orden de los GHz y en WDM es de los THz

Las redes FDM/WDM pueden ser implementadas haciendo uso de las topologías convencionales (estrella, bus y ring). La topología a usar depende de algunos factores que serán expuestos más adelante.

REDES

Un sistema de comunicaciones está constituido por:

- Nodos
- Enlaces
- Topologías.

NODOS: Los nodos son entradas o elementos en donde converge o emerge la información entre ordenadores (como los Man frame), conmutadores, concentradores, etc.

Normalmente el nodo denominado ETD (equipo terminal de datos), se le asigna a un CP, impresora, scanner, etc. Otro nodo son los ECD (Equipo de Circuitos de Datos), se le asigna a un modem. Entre estos dos nodos fluye la información mediante los enlaces o canales de comunicación.

ENLACES: Son los caminos o trayectorias lógicas o físicas por donde se transmite la información entre dos nodos o más, con el propósito de compartir los recursos y archivos de la red, correo electrónico, correo de voz, etc

Estos se pueden dividir en enlaces físicos directos como el ordenador y su impresora, en enlaces compartidos, enlaces físicos con alternativas, etc.

Los enlaces se clasifican por su forma de operación: Enlace simples, semiduplex y duplex integral o full duplex.

Los enlaces o canal de transmisión se dividen en dos grupos que son:

- 1) El grupo de los enlaces físicos terrestres.
 - El par trenzado UTP o STP
 - El cable coaxial banda base y banda amplia
 - La fibra óptica monomodo y multimodo.

- 2) Grupo de enlaces aéreos:
 - Microondas
 - Satélites
 - Láser
 - Infrarrojo

El cable STP (Shielded Twisted Pair), fue desarrollado para la transmisión de datos, y consiste en un cable de 2 pares torcidos cubiertos por una malla de cobre que debidamente aterrizada ofrece mayor protección a las interferencias electromagnéticas. Este cable no fue pensado para un sistema estructurado, pero motivó el desarrollo de nuevos cables para sistemas estructurados con la flexibilidad del UTP y la protección del STP creando el FTP (Foiled Twisted Pair), el SFTP (Shielded Foiled Twisted Pair) y el SSTP (Single Shielded Twisted Pair). Debido a su cubierta de metal (STP) este cable se vuelve grueso y por lo tanto, es difícil de introducir en rubos o ranuras pero su manejo y su mayor costo al UTP no lo hace un cable muy popular pero es excelente en la transmisión de la información.

El FTP es un cable UTP cubierto por una malla de aluminio y el alambre del cable permite la transmisión de datos de hasta 100 MHz.

El cable coaxial está compuesto por dos conductores, uno interno o central y otro externo que lo rodea totalmente, esta disposición provee de un excelente blindaje entre los dos conductores. Entre ambos conductores existe un aislamiento de polietileno o compacto espumoso, de forma externa tiene un aislamiento de PVC o policloruro de vinilo. Este cable se aplica en la difusión de diferentes tipos de redes de transmisión de datos, televisión y especialmente en televisión por cable.

Existen dos tipos de cable coaxial, el primero es de banda base, normalmente empleado en redes de computadoras, con una resistencia de 50 ohms. El cable coaxial de banda ancha normalmente mueve señales analógicas posibilitando la transmisión de gran cantidad de información.

Fibra óptica

Los recientes progresos de la tecnología en rayos láser semiconductores y fibras ópticas de baja atenuación hacen posible la realización de sistemas de telecomunicación mediante fibras ópticas como canal de transmisión.

Descripción General.

En su forma más simple, un sistema de comunicación por fibra óptica está constituido por tres elementos:

- Un módulo de emisión, que tiene por función transformar la información en forma de señal eléctrica a información en forma de luz. A este módulo se le llama **Emisor Óptico**.
- Un canal transmisión de la luz, que es la **Fibra Óptica**.
- Un módulo de recepción que tiene por función transformar la información óptica recibida en información con la forma de señal eléctrica; se le llama **Receptor Óptico**.

Las transmisiones a distancias demasiado grandes pueden necesitar la utilización de uno o varios repetidores, cuya función es amplificar la señal óptica. Un rependedor está constituido por un receptor óptico seguido por un emisor óptico.

El emisor óptico contiene la fuente de luz, que puede ser un diodo electroluminescente o un diodo láser. El receptor óptico contiene el detector óptico, el cual puede ser un fotodiodo o un fototransistor.

El emisor y el receptor ópticos están dotados de conectores que permiten acoplar la fuente y el receptor de la luz a la fibra. El canal de transmisión puede contener conectores que le permiten acoplar dos fibras entre sí.

Características de los Sistemas en Fibra Óptica.

- La velocidad de transmisión más rápida, ya sea en datos, voz o video.
- El más bajo porcentaje de error de transmisión.
- Total inmunidad a interferencia de electromagnética o de radio frecuencia.
- Resistencia a la corrosión, fuego y químicos.

Ventajas Potenciales.

Con respecto a los sistemas tradicionales de comunicación, los sistemas por fibra óptica poseen:

Baja Atenuación: Gracias a la baja atenuación de las fibras actuales se puede acrecentar la distancia entre las repetidoras en un sistema de comunicación por fibra óptica. De esta forma, si se disminuye el número de repetidoras se aumenta la confiabilidad del sistema.

Aislamiento Eléctrico: Las fibras se hacen de materiales aislantes eléctricos (vidrios, plásticos). Esto hace que las interferencias electromagnéticas externas no perturben la transmisión en la fibra. La transmisión será de muy alta calidad sin que se necesite una protección costosa contra el ruido electromagnético externo. Esto es una gran ventaja en lugares donde se producen variaciones bruscas de tensión y de corriente. Las fibras ópticas no sufren centelleos ni cortocircuitos, lo que las hace seguras en las fabricas de explosivos o de productos químicos y petroquímicos.

Peso y Dimensiones: Un cable de fibra óptica es, por lo menos, 10 veces más ligero y más compacto que un cable coaxial clásico. Esta reducción de peso y dimensiones permite economizar el transporte y la instalación de cables; constituye también una ventaja para la instalación en aviones, barcos y en cualquier lugar donde el espacio sea limitado.

Gran Banda de Paso: Una fibra óptica, gracias a su gran capacidad de banda pasante, permite reemplazarla en varios canales de transmisión clásicos, lo que es un importante logro económico.

Diafonía: Como una fibra óptica no radia ni capta radiación externa, esta completamente exenta de diafonía, lo que proporciona una transmisión con muy buena calidad.

Campos de Aplicación de Fibra Óptica.

Los campos de aplicación de las fibras ópticas son numerosos. A continuación se listan los principales:

Telefonía:

Enlaces sin repetidora entre centrales telefónicas.
Enlaces interurbanos con repetidoras.
Enlaces transoceánicos por cable óptico submarino.
Transmisión de datos.
Distribución de gran capacidad entre los abonados de servicios telefónicos, videofónicos y de transmisión de datos.

Televisión:

Distribución por cable.
Enlaces cámara-estudio.
Teleconferencias.
Sistemas de seguridad

Informática:

Enlaces entre computadoras.
Enlaces entre computadoras y periféricos.
Conexión de material de oficina.
Enlaces internos de material informático.

Área militar:

Comunicaciones tácticas.

Aviación (helicópteros, interceptores).

Marina (submarino, barcos).

Datos técnicos**Par trenzado.**

Grosor de 1mm.

El ancho de banda depende del grosor y de la distancia.

Velocidad del orden de 10-100 Mbps.

Categorías de cable par trenzado:

STP (apantallado): 2 pares de hilo, recubierto por malla.

UTP (no apantallado): 4 pares de hilos.

Categoría 3: vas de 4 en 4 (8 cables), alcanzando 30 Mbps .

Categoría 5: más retorcidos y mejor aislante (teflón), alcanzando 100 Mbps .

Cable coaxial

Los hay de 2 impedancias:

75 ohmios: banda ancha, utilizado en TV, distintos canales, 300MHz.

50 ohmios: banda base, utilizado en Ethernet, un canal.

10BASE5: coaxial grueso, 500 metros, 10Mbps, conector "N".

10BASE2: coaxial fino, 185 metros, 10 Mbps, conector "BNC".

Fibra óptica.

La fibra óptica operando en la tercera ventana (1.3- 1.6 μm) presenta atenuaciones en la transmisión del orden de los 0.2 dB/Km, haciendo posible implementar sistemas de transmisión de larga distancia cuya separación entre repetidores puede alcanzar los 200 Km reduciendo de esta forma los costos y complejidad del sistema.

En esta región de bajas pérdidas una fibra óptica monomodo posee un ancho de banda superior a 25 THz. Se puede usar este extenso ancho de banda para realizar funciones orientadas a redes y sistemas, tales como enrutamiento, conmutación y servicios.

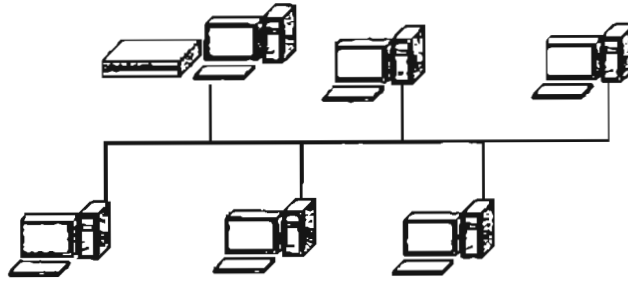
Una forma práctica de usar la capacidad de transmisión de la fibra óptica es dividiéndola en múltiples canales, a través de diferentes longitudes de onda o haciendo uso de diferentes frecuencias.

TOPOLOGÍAS: La topología es la parte de la geometría que nos ayuda a materializar los caminos lógicos y/o físicos que se formulan entre los diferentes nodos de nuestra red o sistema.

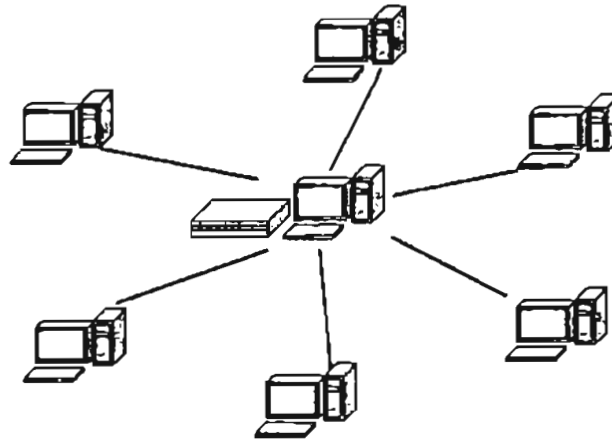
Se dividen en:

- Topología Horizontal o Bus
- Topología en Estrella
- Topología en Anillo
- Topología en Malla.

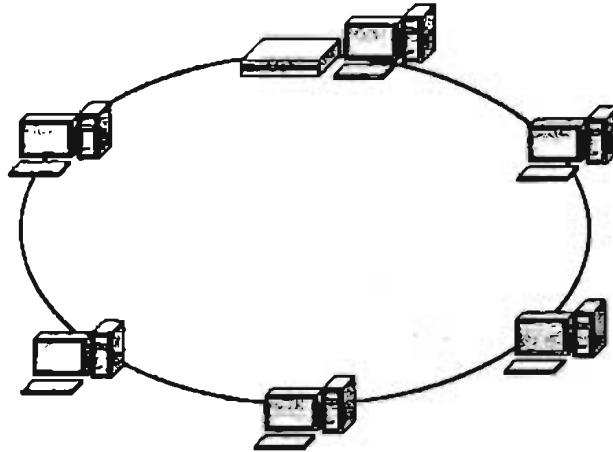
Topología Horizontal o en Bus : Los dispositivos se conectan a un medio de transmisión común, por lo que todos los dispositivos pueden enviar y recibir cualquier transmisión que se haga en el medio.



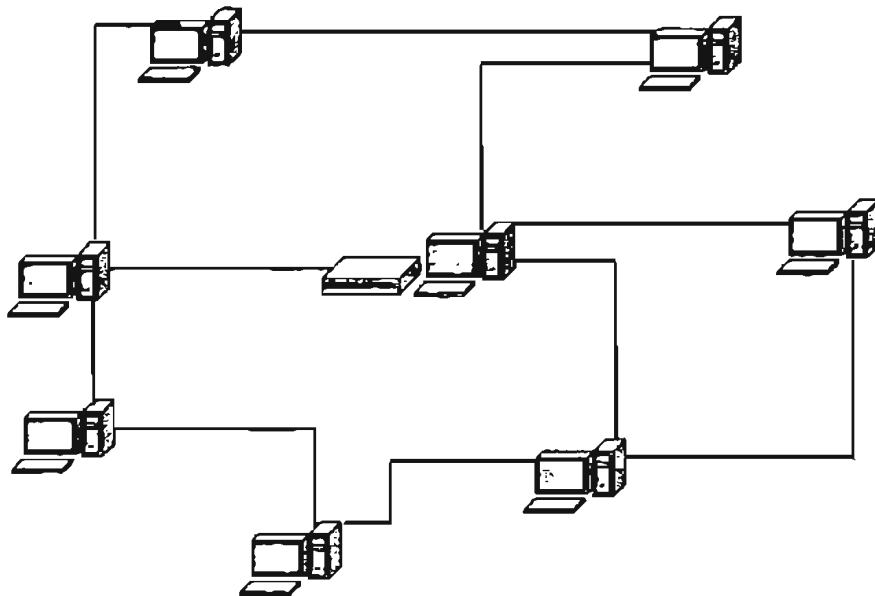
Topología en estrella: Los dispositivos se unen a un solo punto llamado nodo central o concentrador por medio de enlaces punto a punto. El nodo central puede ser activo cuando deja la distribución de datos en la red, o pasivo que es cuando divide las señales que le llegan entre todos los dispositivos de la red.



Topología en anillo: Se usan conexiones punto a punto para enlazar los dispositivos adyacentes de manera que se forme una sola trayectoria cerrada o anillo. La información en forma de paquetes de datos es transmitida de un dispositivo a otro de todo el anillo.



Topología en malla: No tiene una configuración definida, los dispositivos se conectan entre sí utilizando enlaces punto a punto en una forma arbitraria que puede variar demasiado en una implementación a otra. El número idóneo de conexiones para enlazar los dispositivos que requieren comunicarse se determina tomando en cuenta el costo del medio de transmisión.



Las topologías conforman las redes de comunicaciones y se pueden clasificar por su velocidad y su transmisión

- Red de Area Local (LAN): La distancia máximo entre nodos es de 10 metros como mínimo hasta 10 Km como máximo. Estas redes son de servicio privado. La velocidad de transmisión de los datos se encuentran entre 10Mbps hasta 100 Mbps. A una LAN se le conoce como sistema BROADCAST, es decir que todas las máquinas o nodos conectados a un mismo enlace con un par trenzado (UTP) o cable coaxial para banda base y banda amplia, utiliza topologías Bus, Estrella, y anillo.
- Red de Area Metropolitana (MAN): Esta red se constituye con un cierto número de subredes LAN. La distancia mínima entre las subredes es de 10 Km hasta una distancia máxima de 100Km. A estas distancias tan grandes, la velocidad de transmisión de los datos se reduce a paquetes de 300 a 9600 bps. Por lo tanto a este sistema se le conoce como PACKET-SWITCHED (Switchero de paquetes). Los ordenadores que controlan la información entre las diferentes subredes de la red es mediante Ruteadores. Sus enlaces son microondas terrestres, satelitales, y telefónicos. Su modo de transmisión es en banda amplia y luz. Una MAN se considera como una red pública de datos. Su topología es en malla. La integración de esta red se conoce como sistema RDSI (Red Digital de Sistemas Integrados).
- Red de Área Amplia (WAN): Su principal característica por su distancia que tiene como mínimo 100Km hasta 1,000Km. Su velocidad de Transmisión de la información es de 300 a 9600 bps, en paquetes de esa longitud. Su característica es que los computadores que controlan la red es mediante GATE WAYS o también conocidos como puertas, que tienen como principal función en homologar y habilitar los diferentes software y hardware de las diferentes subredes de la red mediante protocolos.
- Red Global: Se considera que tiene una distancia geográfica de 10,000 Km o más. Un ejemplo es el Internet.

PROTOCOLOS DE COMUNICACIONES.

La OSI

La interconexión de sistemas abiertos (OSI) es el conjunto de estándares para las comunicaciones entre computadores, su propósito es servir como una guía estructural para intercambiar información entre computadores, terminales y redes. El OSI se apoya en la ISO Y CCITT, que adoptaron un modelo de referencia de arquitectura de comunicación de siete capas. Cada capa consiste de protocolos específicos para comunicarse.

Nivel 7 Aplicaciones
Nivel 6 Representación
Nivel 5 Sesión
Nivel 4 Transporte
Nivel 3 Red
Nivel 2 Enlace de datos
Nivel 1 Físico

1. **Capa física.** Es el nivel más bajo de la jerarquía, especifica estándares físicos, eléctricos (como el voltaje mínimo, máximo e impedancia del circuito), funcionales y de procedimiento para ingresar a la red de comunicaciones de datos.
2. **Capa de enlace de datos.** Es responsable de las comunicaciones entre los nodos primario y secundario de la red, proporciona un medio de activar, mantener y desactivar el enlace de datos, además proporciona la trama final de la envolvente de información y facilita el flujo ordenado de los datos entre los nodos detectando y corrigiendo los errores.
3. **Capa de Red.** Determina la configuración de la red como marcación dedicada o en paquetes es la más apropiada para la función que proporciona la red, define el mecanismo en el cual los mensajes se dividen en paquetes de datos y son enrutados del nodo de salida al nodo receptor dentro de la red.
4. **Capa de transporte.** Controla la integridad del mensaje de un extremo de la red al otro, incluye un mensaje de ruteo, segmentación y recuperación de error. Esta es la capa superior de transporte puesto que las capas superiores se dirigen a los aspectos de aplicación.
5. **Capa de sesión.** Responsable de la disponibilidad de la red como son los búfers y capacidad de procesamiento, incluyen procedimientos de ingreso y abonado de la red así como verificar la autenticidad del usuario. Una sesión es una condición temporal cuando los datos están en el proceso de ser transferidos. La capa de sesión determina la disposición del tipo de diálogo si va a ser simple, half duplex o full duplex.
6. **Capa de presentación.** Esta capa se dirige a cualquier conversión necesaria de códigos o sintaxis para presentar los datos a la red en un formato común. Incluye un formateo de archivos de datos codificados (ACII, EBCDIC, etc), encriptación y desencriptación de mensajes, procedimiento de diálogo, compresión de datos, sincronización, interrupción y terminación. Realiza la traslación del conjunto de códigos y caracteres y determina el mecanismo para el desplegado de los mensajes.
7. **Capa de aplicaciones.** Esta capa es la más alta en la jerarquía. Controla la secuencia de actividades dentro de una aplicación y la secuencia de eventos entre la aplicación de la computadora y el usuario de otra aplicación. Esta capa se comunica directamente con el programa de aplicación del usuario.

CAPITULO 1

**FUNDAMENTOS DE TRANSMISIÓN EN REDES
DE TELECOMUNICACIONES**

PCM / PDH

MODULACIÓN PCM

La transmisión de señales en forma digital presenta ventajas indiscutibles sobre los sistemas de transmisión tradicionales en los cuales la señal que se transmite es de tipo analógico.

En efecto, la amplitud de una señal analógica varía de forma continua en el tiempo y, por lo tanto, es sensible a cualquier perturbación que se superponga a ellas, mientras que la señal digital varía entre dos amplitudes fijas y definidas en el tiempo, por lo que en recepción es suficiente reconocer de cual de ellas se trata, y por lo tanto es menos sensible a los ruidos que se pueden superponer a ellas durante la transmisión.

Además, mientras en los sistemas de transmisión analógicos, todos los repetidores retransmiten amplificada la señal recibida, y por lo tanto el ruido es acumulativo, mientras que en los sistemas digitales cada repetidor “reconstruye” la señal original, la cual por consiguiente se transmite teóricamente libre de ruido.

La transmisión digital se conoce desde hace tiempo, pero su utilización solamente ha sido beneficiosa desde un punto de vista técnico y económico tras la aparición de los semiconductores, primero, y de los circuitos integrados después.

En efecto para la elaboración de una señal digital es suficiente usar circuitos no lineales, que funcionan en ON/OFF (mientras que se sabe que la transmisión analógica es muy sensible a los problemas de no linealidad), y la electrónica integrada es de aplicación a estos circuitos.

En los últimos tiempos, el interés que despiertan los sistemas de transmisión digital a ido aumentando, los cuál se explica por las consideraciones siguientes:

- Notable incremento del tráfico telefónico, y por lo tanto, de la necesidad de usar de forma más eficaz las líneas urbanas, muy ruidosas, y las frecuencias de microondas por encima de 10 GHz, de poco interés para los sistemas de radio analógicos normales, debido a las fuertes atenuaciones introducidas por la lluvia.
- Posibilidad para transmitir otras señales, además de las telefónicas, que se generan en forma digital, como son datos de alta velocidad, señales de videotelefonía, etc.
- Alta inmunidad al ruido, que hace prácticamente independiente la calidad de transmisión de la longitud del enlace. Esta inmunidad permite la recepción de señales con buena calidad cuando apenas es posible distinguir la presencia o ausencia de los impulsos recibidos, debido a que, además de amplificar la señal, como se hace en los sistemas analógicos, se reconstruye en recepción la señal digital original.
- Posibilidad de disponer de circuitos electrónicos integrados para el tratamiento de las señales digitales con ventajas de economía y de prestaciones.
- Posibilidad de integración entre los sistemas de transmisión y las centrales de conmutación digitales, lo cual permite que la señal telefónica se procese totalmente de forma digital.
- Posibilidad de aprovechar nuevos sistemas portadores como guías de ondas circulares y fibras ópticas, que no se pueden usar con frecuencias portadoras superiores a algunos centenares de GHz.

En teoría es posible colocar un número infinito de regeneradores (y por lo tanto de tramos) en un enlace digital.

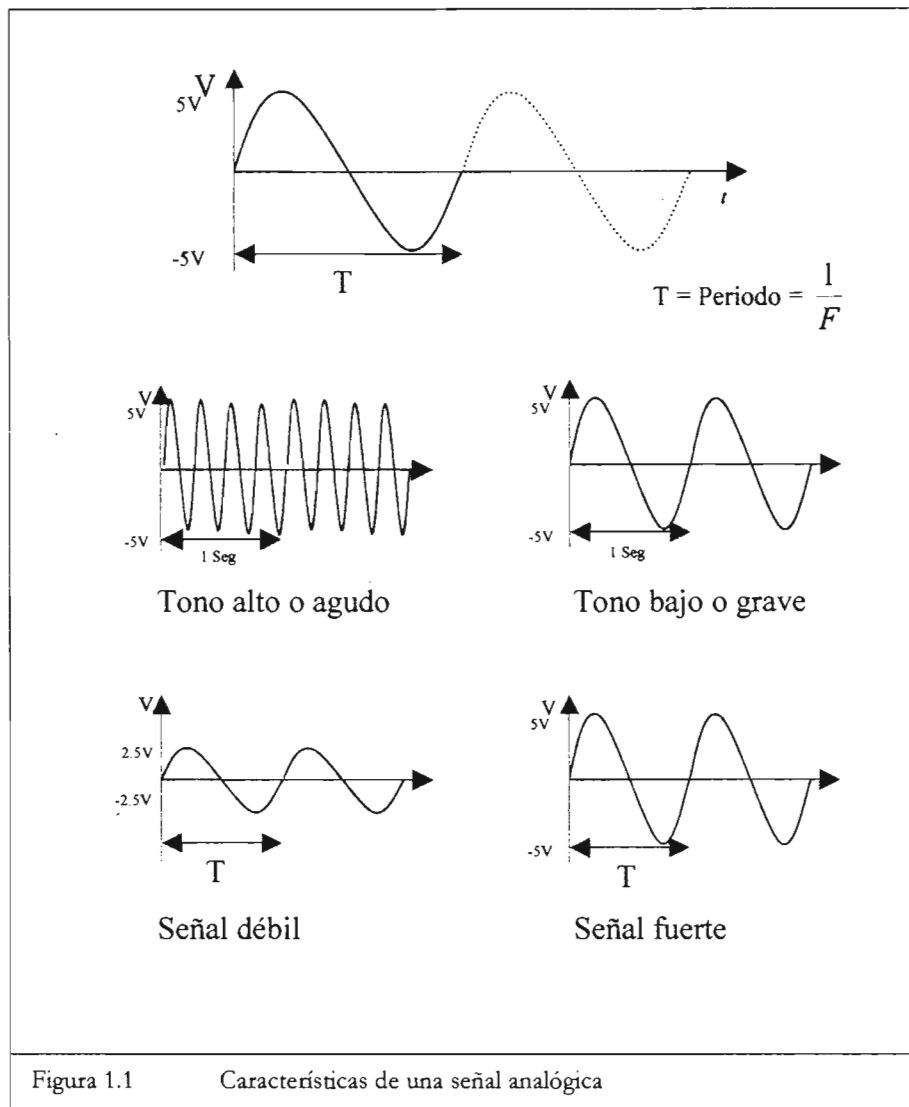
En la práctica esto no es posible, puesto que cada repetidor (o regenerador) introduce una cierta (aunque mínima) cantidad de ruido, debida al “JITTER” que se acumula a lo largo del enlace, empeorando así la calidad de transmisión.

No obstante, conviene tomar en cuenta que, a igualdad de información transmitida, los sistemas digitales requieren más ancho de banda que los analógicos.

En el presente capítulo se muestra la manera en que la voz (una señal analógica), es tratada para ser transmitida de forma digital (PCM) y a su vez, la manera en que las señales PCM se transmiten aprovechando los beneficios que brinda la multiplexión por división de tiempo en las jerarquías de transmisión digital PDH

CARACTERÍSTICAS DE UNA SEÑAL ANALÓGICA

- Frecuencia.
- Amplitud.
- Timbre.



Una señal analógica se produce eléctricamente, es un fenómeno (sonido) que en un tiempo acotado puede aceptar cualquier valor. Así funcionan el teléfono como el telégrafo.

Por lo que respecta a la transmisión digital, este tipo de señales atiende estados discretos y utilizan un repetidor para regenerar la señal, que es repetida y regenerada, no así el ruido, por lo tanto, la transmisión digital provee alta velocidad e inmunidad al ruido. En esta parte, el oído humano está dentro de la tecnología de las telecomunicaciones, pues la voz humana produce sonidos de hasta 10 mil Hz y podemos escuchar sonidos de hasta 20 mil Hz. Comparativamente la red de telefonía analógica tradicional pasa niveles de 300 a 3300 Hz (un rango de 3 mil Hz).

DIGITALIZACIÓN DE LA VOZ.

El proceso de digitalización de la voz consta de las siguientes etapas:

FILTRADO

El filtrado de la señal es para limitar el ancho de banda de la señal analógica. Para esto se utilizan filtros pasabajas y pasabandas que imponen límites al ancho de banda superior e inferior de la señal analógica, de esta forma el proceso de muestreo que se realiza posteriormente resulta más sencillo, ya que se trabaja con señales que se encuentran limitadas solamente a cierta banda y no poseen componentes espectrales y armónicos fuera de este intervalo, lo cual es muy común en todos los sistemas de señales analógicas. Es por ello que es de carácter importante el realizar una etapa de filtrado previa a la etapa de muestreo.

MUESTREO.

El proceso de muestreo consiste en tomar muestras de la señal vocal a intervalos regulares. Estos intervalos deben ser tales que cumplan con el teorema de muestreo de Nyquist, que establece:

“La mínima frecuencia a la que puede ser muestreada una señal de banda limitada y luego reconstruida, es el doble de la frecuencia máxima de dicha señal”.

Para establecer cual es esta frecuencia fundamental, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Si bien el oído humano puede escuchar sonidos de hasta 18 a 20 KHz, la mayor parte de la energía de las señales de voz humana se encuentran por debajo de los 4 KHz.
- El sonido resultante de filtrar la voz humana a 3.4 KHz es perfectamente inteligible, y además se puede distinguir sin problemas al locutor.
- El sistema de telefonía se ha diseñado para transmitir satisfactoriamente voz humana, minimizando los recursos para esta área.

Por lo expuesto, podemos pensar en un ancho de banda para las señales de los sistemas de telefonía de 3.4 KHz. Según el teorema de muestreo, para poder reconstruir una señal de hasta 3.4 KHz, debe ser muestreada a más de 6.8 KHz. Dado que los “filtros reales” no pueden realizar cortes abruptos, se ha tomado en telefonía una frecuencia de muestreo de 8 KHz, es decir:

“El valor nominal recomendado es de 8000 muestras por segundo con una tolerancia de ± 50 partes por millón (ppm)” ITU-T G.711

CUANTIFICACIÓN.

El proceso de cuantificación consiste en limitar o discretizar las amplitudes de las señales muestreadas de la señal original. Serán representadas por números binarios por lo que es necesario limitar el número de valores permisibles para facilitar el proceso de codificación. En los mux de 1er orden, el numero de niveles de cuantización se define por la siguiente relación.

$$N = Z^n$$

Donde:

N = Número de niveles de cuantización.

n = Número de bits para cuantificar una muestra.

De esta manera para un sistema de 8 bits por muestra codificada se tiene:

$$N = 2^8 = 256$$

RUIDO DE CUANTIFICACIÓN.

Si todos los niveles de voltaje o escalones fueran del mismo tamaño, las señales PAM de valores pequeños tendrían que aproximarse a cero y ser representados por valores muy distintos de su valor original de amplitud.

Al producirse esta aproximación, se tiene cierta alteración de la información representada. A este fenómeno se le llama ruido o distorsión de cuantificación.

Este ruido no es lineal, sino que es mayor para las amplitudes pequeñas. Es por esto que la cuantificación se lleva a cabo según una ley no lineal, de manera que para las amplitudes pequeñas se tiene una mayor cantidad de niveles de cuantificación que para las amplitudes grandes: así las señales transmitidas, tendrá un alto grado de intangibilidad.

Cuanto más valores discretos se utilicen, menor será la distorsión introducida en el proceso. Por otro lado, cuanto más valores discretos se utilicen, mayor será la cantidad de información (bits) que se deben procesar (o transmitir) por cada muestra.

Por lo tanto, es importante detenernos a pensar cuál es la menor cantidad de “valores discretos” aceptables para el tipo de señal que se desea digitalizar. Se ha demostrado que para lograr niveles de “ruido” aceptables al reconstruir señales de voz cuantificadas, se requieren unos 4000 niveles de cuantización, utilizando una “cuantización lineal” (esto es, dividiendo en intervalos de la misma amplitud en el “eje y”). Esto quiere decir 12 bits por muestra (con 12 bits se pueden representar $2^{12} = 4096$ valores).

Una solución es la cuantización no lineal, en la que se le da una amplificación a las señales de baja amplitud, (que como ya se mencionó anteriormente la distorsión por cuantificación es mayor en las amplitudes pequeñas), de tal forma que su nivel queda por encima del nivel de ruido de cuantización, a costo de distorsiones mayores en las partes de gran amplitud de la señal. A este proceso se le llama compresión del rango de amplitud de la señal y en el receptor se debe de realizar un proceso contrario para que la señal regrese a sus valores normales. A este proceso se le llama expansión del rango de amplitud. Al conjunto de los dos procesos se le llama compansión.

COMPRESIÓN DIGITAL.

Los sistemas PCM comerciales usan la compresión digital que consiste en codificar utilizando 12 bits y luego reducirlos a 8, que son los que se transmiten.

La compresión se lleva a cabo de la siguiente manera:

- El primer bit pasa igual por ser el bit de signo.
- A continuación se cuenta el número de ceros, antes de que se presente el primer 1.
- Se resta el número de ceros de 7 (el número máximo de ceros es 7) y el resultado se convierte a binario de 3 dígitos. El resultado indica el número de segmento.
- Luego, se tiene un 1, mismo que no se toma en cuenta ya que se sabe que es un 1.
- A continuación se consideran los siguientes 4 bits. Los demás bits se truncan.

CODIFICACIÓN.

La función del codificador es la de generar los caracteres de la señal y que representan los valores cuantificados de las muestras; de hecho los procesos de cuantificación y codificación son funciones combinadas en los sistemas prácticos.

A la muestra cuantificada se le asigna un valor finito comprendido dentro de la ley A; a este valor, el codificador le asigna un código de 8 bits mediante las siguientes 3 etapas:

- Determinación de la polaridad de la muestra.
- Proceso de codificación no lineal.
- Codificación lineal.

Ejemplo: (+)228mV

1.- Polaridad 1(+) y 0(-)

100.- Segmento correspondiente a la mitad de la curva donde está ubicada la muestra.

1100.- Los últimos 4 dígitos nos dicen a cual de los 16 niveles de cuantificación del segmento (en este caso 10) nos referimos.

Así (+)228 mV = 11001100.

LEY A.

Es importante el hecho de que se hayan desarrollado estándares para determinar el tamaño de los niveles de cuantización.

Ley μ . Se emplea en Estados Unidos, Canadá y Japón.

Ley A. Se emplea en Europa y el resto del mundo.

Ley A (de 13 segmentos).

$$y = \frac{1 + \log A_x}{1 + \log A} \quad \text{si } \frac{1}{A} < x < 1$$

$$y = \frac{A_x}{1 + \log A} \quad \text{si } 0 < x < \frac{1}{A}$$

$$A = 87.6$$

Ley μ (de 15 segmentos).

$$y = \frac{\log(1 + \mu_x)}{\log(1 + \mu)}$$

$$\mu = 255.$$

Estas leyes de cuantificación estandarizan en 256 niveles no lineales la cuantificación y codificación de la voz en telefonía, basada en las formulas descritas anteriormente. Sin embargo, la implementación real de estos algoritmos utiliza segmentos de recta en lugar de los valores resultantes de las formulas. La ley A utiliza 13 segmentos de recta para aproximarse a la formula teórica. Mientras que la ley μ utiliza 15 segmentos de recta. En la figura 1.6 se muestra la curva resultante, correspondiente a valores positivos de señales de entrada, estandarizando en 1 la amplitud máxima. Para obtener los valores negativos, basta con simetrizar la curva respecto al origen.

IMPLEMENTACIÓN DE LA LEY A.

La digitalización de la ley A se realiza de la siguiente forma:

- Se divide el eje vertical (eje y) positivo en 8 niveles iguales, trazando rectas horizontales por cada uno de estos niveles. Sobre el eje vertical se representan los niveles cuantificados.
- Se fija un valor unitario arbitrario sobre el eje horizontal (eje x) positivo. Sobre el eje horizontal se representará la amplitud de la señal de entrada.
- Se marcan sobre el eje x los valores 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{64}$ y $\frac{1}{128}$, trazando rectas verticales por cada uno de estos valores.
- Los segmentos de recta se obtienen de unir las siguientes intersecciones:

(nivel 8, 1) – (nivel 7, 1/2)
 (nivel 7, 1/2) – (nivel 6, 1/4)
 (nivel 6, 1/4) – (nivel 5, 1/8)
 (nivel 5, 1/8) – (nivel 4, 1/16)
 (nivel 4, 1/16) – (nivel 3, 1/32)
 (nivel 3, 1/32) – (nivel 2, 1/64)
 (nivel 2, 1/64) – (nivel 1, 1/128)
 (nivel 1, 1/128) – (nivel 0,0)

- Se simetriza respecto al origen, para obtener los valores negativos.
- De esta manera se obtienen 16 segmentos de recta (8 para los valores positivos y 8 para los valores negativos). Sin embargo, realizando una observación mas detallada, los 4 segmentos más cercanos al origen, se convierten en un solo segmento, ya que todos tienen la misma pendiente. Por esto, se llega a un total de 13 segmentos.
- Cada nivel vertical, se subdivide en 16 subniveles, de igual amplitud.
- Para obtener el valor digitalizado de cada muestra de la señal.

- a) se representa el valor analógico de la muestra de la señal sobre el eje x, y se traza una línea vertical hasta que corte a alguno de los segmentos.
- b) La representación de la muestra se realiza con 8 bits, de la siguiente manera:

Bit 7: Representa el signo de la muestra (1(+) y 0(-))
 Bits 6,5,4: Representa el nivel o el segmento donde cayó la muestra.
 Bits 3,2,1,0: Representa el subnivel dentro del segmento más próximo al valor de la muestra.

Esto permite utilizar 8 bits para representar cada muestra de voz.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	Signo	Segmento			Intervalo			

Figura 1.2 Numeración de los bits de una muestra de voz.

Respecto a modulación por impulsos codificados (MIC), o pulse code modulation (PCM) la UIT (unión internacional de telecomunicaciones) expone lo siguiente en la recomendación UIT-T G.711:

- Para los circuitos internacionales deben utilizarse 8 dígitos binarios por muestra.
- Se recomiendan dos leyes de codificación, designadas ley A y ley μ . Las definiciones de estas leyes se encuentran en los cuadros 1a/G.711 y 1b/G.711, y en los cuadros 2a/G.711 y 2b/G.711, respectivamente, (incluimos los cuadros 1a/G.711 y 1b/G.711 correspondientes a la ley A que aplica en México).
- El número de valores cuantificados viene dado por la ley de codificación.
- Los trayectos digitales entre países que hayan adoptado leyes de codificación diferentes deberán efectuar la transmisión con señales codificadas según la ley A. Cuando los dos países hayan adoptado la misma ley, deberá utilizarse esa ley en los trayectos digitales entre los mismos. Incumbirá a los países que utilicen la ley μ efectuar toda conversión necesaria.

En esta recomendación se detallan tanto la ley A como la ley μ , así como las reglas para la conversión entre leyes de codificación.

PROCESO DE DIGITALIZACIÓN.

Como se mencionó anteriormente, el proceso de digitalización puede tener lugar en los propios teléfonos (para el caso de los teléfonos digitales) o en las "interfaces de internos" para los teléfonos y líneas urbanas analógicas.

LA HÍBRIDA.

En términos telefónicos (frecuencia vocal), la híbrida se puede considerar como un divisor de potencia con 4 conectores c/u para un par de hilos. En la figura 1.3 se muestra el diagrama funcional a bloques del dispositivo híbrido. Dos de los cuatro conectores corresponden a la trayectoria de 4 hilos, la cual consta del par de Tx y del par de Rx; el tercer par es la conexión al enlace de dos hilos que al final se conecta con el aparato del abonado. El último de los 4 pares de hilos conecta la híbrida con una red de balance resistiva-capacitiva, la cual equilibra eléctricamente la híbrida con la conexión a dos hilos hacia el aparato del abonado.

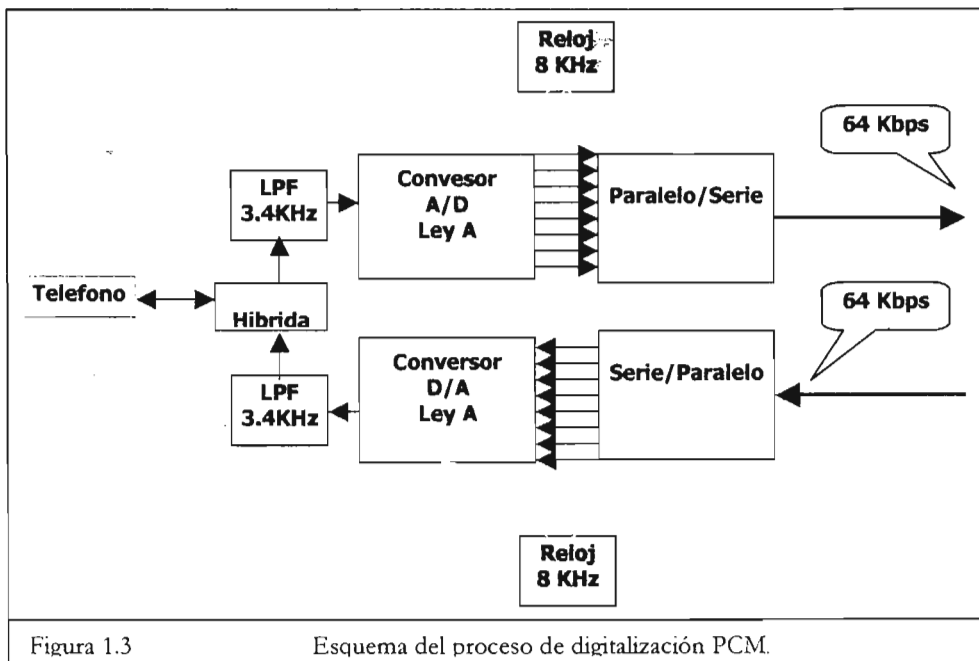


Figura 1.3

Esquema del proceso de digitalización PCM.

CUADRO 1a.G.711
Ley A: valores de entrada positivos

1	2	3	4	5	6	7	8
Número de los segmentos	Número de intervalos \times dimensión de los intervalos	Valor en los extremos de los segmentos	Número de los valores de decisión n	Valor de decisión x_n (véase la nota 1)	Señal de carácter antes de la inversión de los bits pares	Valor cuantificado (valor a la salida del decodificador) y_n	Número de los valores a la salida del decodificador
					Número de los bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
		4096	(128)	(4096)	-----		
7	16 \times 128		127	3968	1 1 1 1 1 1 1 1	4032	128
					(véase la nota 2)		
		2048	113	2176	1 1 1 1 0 0 0 0	2112	113
6	16 \times 64		112	2048	(véase la nota 2)		
			97	1088	1 1 1 0 0 0 0 0	1056	97
		1024	96	1024	(véase la nota 2)		
5	16 \times 32		81	544	1 1 0 1 0 0 0 0	528	81
			80	512	(véase la nota 2)		
4	16 \times 16		65	272	1 1 0 0 0 0 0 0	264	65
		256	64	256	(véase la nota 2)		
3	16 \times 8		49	136	1 0 1 1 0 0 0 0	132	49
			48	128	(véase la nota 2)		
2	16 \times 4		33	68	1 0 1 0 0 0 0 0	66	33
		64	32	64	(véase la nota 2)		
1	32 \times 2		1	2	1 0 0 0 0 0 0 0	1	1
			0	0			

Nota 1 - 4096 unidades de valor normalizado corresponden a $T_{max} = 3.14$ dBm0.

Nota 2 - Las señales de carácter se obtienen invirtiendo los bits pares de las señales de la columna 6. Antes de esta inversión, la señal de carácter correspondiente a los valores de entrada positivos comprendidos entre dos valores de decisión sucesivos n y $n+1$ (véase la columna 4) es $(128+n)$ expresado como un número binario.

Nota 3 - El valor a la salida del decodificador es $y_n = \frac{y_{n-1} + y_{n+1}}{2}$ para $n = 1, \dots, 127, 128$.

Nota 4 - x_n es un valor virtual de decisión.

Nota 5 - En los cuadros 1a.G.711 y 2a.G.711, los valores de la codificación uniforme figuran en las columnas 3, 5 y 7.

CUADRO 1/G.711
Ley A: valores de entrada negativos

1	2	3	4	5	6	7	8
Número de los segmentos	Número de intervalos \times dimensión de los intervalos	Valor en los extremos de los segmentos	Número de los valores de decisión π	Valor de decisión x_{π} (véase la nota 1)	Señal de carácter antes de la inversión de los bits pares	Valor cuantificado (valor a la salida del decodificador) y_{π}	Número de los valores a la salida del decodificador
					Número de los bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
1	32 \times 2	-64	0	0		-1	1
			1	-2	0 0 0 0 0 0 0 0		
2	16 \times 4	-128	32	-64		-66	33
			33	-68	0 0 1 0 0 0 0 0		
3	16 \times 8	-256	48	-128		-132	49
			49	-136	0 0 1 1 0 0 0 0		
4	16 \times 16	-512	64	-256		-264	65
			65	-272	0 1 0 0 0 0 0 0		
5	16 \times 32	-1024	80	-512		-528	81
			81	-544	0 1 0 1 0 0 0 0		
6	16 \times 64	-2048	96	-1024		-1056	97
			97	-1088	0 1 1 0 0 0 0 0		
7	16 \times 128	-4096	112	-2048		-2112	113
			113	-2176	0 1 1 1 0 0 0 0		
			127	-3968			
			(128)	(-4096)			128

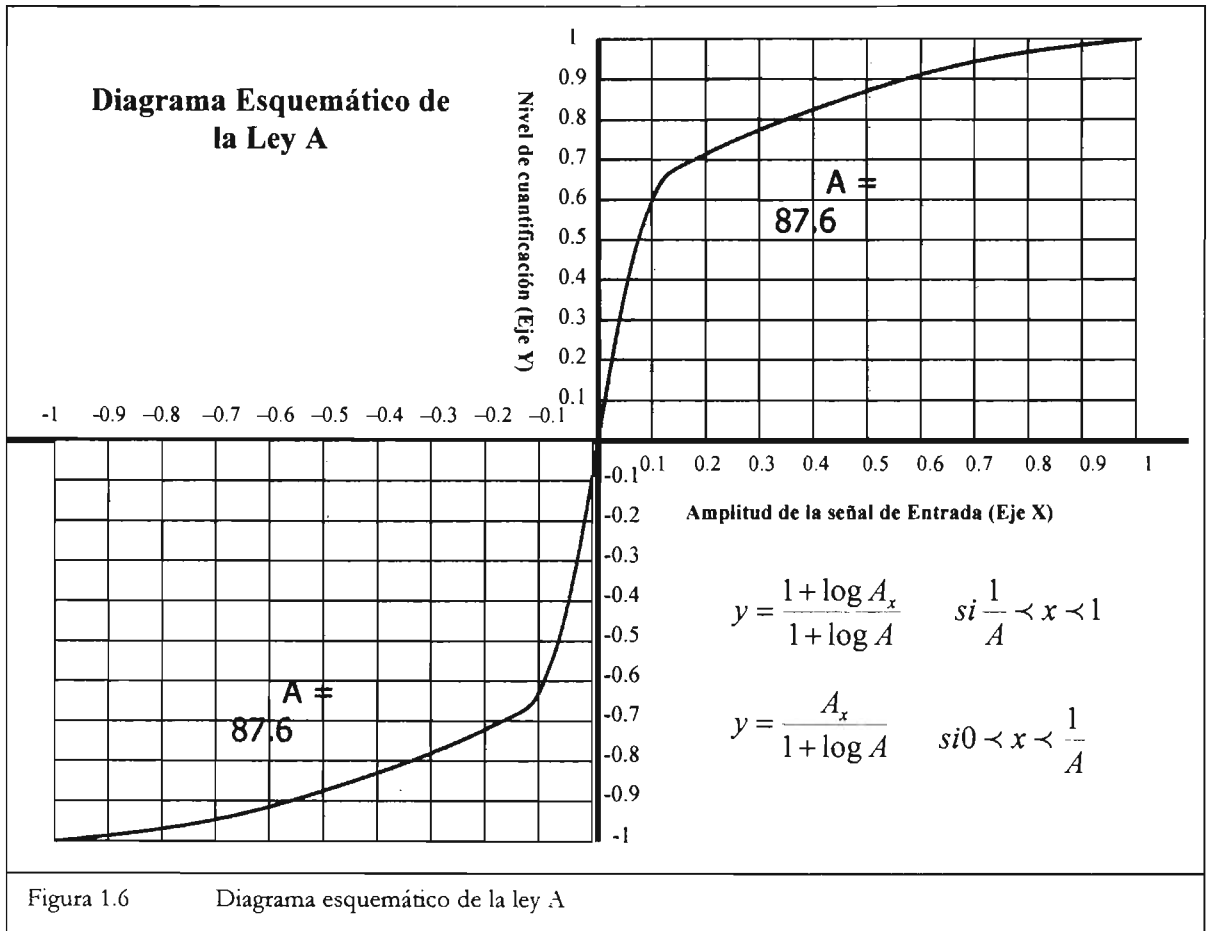
Nota 1 - 4096 unidades de valor normalizado corresponden a $V_{\text{máx.}} = 3,14 \text{ dBm0}$.

Nota 2 - Las señales de carácter se obtienen invirtiendo los bits pares de las señales de la columna 6. Antes de esta inversión, la señal de carácter correspondiente a los valores de entrada negativos comprendidos entre dos valores de decisión sucesivos π y $\pi + 1$ (véase la columna 4) es π expresado como un número binario.

Nota 3 - El valor a la salida del decodificador es $y_{\pi} = \frac{x_{\pi} - 1 + x_0}{2}$ para $\pi = 1, \dots, 127, 128$.

Nota 4 - x_{128} es un valor virtual de decisión.

Nota 5 - En los cuadros 1/G.711 y 2/G.711, los valores de la codificación uniforme figuran en las columnas 3, 5 y 7.



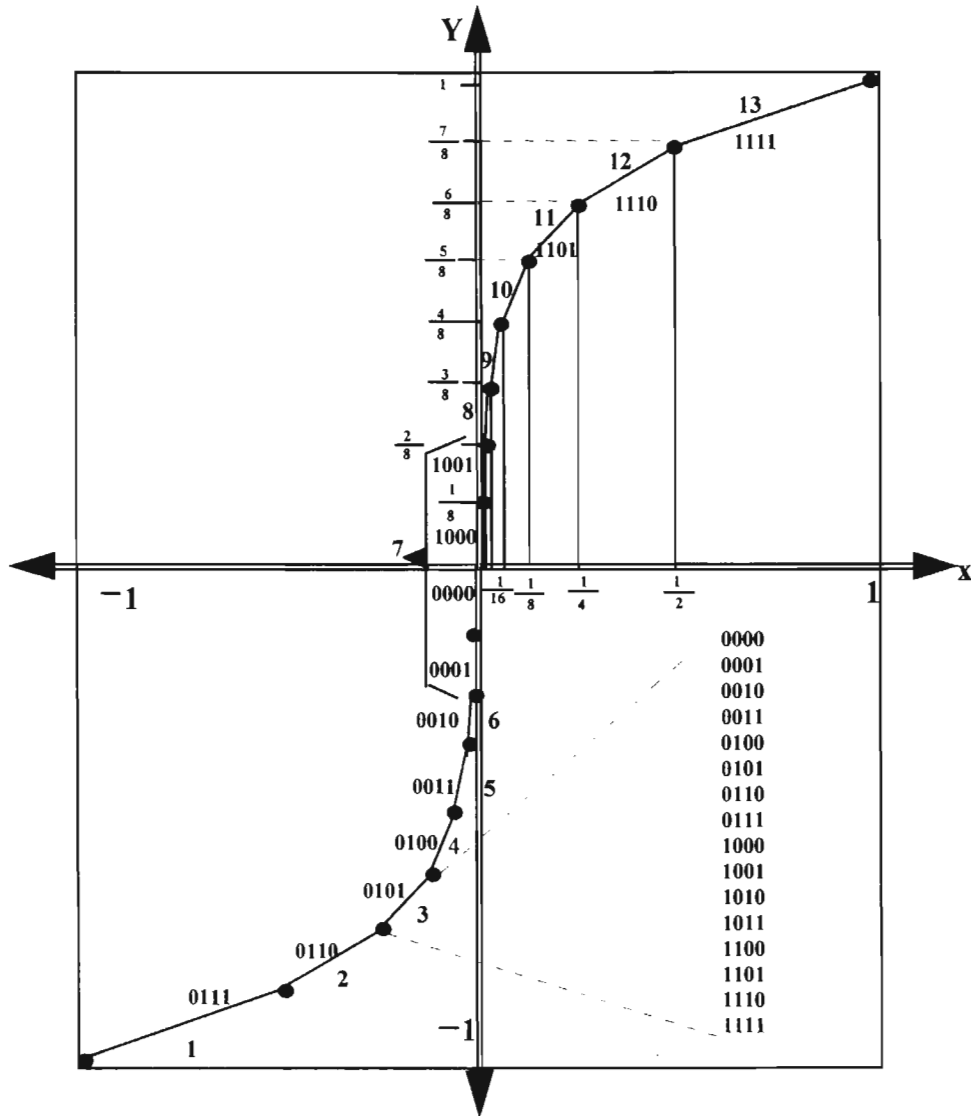


Fig. 1.7 Ley A (13 SEGMENTOS)

MULTIPLEXADO DIGITAL.

Puede definirse el multiplexado digital como un sistema que permite combinar mediante técnicas TDM varios flujos digitales en uno sólo de mayor tasa binaria. Por supuesto debe poder recuperar los flujos originales a partir del flujo superior.

El sistema digital más utilizado para transmisión es el formato PCM. Se usa para llevar las señales de telefonía entre centrales. Aunque es concebible su uso para transmitir un solo canal de telefonía (por ejemplo líneas digitales de abonado) la aplicación más importante es la utilización de un mismo soporte de transmisión para la transmisión de varias líneas telefónicas. Esto se obtiene mediante el multiplexado por división de tiempo.

Las familias de multiplexión digital se organizan a base de jerarquías.

Se entiende por jerarquías las distintas tasas binarias de los flujos digitales que contienen multiplexados en su interior otros flujos digitales de tasa inferior.

Existen una serie de factores que influyen en la elección de los niveles jerárquicos:

- Capacidad del medio de transmisión.
- Velocidad binaria de las fuentes.
- Eficacia y conveniencia del multiplexado.
- Necesidades derivadas de la conmutación digital.

El equipo múltiplex que combina 4 señales PCM primarias es el equipo múltiplex de segundo orden. Los equipos múltiplex de tercer orden combinan 4 señales PCM de equipos de segundo orden. En cada paso de jerarquía se agrupan cuatro del orden inferior mas un exceso de capacidad para relleno, señalización, sincronismo, etc.

SISTEMA DE MULTIPLEXAJE DIGITAL

La multicanalización o multiplexaje digital consiste en ordenar las muestras de las distintas señales ya digitalizadas en un intervalo de tiempo conocido como trama, que también debe incluir la información de señalización y de alineamiento (sincronización).

La trama tiene una duración igual al intervalo de muestreo (t_s); el tiempo asignado a cada una de las muestras se llama ranura de tiempo (time slot).

VELOCIDADES BINARIAS DE LA JERARQUÍA DIGITAL.

El CCITT.

Considerando:

- a) Que las velocidades binarias de la jerarquía digital son las que sirven o servirán de base para los niveles más altos de la jerarquía digital, si tales niveles existen;
- b) Que la especificación de las velocidades binarias jerárquicas es necesaria para evitar la proliferación de normas de interfaz en las redes digitales;
- c) Que es preferible efectuar la interconexión internacional de los componentes de redes digitales a velocidades binarias jerárquicas;
- d) Que al determinar las velocidades binarias jerárquicas hay que tener en cuenta varios factores relacionados con los servicios, los medios de transmisión y la red, como por ejemplo.

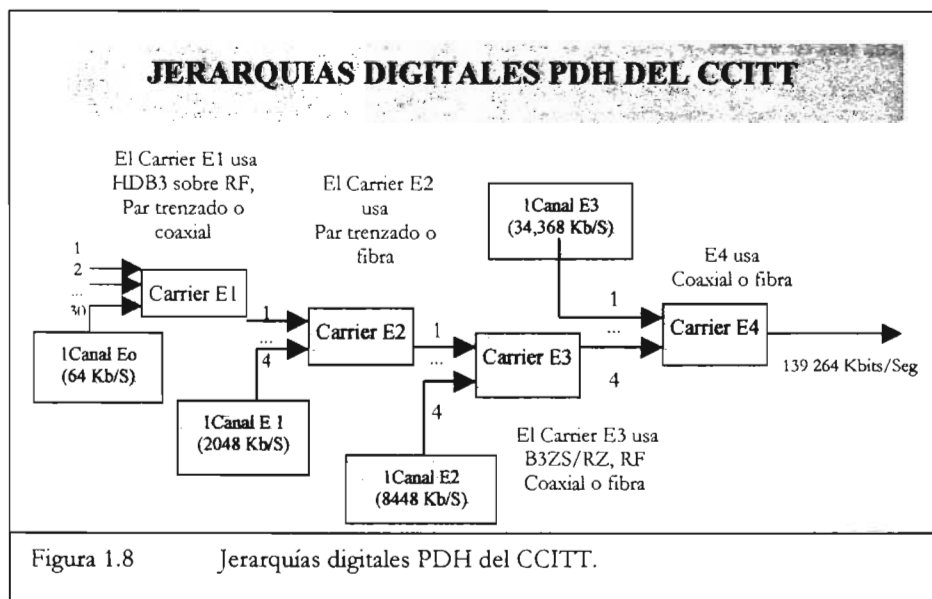
- Características y método adecuado de codificación de las señales analógicas;
- Velocidades binarias de las señales digitales de origen;
- Utilización de los medios de transmisión disponibles;
- Compatibilidad con sistemas múltiplex analógicos;
- Modularidad y flexibilidad en el agrupamiento y encaminamiento de grupos de señales de origen,

recomienda:

Que se utilicen las siguientes velocidades binarias jerárquicas en las redes digitales:

Cuadro 1.1 Velocidades binarias jerárquicas.			
Nivel de la jerarquía digital	Velocidades Binarias jerárquicas (Kbits/Seg) para redes cuya jerarquía digital se basa en una velocidad binaria de primer nivel de		
	1 544 Kbits/Seg		2 048 Kbits/Seg
1	64		64
2	1 544		2 048
3	6 312		8 448
4	32 064	44 736	34 368
	97 728		139 264

En la figura 1.8 se presentan sólo las velocidades binarias jerárquicas recomendadas, con referencia a las recomendaciones conexas sobre interfaz de red, equipos múltiplex y secciones/sistemas de línea digital.



ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE MULTIPLEXAJE E₁

Cada Trama se divide en 32 intervalos de tiempo, también llamados time slot. La velocidad de muestreo para cada uno de los intervalos de tiempo es de 8000 muestras por segundo, y cada intervalo de tiempo contiene 8 bits, por lo tanto, la velocidad de transmisión de la trama es:

$$\left(8000 \frac{\text{muestras}}{\text{segundo}}\right) (32 \text{ time - slots}) \left(8 \frac{\text{bits}}{\text{muestra}}\right) = 2.048 \text{ Mbps}$$

MULTITRAMA

Una multitrama comprende 16 tramas consecutivas numeradas del 0 al 15. Cada trama incluye la señalización correspondiente a dos canales. Cada canal, por lo tanto, refresca su señalización cada 16 tramas ($125 \mu\text{Seg} \times 16 \text{ tramas} = 2\text{mSeg}$).

El alineamiento de trama se encuentra en el intervalo de tiempo cero de cualquier trama; el alineamiento de multitrama se encuentra en el intervalo 16 de la trama cero; la señalización de los canales de información se localiza en el intervalo 16 de las tramas 1 a 15.

PALABRA DE ALINEAMIENTO DE TRAMA (FAS).

La palabra de alineamiento de trama, también conocida como sincronía de trama, se localiza en todas las tramas pares, en el intervalo de tiempo cero; la palabra que se debe de transmitir es X0011011. La X es un bit que en forma convencional indica un cruce de frontera, normalmente se utiliza X=1.

PALABRA DE NO ALINEAMIENTO DE TRAMA.

Se transmite en el intervalo de tiempo cero de las tramas impares, y la palabra es 11*11111. El bit A(3) se presenta por 4 razones:

- Pérdida de sincronía.
- No señal.
- AIS (la genera la red PDH).
- Alta tasa de errores.

Si:

- A = 0 El sistema está normal.
- A = 1 Hay alarma de alineamiento de trama.

La palabra tiene la siguiente estructura:

Cuadro 1.2 Estructura de la palabra de no alineamiento de trama.		
# de Bit	Bit	
1	1	CRC(Chequeo de errores en los datos)
2	1	Bit de sincronía (amarrado a 1 por CCITT)
3	0	Bit 3 de alarma remota
4	1	Bit 4 Para operaciones, mantenimiento y monitorización de la calidad de servicio.
5	1	Los bit 5 a 8 pueden ser recomendados por el UIT para uso en aplicaciones punto a punto específicas (Ejemplo RECG.761). los bits 4 a 8 (cuando no se utilizan) deben ponerse a 1 en enlaces que atraviesan fronteras internacionales.
6	1	
7	1	
8	1	

PALABRA DE ALINEAMIENTO DE MULTITRAMA.

La palabra de alineamiento de multitrama es 00001BX1 y se transmite en el intervalo de tiempo 16 de la trama cero. Los 4 ceros consecutivos representan la palabra de alineamiento de multitrama. El bit B sirve para indicar una falla en la sincronía de multitrama, los bits 5, 7 y 8 son bits de servicio.

Si:

- B = 0 El sistema está normal.
- B = 1 Hay pérdida de sincronía de multitrama.

SEÑALIZACIÓN.

Dado que se requieren 4 bits para señalar cada canal telefónico, la información de señalización que se transmite en el intervalo de tiempo 16 requiere de 15 tramas (1 a la 15) para señalar los 30 canales, a esta manera de agrupar las señales se le conoce como señalización por canal asociado.

ASIGNACIÓN DEL INTERVALO DE TIEMPO DE CANAL A 64 Kbits/S NÚMERO 16_(IUT-T.G.704).

“Cuando el intervalo de tiempo de canal a 64 Kbits/Seg número 16 se utiliza para la señalización asociada al canal, la capacidad de 64 Kbits/Seg se submultiplexa para formar canales de menor velocidad de señalización utilizándose como referencia la señal de alineación de multitrama.

Los detalles de la asignación de los bits figuran en el siguiente cuadro.

Cuadro 1.3 Asignación de los bits del canal 16 de señalización asociada							
Intervalo de tiempo de canal 16 de la trama 0	Intervalo de tiempo de canal 16 de la trama 1		Intervalo de tiempo canal 16 de la trama 2		----	Intervalo de tiempo de canal 16 de la trama 15	
	abcd Canal 1	abcd Canal 16	abcd Canal 12	abcd Canal 17		abcd Canal 15	abcd Canal 30
0000xyxx					----		
<p>NOTA 1.- Los números de canal son números de canales telefónicos. Los intervalos de tiempo de canal, a 64 Kbits/Seg números 1 a 15 y 17 a 31 se asignan a canales telefónicos numerados del 1 al 30.</p> <p>NOTA 2.- Esta asignación de bits proporciona cuatro canales de señalización a 500 Bits/Seg, denominados a, b, c y d respectivamente, para telefonía y otros servicios. Mediante esta disposición, la distorsión de señalización de cada canal de señalización introducida por el sistema de transmisión PCM no pasará de $\pm 2\text{mSeg}$.</p> <p>NOTA 3.- Si no se utilizan los bits a, c o d, se les deberá poner a los siguientes valores: b=1, c=0, d=1.</p> <p>Se recomienda no utilizar la combinación 0000 de los bits a, b, c y d para fines de señalización para los canales 1 al 15.</p> <p>NOTA 4.- x = Bit de reserva, se pone a 1 si no se utiliza. y = Bit utilizado para indicación de alarma al extremo distante. En condición de funcionamiento normal se pone a 0; en condición de alarma se pone a 1.</p>							

La señalización de cada canal se realiza como se muestra en la siguiente tabla:

Cuadro 1.4 Señalización				
Bits				Señal
a	b	c	d	
0	0	0	1	Abierto
0	1	0	1	Ocupado
1	0	0	1	Libre
1	1	0	1	Bloqueo

INTERFAZ A 2048 Kbits/Seg QUE TRANSPORTA N X 64 Kbits/Seg.

Para acomodar intervalos de tiempo a $n \times 64 \text{ Kbit/Seg}$ en la trama a 2048 Kbit/Seg, se prevén dos situaciones.

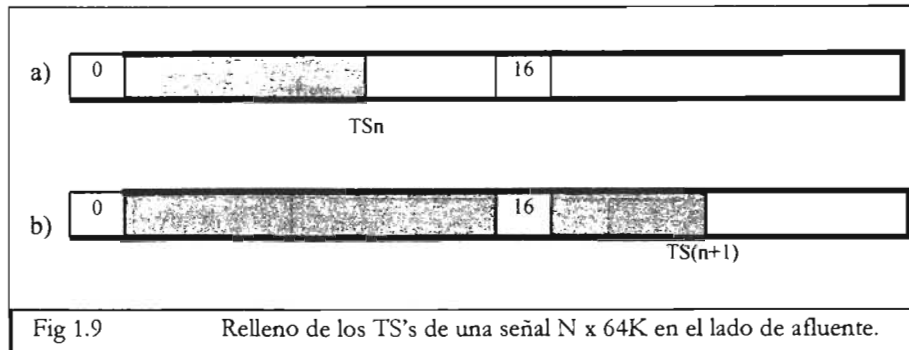
Una señal a $n \times 64 \text{ Kbit/Seg}$ en el lado de afluente de un equipo múltiplex.

Los intervalos de tiempo (TS, times intervals) de la trama se rellanan como sigue:

- TS 0: FAS y NO FAS.
- TS 16: Reservados para contener un canal de señalización a 64 Kbit/Seg, si es necesario.

- Si $2 < n < 15$, los TS1 a TS_n se rellanan con datos a $n \times 64 \text{ Kbits/Seg}$. (véase figura 1.9a)

- Si $15 < n < 30$, los TS1 a TS15 y TS17 a TS(n+1) se rellenan con datos a $n \times 64$ Kbits/Seg.(véase figura 1.9b).
- Los intervalos de tiempo restantes se rellenan con 1.



Una o más señales a $n \times 64$ Kbits/Seg en el lado de la señal multiplexada de un equipo de multiplexión.

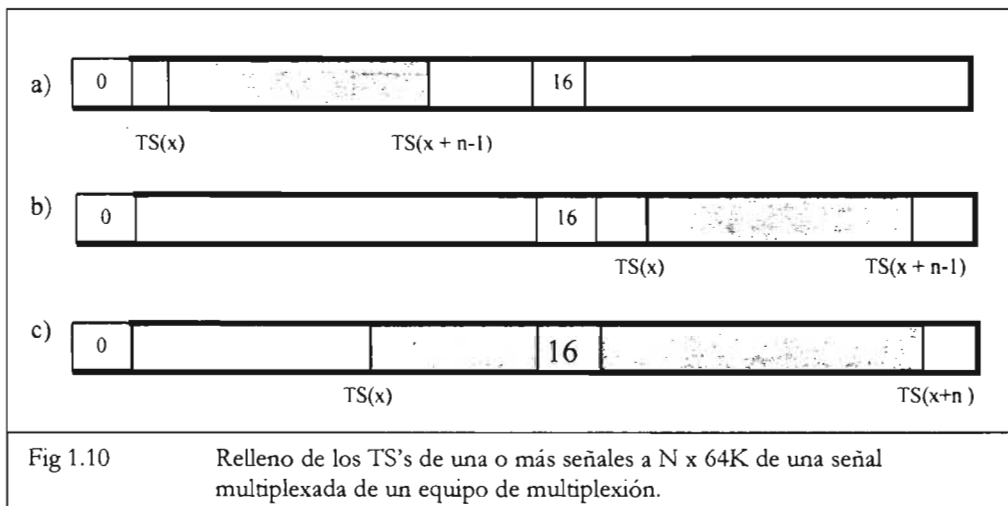
Para una señal cualquiera a $n \times 64$ Kbit/Seg, los intervalos de tiempo de la trama se rellenan como sigue:

- TS0: FAS y NO FAS.
- TS16: Reservados para contener un canal de señalización a 64 Kbits/Seg, si es necesario.

El TS(x) de la trama se designa como el intervalo de tiempo en el cual se acomoda el primer intervalo de tiempo de la señal a $n \times 64K$ bits/Seg.

- Si $x < 15$ y $x + (n - 1) < 15$, o, si $x^3 > 17$ y $x + (n-1) < 31$, el relleno de los intervalos de tiempo interviene el TS(x) al TS(x + n-1)(véase figuras 1.10 a y b)
- Si $x + (n-1)^3 > 16$, el relleno de los intervalos de tiempo interviene el TS(x) al TS15 y del TS17 al TS(x+n)(véase figura 1.10c)

Una vez que se ha incluido la señal a $n \times 64$ Kbits/Seg en el canal multiplexado, las reglas anteriores deben interpretarse con cuidado a fin de asegurar que otras señales como ésta sólo utilizan los intervalos de tiempo que permanecen reservados.



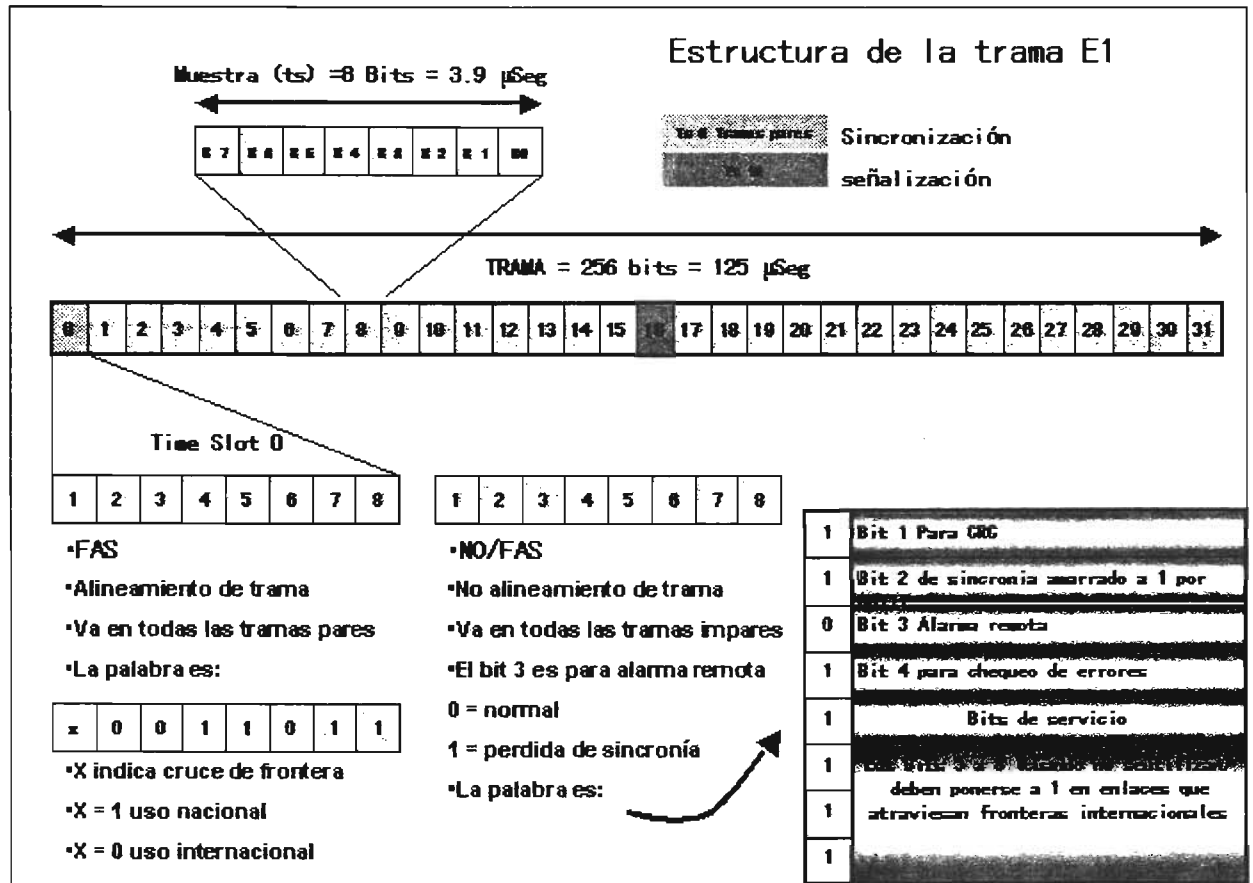
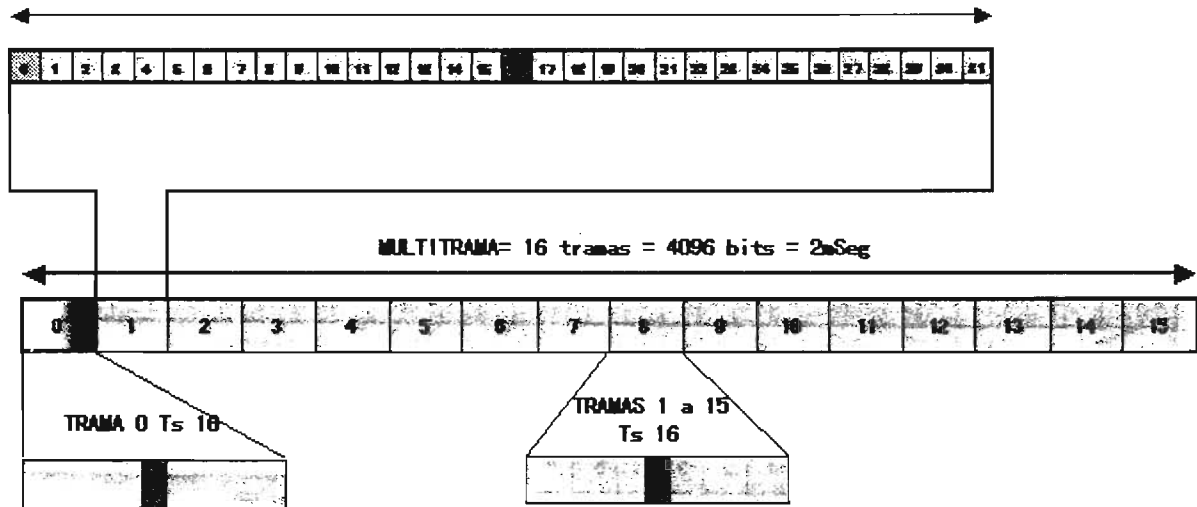


DIAGRAMA ESQUEMATICO Y DE SINCRONIZACIÓN DE LA TRAMA E1

ESTRUCTURA DE LA MULTITRAMA

TRAMA = 256 bits = 125 μ Seg



*En el time slot 16 de la trama cero se localiza la palabra de alineamiento de multitrama

*En los primeros 4 bits de las tramas 1 a 15 se señalizan los canales 1 a 15.

*En los segundos 4 bits de las tramas 1 a 15 se señalizan los canales 17 a 31 (canales 16 a 30)

DIAGRAMA ESTRUCTURAL DE LA MULTITRAMA E1

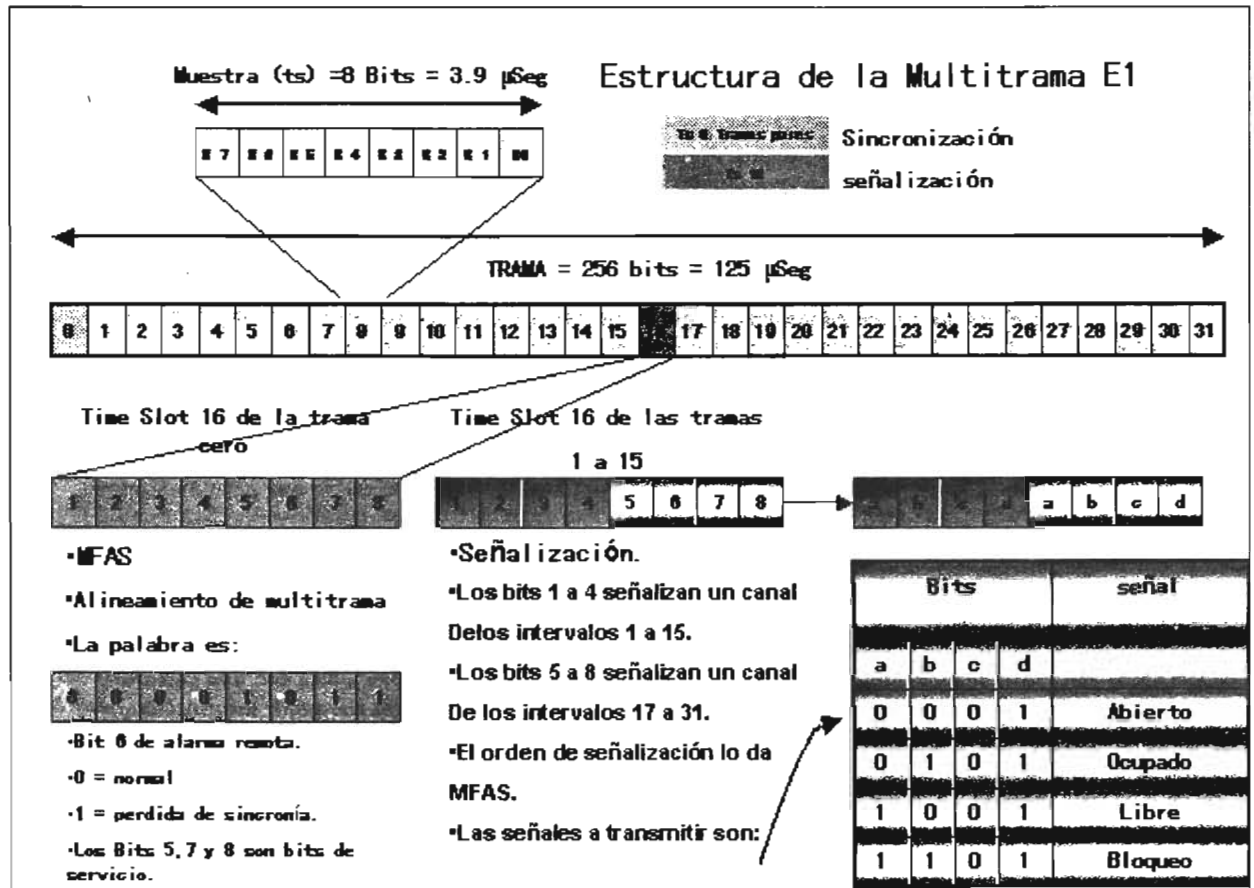


DIAGRAMA ESTRUCTURAL DE LA SINCRONIZACIÓN DE LA MULTITRAMA E1

SISTEMA PLESIÓCRONO (PDH)

Cuando las señales de entrada tienen velocidades ligeramente distintas a la nominal de entrada es necesario realizar ajustes para que se puedan incluir en el flujo de orden superior.

Generalmente la temporización de las fuentes son distintas. Su velocidad se puede desviar del valor nominal según cierta tolerancia de 50×10^{-6} . estas señales de velocidad variable se llaman plesiócronicas

No se sincroniza de ninguna manera la red sino que cada nodo tiene un reloj de muy alta calidad independiente del resto. Es más sencillo, ya que no hay que distribuir la información de temporización por toda la red, pero como contrapartida es más costosa en cuanto a la necesidad de relojes costosos en cada nodo de la red.

Los tipos de sincronización son:

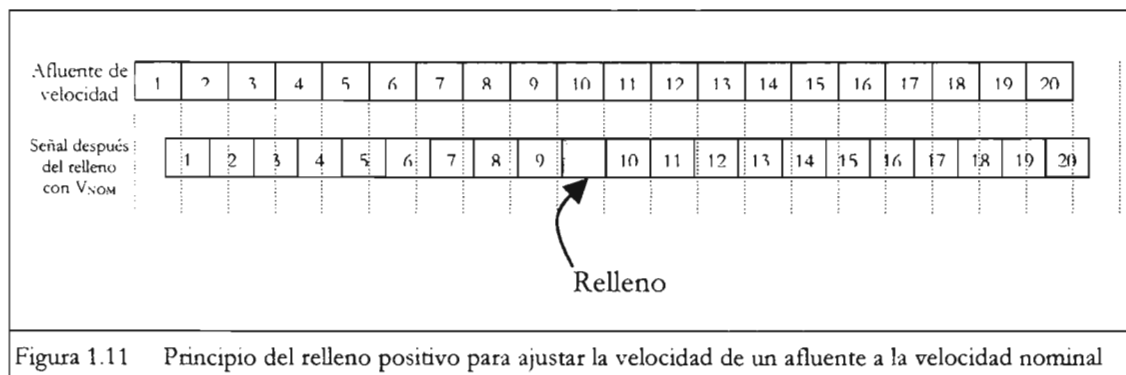
- Plesiócronicos.
- Sincronización mutua. Todos obtiene un valor medio de sincronización a partir de todas las entradas que recibe. En general se converge a una sola frecuencia estable, pero puede haber inestabilidades. No obstante existe una incertidumbre en la verdadera frecuencia.
- Maestro-Eslavo. Cada nodo de un nivel jerárquico pasa la temporización que recibe de su nodo superior a los nodos subordinados, por lo que pueden utilizar canales de comunicación digitales.

El manejo de las señales impone incluir bits de relleno tanto positivos como negativos.

RELLENO POSITIVO.

Se asigna a cada señal de entrada (afluentes) una velocidad binaria algo superior (0.1 a 02%) a la que tiene nominalmente, con el objeto de poder afrontar una tasa eventualmente mayor.

Si la velocidad de un afluente es R y hay N afluentes, la velocidad de la señal múltiplex será $(R+A) \cdot N = RN + C$ con $C = AN$ la capacidad adicional que se reserva para esos excesos. En la práctica se utiliza aún más capacidad debido a que se necesitan funciones auxiliares. Algunos de esos bits extra no se utilizan para transmitir información, sino que se utilizan como relleno. Un ejemplo del funcionamiento se puede ver en la figura 1.11. El afluente tiene una velocidad menor que la señal que debe integrarse en el flujo de orden superior. Por lo tanto, existirá un desfase progresivo que llegará a un punto extremo en que no se pueda incluir un cierto bit en su periodo de la señal de velocidad superior. La señal de mayor velocidad adelanta al afluente. En este punto se incluye un bit de relleno que sólo sirve para hacer tiempo y volver a sincronizar los flujos.



Por supuesto, el equipo múltiplex deberá poder extraer el flujo original de esta señal con relleno. Por lo tanto, hay que situar los bits de relleno en posiciones fijas en el tiempo y anunciar (con otro bit conocido) cuándo ese bit actúa de relleno o no.

RELLENO POSITIVO-NEGATIVO.

Según este método, se le asigna una velocidad a cada afluente igual que la velocidad nominal.

Si la velocidad es la misma no se efectúa ningún tipo de relleno. Si la velocidad real es menor que la nominal se efectúa relleno positivo como en el ejemplo anterior. Si la velocidad es superior a la nominal, el exceso de información del afluente se aloja en intervalos de tiempo adicionales que se deben reservar en la trama. Estos bits adicionales se denominan relleno negativo.

MÚLTIPLEX CON RELLENO POSITIVO A 8448 Kbits/Seg. (G.742)

El CCITT tiene recomendaciones (G.742 y G743) que regulan la formación de los múltiplex de segundo orden para los sistemas G.732 y G.733 (PCM).

La trama completa se divide en 4 grupos.

El primer grupo comienza con una palabra de alineación de trama, 2 bits de servicio y 200 bits de los afluentes entrelazados cíclicamente.

Los tres grupos restantes tienen al inicio 4 bits que sirven para indicar si en esa trama hay bits de relleno positivo. Si la mayoría de esos bits son 1 se asume que hay relleno. Los bits destinados al relleno son los comprendidos desde el 5 al 8 del grupo 4.

CONSIDERACIONES GENERALES.

El equipo múltiplex digital de segundo orden con justificación positiva que se describe a continuación está destinado a ser utilizado en trayectos digitales que usan equipos múltiplex primarios a 2048 Kbits/Seg.

La velocidad binaria nominal es de 8448 Kbits/Seg.

La tolerancia para esta velocidad es de ± 30 partes por millón (ppm).

En el siguiente cuadro se indican:

- La velocidad binaria de los afluentes y el número de afluentes.
- El número de bits por trama.
- El plan de numeración de los bits.
- La asignación de los bits.
- La señal de alineación de trama concentrada.

Cuadro 1.5 Estructura de trama para multiplexión a 8448 Kbits/Seg.	
Velocidad binaria de los afluentes (Kbits/Seg).	2048
Número de afluentes.	4
Estructura de la trama	Plan de numeración de los bits
Señal de alineación de trama (1111010000) Indicación de alarma destinada al equipo multiplex digital distante Bit reservado para uso nacional. Bits procedente de los afluentes	Grupo I 1 a 10 11 12 13 a 212
Bits C_{i1} de control de justificación (ver nota). Bits procedentes de los afluentes.	Grupo II 1 a 4 5 a 212
Bits C_{i2} de control de justificación (ver nota). Bits procedentes de los afluentes.	Grupo III 1 a 4 5 a 212
Bits C_{i2} de control de justificación (ver nota). Bits justificables, provenientes de los afluentes. Bits procedentes de los afluentes.	Grupo IV 1 a 4 5 a 8 9 a 212
Longitud de la trama	848 bits.
Bits por afluente.	206 bits
Velocidad máxima de justificación por afluente.	10 Kbits/Seg.
Relación nominal de justificación.	0.424

Nota. C_i designa en bit número j de control de justificación del afluente número i .

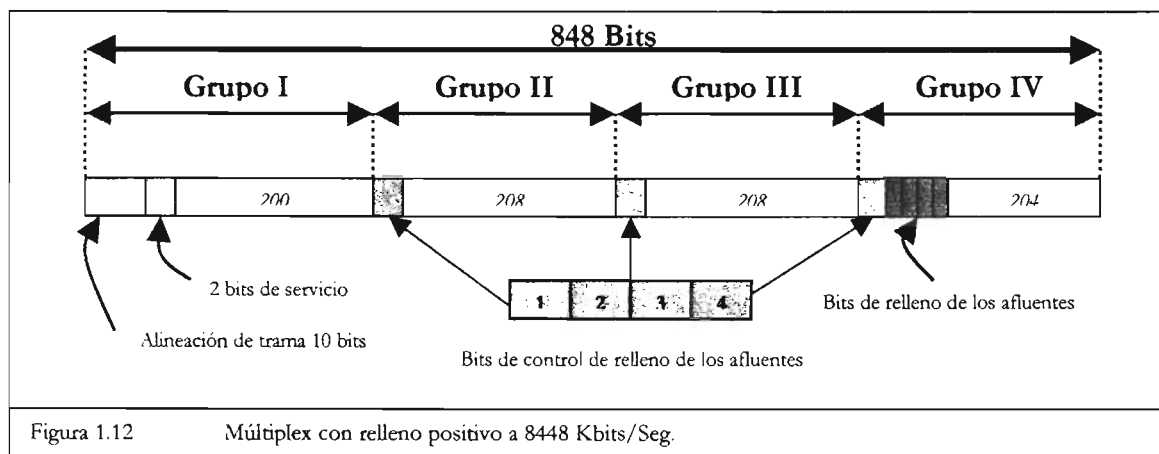


Figura 1.12 Múltiplex con relleno positivo a 8448 Kbits/Seg.

PARÁMETROS Y VELOCIDADES.

- f_p frecuencia nominal de la señal MIC primaria: 2048 Kbps.
- f_s frecuencia nominal de la señal MIC secundaria: 8448 Kbps.
- N bits por trama 848.
- a número de bits de señalización por trama: 12
- r número de bits de control de relleno por trama: 12
- m número de bits de información por trama: 824
- n número de afluentes: 4
- b_r número de bits de relleno por trama: 0 - 4

A partir de estos parámetros se tiene que:

- Frecuencia de trama: $f_T = f_s / N = 9,96$ Ktramas/s
- Capacidad ofrecida: $c = (m/n) \cdot f_T = 2052,226$ Kbps por afluente. Da un margen para afrontar un exceso de velocidad. (0,2 %)
- Si llamamos x al número de tramas/seg con relleno e y las que no, se verifica:
-

$$\begin{cases} \left(\frac{m}{n} - 1 \right) \cdot x + \frac{m}{n} y = f_T \\ x + y = \frac{f_s}{N} \end{cases}$$

Resolviendo el sistema se obtiene que hay

$$\begin{aligned} x &= \frac{\left(\frac{m}{n} \right) f_s}{N} - f_T && \text{tramas con relleno} \\ y &= \frac{f_s}{N} \left(1 - \frac{m}{n} \right) - f_T && \text{tramas sin relleno} \end{aligned}$$

A x se le denomina frecuencia nominal de relleno f_r y su valor es 4,23 Kbps.

MÚLTIPLEX CON RELLENO POSITIVO/NULO/NEGATIVO.

Corresponde a la recomendación G.745. combina cuatro señales primarias de 2048 Kbits/Seg cada una.

La velocidad binaria nominal es de 8448 Kbits/Seg. La tolerancia para la velocidad es de ± 30 partes por millón (ppm).

ESTRUCTURA DE LA TRAMA.

En el siguiente cuadro se indica:

- La velocidad binaria de los afluentes.
- El número de bits por trama.
- El plan de numeración de los bits.
- La asignación de los bits.
- La señal de alineación de trama concentrada.

PERDIDA Y RECUPERACIÓN DE ALINEACIÓN DE TRAMA.

Se considerará perdida la alineación de trama cuando se reciban incorrectamente, en sus posiciones previstas, cinco señales consecutivas de alineación de trama.

La recuperación de la alineación de trama debe producirse cuando se reciban sin error por lo menos dos señales consecutivas de alineación de trama en sus posiciones prevista.

Inmediatamente después que se pierda la alineación de trama, y mientras no se haya recuperado, se transmitirá a todos los afluentes desde la salida del demultiplexor, una secuencia definida. El contenido binario equivalente de dicha secuencia, denominada señal de indicación de alarma (SLA), a 2 048 Kbits/Seg, en un tren continuo de 1 binarios.

MÉTODO DE MULTIPLEXIÓN.

Se recomienda el entrelazado cíclico de los bits según el orden de numeración de los afluentes, y la justificación positiva/nula/negativa con control por dos instrucciones.

La señal de control de justificación debe estar distribuida y utilizar los bits C_m ($n = 1, 2, 3$ según el siguiente cuadro). Es posible corregir un error en las instrucciones.

La justificación positiva debe indicarse por la señal 111 transmitida en una de cada dos tramas consecutivas; la justificación negativa debe indicarse por la señal 000 transmitida en una de cada dos tramas consecutivas, y la ausencia de justificación por la señal 111 en una trama, seguida de 000 en la trama siguiente. Los bits 5, 6, 7, y 8 del grupo IV se utilizan para justificación negativa de los afluentes 1, 2, 3 y 4 respectivamente y los bits 9 y 12 para justificación positiva de esos mismos afluentes.

Además, cuando no se transmite información de los afluentes 1, 2, 3 y 4, los bits 5, 6, 7 y 8 del grupo IV están disponibles para transmitir información sobre el tipo de justificación (positiva o negativa) en las tramas que contienen instrucciones de control de justificación positiva y sobre la magnitud intermedia de fluctuación de fase en las tramas que contiene instrucciones de justificación negativa.

DIGITOS DE SERVICIO.

Hay disponibles algunos bits por trama para funciones de servicio (bits 5 a 8 del grupo II y bit 8 del grupo III) para aplicaciones nacionales e internacionales. Los bits 5, 6, 7 y 8 del grupo II están disponibles para un canal de servicio digital entre dos terminales (utilizando modulación delta adaptativa a 32 Kbits/Seg) y el bit 8 del grupo III está disponible para la llamada de un canal de servicio digital. La utilización de otros bits de reserva se halla en estudio.

Cuadro 1.6 Estructura de trama para multiplexión a 8448 Kbits/Seg. Usando justificación positiva/nulo/negativa.

Velocidad binaria de los afluentes (Kbits/Seg).	2048
Número de afluentes.	4
Estructura de la trama	Plan de numeración de los bits
Señal de alineación de trama (11100110) Bits procedentes de los afluentes	Grupo I 1 a 8 9 a 264
Bits de control de justificación C_{j1} (ver nota). Bits destinados a funciones de servicio. Bits procedentes de los afluentes.	Grupo II 1 a 4 5 a 8 9 a 264
Bits de control de justificación C_{j2} (ver nota). Bits de reserva. Bits procedentes de los afluentes.	Grupo III 1 a 4 5 a 8 9 a 264
Bits de control de justificación C_{j3} (ver nota). Bits procedentes de los afluentes, disponibles para justificación negativa. Bits procedentes de los afluentes, disponibles para justificación positiva. Bits procedentes de los afluentes.	Grupo IV 1 a 4 5 a 8 9 a 12 12 a 264
Longitud de la trama	1056 bits
Duración de la trama	125 μ s
Bits por afluente	256 bits
Velocidad máxima de justificación por afluente	8 kbit/s

NOTA - C_{jn} designa el enésimo bit de control de justificación del j-ésimo afluente.

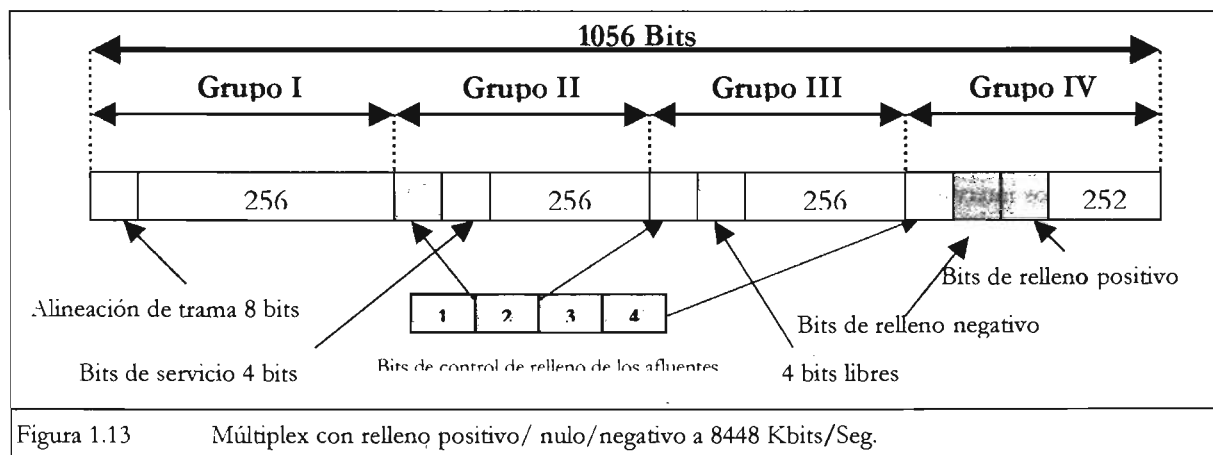


Figura 1.13 Múltiplex con relleno positivo/ nulo/negativo a 8448 Kbits/Seg.

El formato es semejante, salvo que ahora se reservan bits para relleno positivo y bits para relleno negativo. Los bits de control de relleno indican relleno positivo si se encuentra la palabra 111000 en los bits de control de dos tramas consecutivas.

Se asignan para información los 4 bits de relleno positivo. Si algún afluente reduce su velocidad algunos de esos bits serán de relleno positivo (no llevan información y hacen que el flujo rápido espere al lento). Si la velocidad aumenta se habilitan bits de relleno negativo para que lleven información hasta un máximo de dos por trama.

ESTRUCTURA DE LA TRAMA BÁSICA A 8448 Kbits/Seg (G.704).

La trama está constituida por 1056 bits numerados del 1 al 1056. la frecuencia de repetición de trama es de 8000Hz.

La señal de alineación de trama es 11100110100000 y ocupa las posiciones de bit 1 a 8 y 529 a 534.

El bit 535 se utiliza para transportar la indicación de alarma (bit 535 en el estado 1= alarma activada; bit 535 en el estado 0 = alarma no activada).

El bit 536 se deja libre para uso nacional y debe ponerse a 1 en los trayectos que atraviesan una frontera internacional. Esto mismo es aplicable a los bits 9 a 40 en el caso de la señalización asociada al canal.

Los bits 1 a 1056 de la trama básica transportan 132 intervalos de tiempo de canal a 64 Kbit/Seg, con entrelazado de octetos, numerados del 0 al 131.

Los intervalos de tiempo de canal a 64 Kbits/Seg números 5 a 32, 34 a 56, 71 a 98 y 100 a 131 se asignan a 120 canales telefónicos numerados del 1 al 120.

El intervalo de tiempo de canal a 64 Kbits/Seg número 0 y los primeros 6 bits del intervalo de tiempo de canal a 64 Kbits/Seg número 66 se asignan a la alineación de trama: los dos bits restantes del intervalo de tiempo de canal a 64 Kbit/Seg número 66 se destinan a servicio.

Los intervalos de tiempo de canal a 64 Kbits/Seg números 67 a 70 se asignan a la señalización asociada al canal en la forma indicada en el cuadro siguiente.

ESTRUCTURA DE LA MULTITRAMA.

Una multitrama para cada tren de bits a 64 Kbits/Seg comprende 16 tramas consecutivas numeradas del 0 al 15.

La señal de alineación de multitrama es 0000 y ocupa los intervalos de tiempo del dígito 1 al 4 de los intervalos de tiempo de canal número 67 a 70 de la trama 0.

Cuando los intervalos de tiempo de canal a 64 Kbits/Seg números 67 a 70 se utilizan para la señalización por canal asociado, la capacidad de 64 Kbits/Seg de cada uno de los intervalos de tiempo de canal a 64 Kbits/Seg se submultiplexa para formar canales de señalización a una velocidad inferior, utilizándose como referencia la señal de alineamiento de multitrama. Los detalles de la asignación de los bits se indican en el cuadro siguiente.

Cuadro 1.7 Asignación de los bits de los canales 67 a 70 de la señalización por canal asociado de la trama básica a 8448 Kbits/Seg.

Intervalos de tiempo de canal a 64 Kbits/seg Trama	67		68		69		70	
0	0000xyxx		0000xyxx		0000xyxx		0000xyxx	
1	abcd canal 1	abcd canal 16	abcd canal 31	abcd canal 46	abcd canal 61	abcd canal 76	abcd canal 91	abcd canal 106

15	abcd canal 15	abcd canal 30	abcd canal 45	abcd canal 60	abcd canal 75	abcd canal 90	abcd canal 105	abcd canal 120

NOTA 1- Los números de canal se refieren a números de canales telefónicos. Para la asignación de intervalos de tiempo de canal a 64 Kbits/Seg a los canales telefónicos.

NOTA 2- Esta asignación de los bits proporciona cuatro canales de señalización a 500 bits/seg denominados a, b, c y d para cada canal, para telefonía y otros servicios. Mediante esta disposición, la distorsión de señalización de cada canal de señalización introducida por el sistema de transmisión PCM no pasará $\pm 2mS$.

NOTA 3 Cuando no se utilicen los bits b, c o d se les deberá poner los valores siguientes: b=1, c=0, d=1.

Se recomienda no utilizar la combinación 0000 de los bits a, b, c y d para fines de señalización para los canales 1 a 15, 31 a 45, 61 a 75 y 91 a 125.

NOTA 4- x = bit de reserva, se pone a 1 si no se utiliza.

y = bit utilizado para indicación de alarma al extremo distante. En la condición de normal funcionamiento se pone a 0; en condición de alarma se pone a 1

MULTIPLEX CON RELLENO POSITIVO A 34 368 Kbits/Seg.

MULTIPLEXIÓN DE CUATRO SEÑALES DIGITALES A 8 448 Kbits/Seg.

La velocidad binaria nominal debe ser de 34 368 Kbits/Seg.

La tolerancia para esta velocidad debe ser ± 20 partes por millón (ppm).

ESTRUCTURA DE LA TRAMA.

En el siguiente cuadro se indican:

- La velocidad binaria de los afluentes y el número de afluentes.
- El número de bits por trama.
- El plan de numeración de los bits.
- La asignación de los bits
- La señal de alineación de trama concentrada.

Cuadro 1.8 Estructura de trama para multiplexión a 34 368 Kbits/seg

Velocidad binaria de los afluentes (Kbits/Seg).	8448
Número de afluentes.	4
Estructura de la trama	Plan de numeración de los bits
Señal de alineación de trama (1111010000)	Grupo I 1 a 10
Indicación de alarma hacia el equipo multiplex digital distante.	11
Bit reservado para uso nacional	12
Bits procedentes de los afluentes.	13 a 384
Bits de servicio de justificación C_{j1} (ver nota)	Grupo II 1 a 4
Bits procedentes de los afluentes.	5 a 384
Bits de servicio de justificación C_{j2} (ver nota)	Grupo III 1 a 4
Bits procedentes de los afluentes.	5 a 384
Bits de servicio de justificación C_{j3} (ver nota)	Grupo IV 1 a 4
Bits procedentes de los afluentes, disponibles para la justificación.	5 a 8
Bits procedentes de los afluentes.	9 a 384
Longitud de trama	1536 bits
Bits por afluente	378 bits
Velocidad máxima de justificación por afluente	22 375 Kbit/Seg
Relación nominal de justificación	0.436

NOTA – C_{jm} designa el m -ésimo bit de servicio de justificación del j -ésimo afluente.

PÉRDIDA Y RECUPERACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE TRAMA.

Se considera pérdida de la alineación de trama cuando se reciban incorrectamente en sus posiciones previstas, cuatro señales consecutivas de alineación de trama.

Cuando se considera perdida la alineación de trama, el dispositivo de alineación de trama decidirá que se ha recuperado efectivamente dicha alineación cuando detecte la presencia de tres señales consecutivas de trama.

Después de que el dispositivo de alineación de trama detecte la aparición de una señal correcta de alineación de trama, comienza a buscar de nuevo la señal de alineación de trama cuando detecte la ausencia de ésta en alguna de las dos tramas siguientes.

MÉTODO DE MULTIPLEXIÓN.

Se recomienda el entrelazado cíclico de los bits según el orden de numeración de los afluentes y justificación positiva. La señal de control de justificación debe estar distribuida y utilizar los bits C_{jm} ($n = 1, 2, 3$: según el cuadro anterior). La justificación positiva debe indicarse por la señal 111, y la ausencia de justificación por la señal 000. se recomienda la decisión por mayoría.

DIGITOS DE SERVICIO.

Hay dos bits por trama disponibles para funciones de servicio. El bit 11 del grupo I se utiliza para transmitir una indicación de alarma al equipo múltiplex distante cuando se detectan condiciones específicas de avería en el equipo múltiplex. El bit 12 del grupo I está reservado para uso nacional. En un trayecto digital que atraviesa una frontera, este bit se pone a 1.

MULTIPLEX CON RELLENO POSITIVO A 139 264 Kbits/Seg.

MULTIPLEXIÓN DE CUATRO SEÑALES DIGITALES A 34 368 Kbits/Seg.

La velocidad binaria nominal debe ser de 139 264 Kbits/Seg. La tolerancia para esta velocidad debe ser de ± 15 partes por millón (ppm).

ESTRUCTURA DE LA TRAMA.

En el siguiente cuadro se indica:

- La velocidad binaria de los afluentes y el número de afluentes.
- El número de bits por trama.
- El plan de numeración de los bits.
- La asignación de los bits.
- La señal de alineación de trama concentrada.

PÉRDIDA Y RECUPERACIÓN DE LA ALINEACIÓN DE TRAMA.

Se considerará pérdida de alineación de trama cuando se reciban incorrectamente, en sus posiciones previstas, cuatro señales consecutivas de alineación de trama.

Cuando se considera perdida la alineación de trama, el dispositivo de alineación de trama decidirá que se ha recuperado efectivamente dicha alineación cuando detecte la presencia de tres señales consecutivas de alineación de trama.

Después de que el dispositivo de alineación de trama detecte la aparición de una señal correcta de alineación de trama, comienza inmediatamente a buscar de nuevo la señal de alineación de trama cuando detecte la ausencia de esta en una de las dos tramas siguientes.

MÉTODO DE MULTIPLEXIÓN.

Se recomienda el entrelazado cíclico de los bits según el orden de numeración de los afluentes, y justificación positiva. La señal de control de justificación debe estar distribuida y utilizar los bits C_{jn} ($n = 1, 2, 3, 4, 5$ según el cuadro). La justificación positiva debe indicarse por la señal 11111 y la ausencia de justificación por la señal 00000. se recomienda la decisión por mayoría.

Cuadro 1.9 Estructura de trama para multiplexión a 139 264 Kbits/Seg

Velocidad binaria de los afluentes (Kbits/Seg).	8448
Número de afluentes.	4
Estructura de la trama	Plan de numeración de los bits
Señal de alineación de trama (111110100000)	Grupo I 1 a 12
Indicación de alarma hacia el equipo múltiplex digital distante.	13
Bit reservado para uso nacional	14 a 16
Bits procedentes de los afluentes.	17 a 488
Bits de servicio de justificación C_{jn} (ver nota)	grupo II a V 1 a 4
Bits procedentes de los afluentes.	5 a 488
Bits de servicio de justificación C_{js} (ver nota)	grupo VI 1 a 4
Bits procedentes de los afluentes, disponibles para la justificación.	5 a 8
Bits procedentes de los afluentes.	9 a 488
Longitud de trama	2928 bits
Bits por afluente	723 bits
Velocidad máxima de justificación por afluente	47 563 bit/s aproximadamente
Relación nominal de justificación	0.419

NOTA – C_{jn} designa el n -ésimo bit de servicio de justificación del j -ésimo afluente.

DIGITOS DE SERVICIO.

Hay cuatro bits por trama disponibles para funciones de servicio. El bit 13 del grupo I se utiliza para transmitir una indicación de alarma al equipo múltiplex distante cuando se detectan condiciones específicas de avería en el equipo múltiple. Los bits 14 a 16 del grupo I están reservados para uso nacional. En un trayecto digital que atraviesa una frontera, estos bits se ponen a 1.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS DE LAS INTERFACES DIGITALES JERÁRQUICAS.

INTERFAZ A 64 Kbits/Seg (E0).

Requisitos funcionales.

Para el diseño de la interfaz se han recomendado los siguientes requisitos básicos:

Tres señales pueden atravesar la interfaz en ambos sentidos de transmisión:

- La señal de información a 64 Kbits/Seg;
- La señal de temporización a 64 KHz;
- La señal de temporización a 8 KHz.

NOTA 1 – La señal de información a 64 Kbits/Seg y la señal de temporización a 64 KHz son obligatorias. Sin embargo, aunque el equipo director debe generar una señal de temporización a 8 KHz (por ejemplo, múltiplex PCM o equipo de acceso a un intervalo de tiempo) no debe ser obligatorio para el equipo subordinado situado en el otro lado de la interfaz utilizar la señal de temporización a 8 KHz procedente del equipo director, ni proporcionar una señal de temporización a 8 KHz.

NOTA 2 – La detección de un fallo atrás (en un punto situado hacia el origen) puede transmitirse a través de la interfaz a 64 Kbits/Seg enviando una señal de indicación de alarma (AIS, *alarm indication signal*) hacia el equipo subordinado.

La interfaz debe de ser independiente de la secuencia de bits a 64 Kbits/Seg.

NOTA 3 – Puede transmitirse a través de la interfaz una señal a 64 Kbits/Seg sin restricciones. Sin embargo, esto no implica que puedan realizarse, sobre una base global. Trayectos a 64 Kbits/Seg sin restricciones.

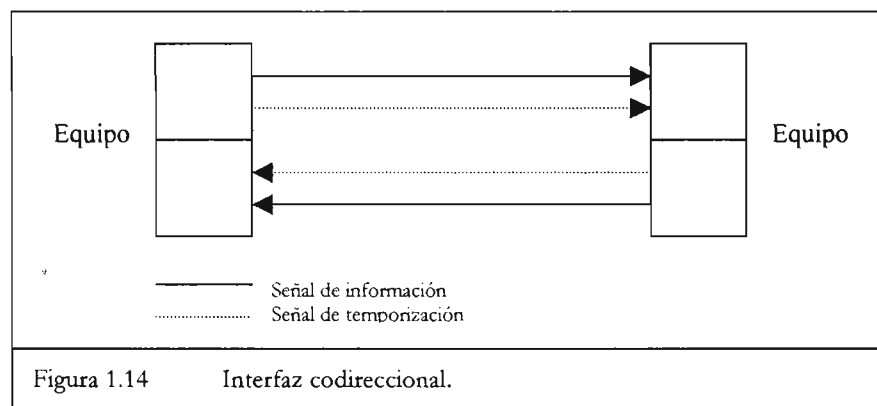
NOTA 4 – Aunque la interfaz es independiente de la secuencia de bits, la utilización de la AIS (secuencia todos 1) puede dar lugar a la imposición de ciertas limitaciones de menor importancia a la fuente de 64 Kbits/Seg. Por ejemplo, una señal de alineación de trama todos 1 podría ocasionar problemas.

TIPOS DE INTERFACES.

Se han previsto tres tipos de interfaces.

INTERFAZ CODIRECCIONAL.

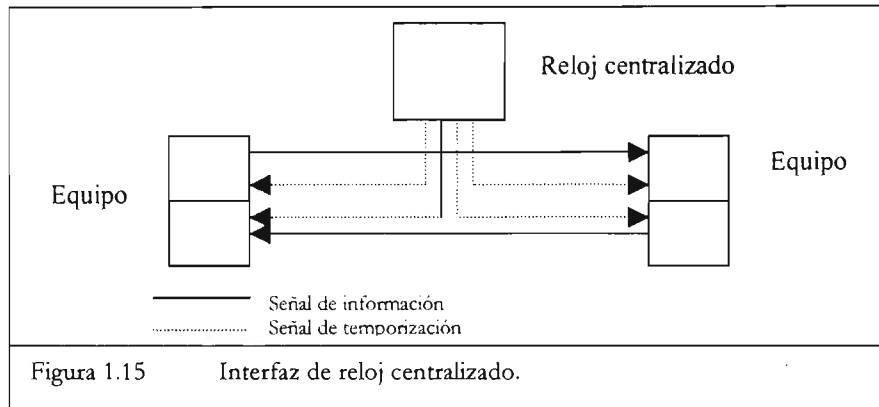
El término "codireccional" se utiliza para describir una interfaz a través del cual la información y las señales de temporización asociadas se transmiten en el mismo sentido (Figura 1. 14).



INTERFAZ DE RELOJ CENTRALIZADO.

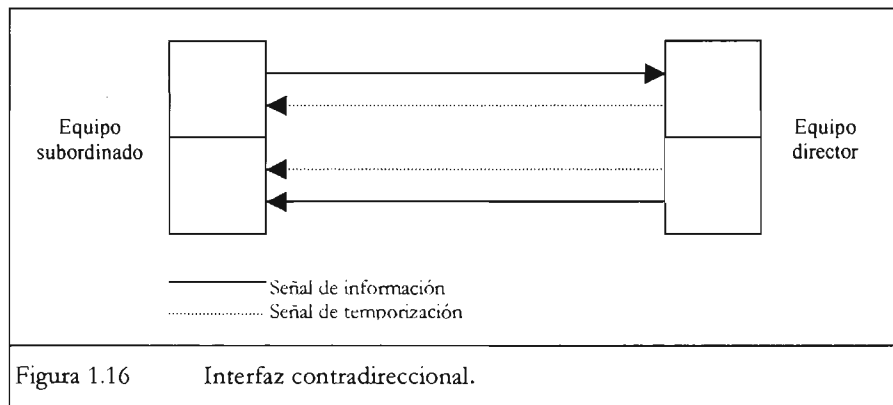
El término de "reloj centralizado" se utiliza para describir una interfaz donde, para ambos sentidos de transmisión de la señal de información, las señales de temporización asociadas entrantes se toman de un reloj centralizado que puede derivarse, por ejemplo, de ciertas señales de línea entrantes (Figura 1.15).

NOTA – La interfaz codireccional o la interfaz de reloj centralizado deben utilizarse para redes sincronizadas y para redes plesiócronas cuyos relojes tengan la estabilidad requerida, a fin de asegurar un intervalo adecuado entre los deslizamientos.



INTERFAZ CONTRADIRECCIONAL.

El término “contradireccional” se utiliza para caracterizar una interfaz a través de la cual las señales de temporización asociadas a ambos sentidos de transmisión se dirigen hacia el equipo subordinado (figura 1.16).



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.

CÁRACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA INTERFAZ CODIRECCIONAL A 64 K.

Velocidad binaria nominal: 64 Kbits/Seg.

Exactitud de la velocidad binaria: ± 100 ppm (± 6.4 bits/Seg) o mejor.

Las señales de temporización a 64 KHz y 8 KHz se transmitirán codireccionalmente con la señal de información.

Se utilizará un par simétrico para cada sentido de transmisión; se recomienda la utilización de transformadores.

Reglas de conversión de código:

Paso 1 – Un periodo de un bit a 64 Kbits/Seg se divide en cuatro intervalos unitarios.

Paso 2 – Un uno binario se codifica como un bloque constituido por los cuatro bits siguientes:

1100

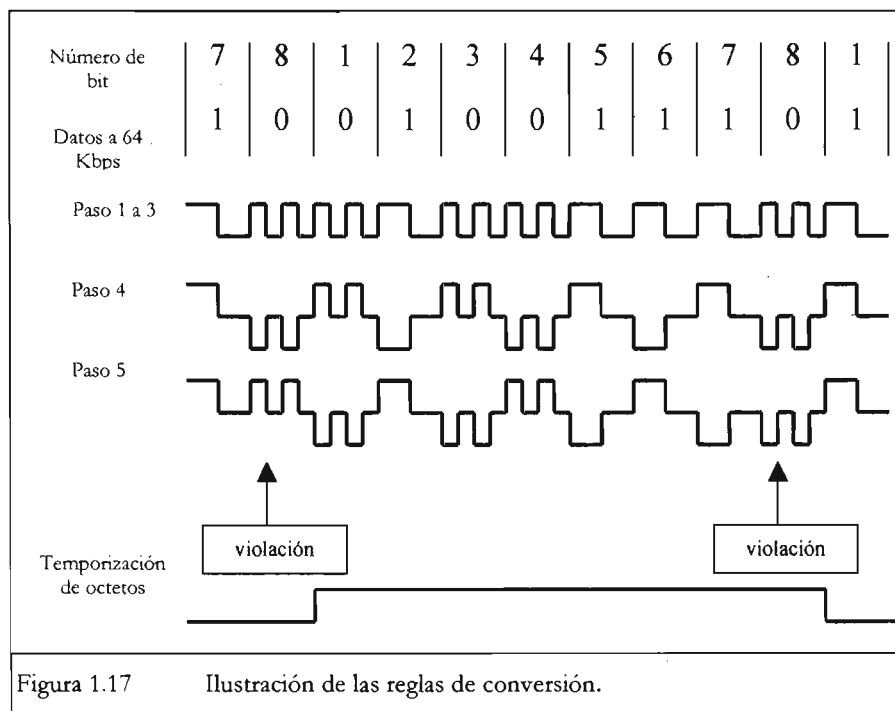
Paso 3 – Un cero binario se codifica como un bloque constituido por los cuatro bits siguientes:

1010

Paso 4 – La señal binaria se convierte en una señal de tres niveles alternando la polaridad de los bloques consecutivos.

Paso 5 – La alternancia de la polaridad de los bloques se viola cada octavo bloque. El bloque con violación indícale último bit de un octeto.

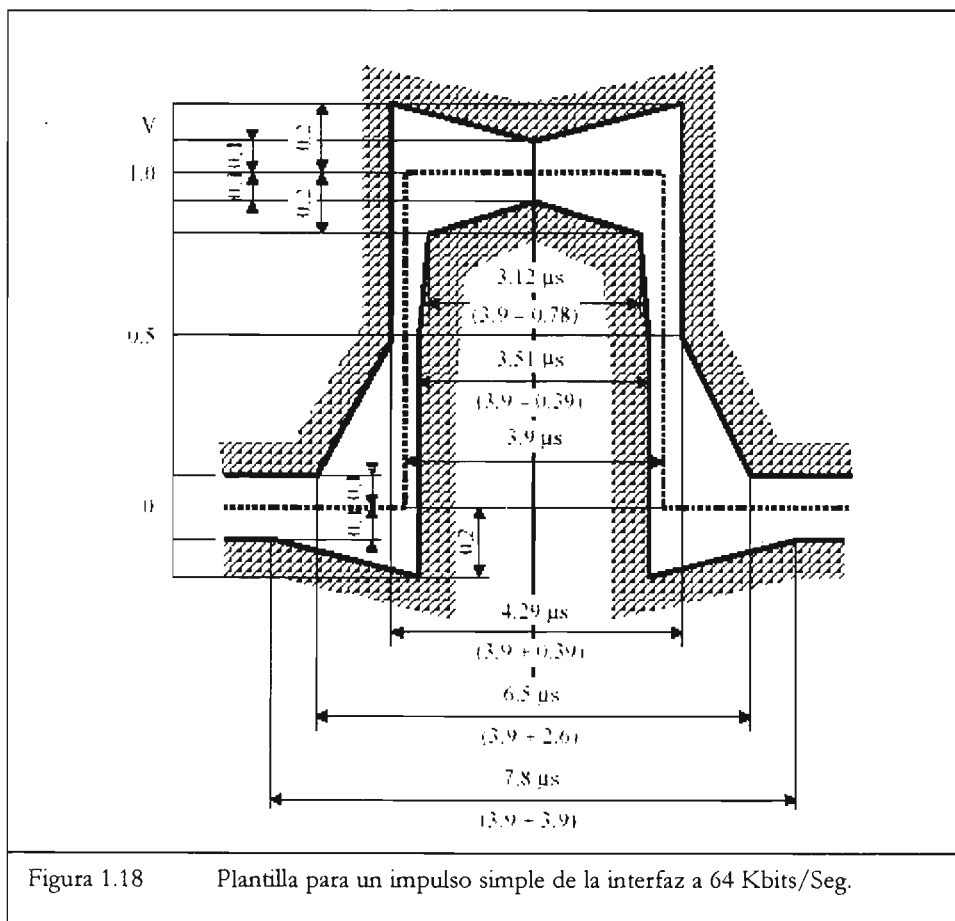
Estas reglas de conversión se ilustran en la figura 1170.



ESPECIFICACIONES EN LOS PUERTOS DE SALIDA.

Las especificaciones se encuentran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.10 Especificaciones en los puertos de salida del equipo múltiplex a 64 Kbits/Seg.	
Velocidad de símbolos	256 Kbaudios
Forma del impulso (forma nominal rectangular)	Todos los impulsos de una señal válida deben ajustarse a la plantilla de la figura siguiente, sea cual fuere la polaridad
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par simétrico
Impedancia de la carga de prueba	120 ohms, resistiva
Tensión de cresta nominal de una "marca" (impulso)	1.0 V
Tensión de cresta de un "espacio" (ausencia de impulso)	0V ±0.10V
Anchura nominal de impulso	3.9 μSeg
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el centro del intervalo del impulso	De 0.95 a 1.05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto de semiamplitud nominal	De 0.95 a 1.05
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en el puerto de salida (NOTA)	Ver la plantilla siguiente.
NOTA. Estos valores son válidos solamente para equipos de la jerarquía E1	



La pérdida de retorno en el puerto de entrada debe tener los siguientes valores mínimos:

Gama de frecuencias	Pérdida de retorno
6.4 a 13	6
13 a 384	8

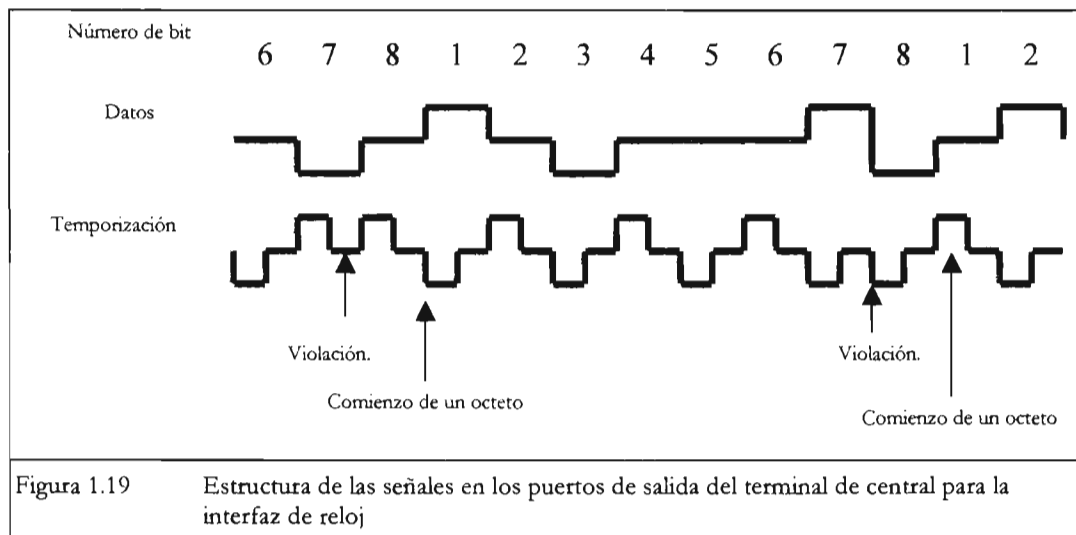
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA INTERFAZ DE RELOJ CENTRALIZADO A 64 K.

Velocidad binaria nominal: 64 Kbits/Seg.

Para cada sentido de transmisión deberá haber un par simétrico para la señal de datos. Además deberá haber pares simétricos para transportar la señal de temporización compuesta (64 y 8 KHz) de la fuente de reloj central al equipo terminal de central. Se recomienda la utilización de transformadores.

Reglas de conversión de código:

Las señales de código se codifican en código AMI con una relación de trabajo de 100%. Las señales compuestas de temporización de bits a 64 KHz en código AMI con una relación de trabajo de 50% a 70%, y la información sobre la fase de octeto a 8 KHz mediante violaciones a la regla de codificación. La estructura de las señales y sus relaciones de fase nominales se muestran en la figura 1.19.



CARACTERÍSTICAS DE LOS ACCESOS DE SALIDA.

Cuadro 1.11 Características de los accesos de salida de la interfaz de reloj centralizado a 64 K.		
Parámetros	Datos	Temporización
Forma del impulso	Forma nominal rectangular, con tiempo de subida y bajada inferiores a 1 μ Seg.	Forma nominal rectangular, con tiempos de subida y bajada inferiores a 1 μ Seg
Impedancia nominal de la carga de prueba	110 ohms resistiva.	110 ohms resistiva
Tensión de cresta de una "marca"	a) $1.0 \pm 0.1V$ b) $4.3 \pm 0.5V$	c) $1.0 \pm 0.1V$ d) $4.3 \pm 0.5V$
Tensión de cresta de un "espacio"	a) $0 \pm 0.1V$ b) $0 \pm 0.5V$	c) $0 \pm 0.1V$ d) $0 \pm 0.5V$
Anchura nominal del impulso	a) 15.6 μ Seg b) 15.6 μ Seg	a) 7.8 μ Seg b) 9.8 a 10.9 μ Seg

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA INTERFAZ CONTRADIRECCIONAL A 64 K.

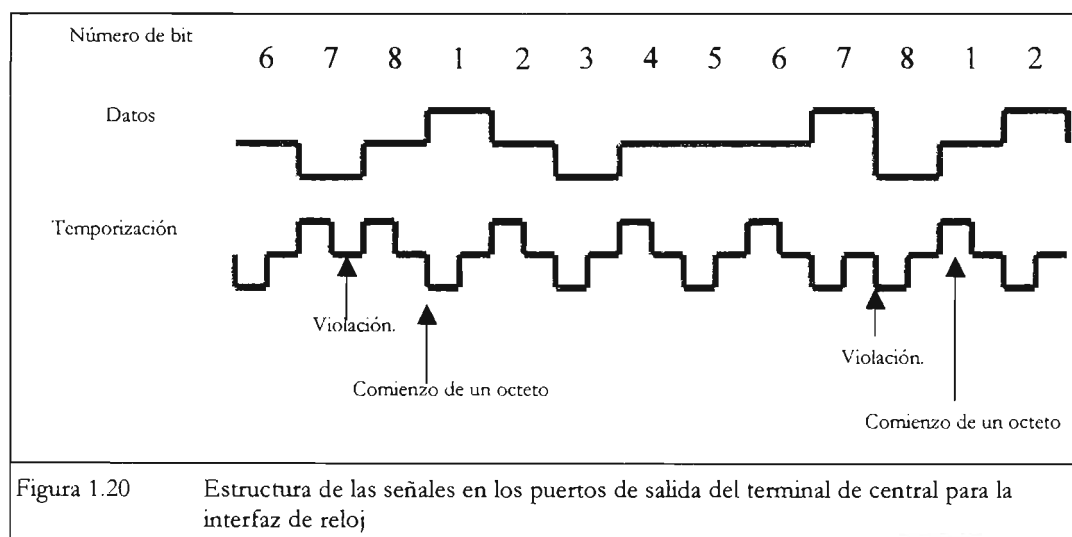
Velocidad binaria nominal: 64 Kbits/Seg.

Exactitud de la velocidad binaria: ± 100 ppm (± 6.4 bits/Seg) o mejor.

Para cada sentido de transmisión deberá haber dos pares simétricos: uno para la señal de datos y otro para una señal de temporización compuesta (64 KHz y 8 KHz).

Regla de conversión de código:

Las señales de datos se codifican en código AMI con una relación de trabajo de 100%. Las señales compuestas de temporización transportan la información de temporización de bits a 64 KHz mediante el empleo del código AMI con una relación de trabajo del 50%, y la información sobre la fase de la señal de temporización de octetos a 8 KHz, introduciendo violaciones a la regla de codificación. La estructura de las señales y sus relaciones de fase en los puertos de salida de datos se muestran en la figura 1.20.



Los impulsos de datos recibidos del lado de servicios (por ejemplo: datos o señalización) de la interfaz se retardarán algo en relación con los impulsos de temporización correspondientes. El instante de detección de un impulso de datos recibido en el lado línea de la interfaz deberá situarse, pues, en el flanco anterior del siguiente impulso de temporización.

ESPECIFICACIONES EN LOS PUERTOS DE SALIDA.

Las especificaciones se encuentran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.12 Características de los accesos de salida de la interfaz de contradireccional a 64 K.		
Parámetros.	Datos.	Temporización.
Forma del impulso.(forma nominal rectangular)	Todos los impulsos de una señal válida deben ajustarse a la plantilla de la figura 1.18 sea cual fuere la polaridad.	Todos los impulsos de una señal válida deben ajustarse a la plantilla de la figura 1.18 sea cual fuere la polaridad
Par(es) en cada sentido de transmisión.	Un par simétrico.	Un par simétrico.
Impedancia de la carga de prueba.	120 ohms resistiva	120 ohms resistiva
Tensión de cresta nominal de una "marca" (impulso)	1.0 V	1.0 V
Tensión de cresta de un "espacio" (ausencia de impulso).	0V \pm 0.1V	0V \pm 0.1V
Anchura nominal del impulso.	15.6 μ Seg	15.6 μ Seg
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el centro del intervalo del impulso.	De 0.95 a 1.05	De 0.95 a 1.05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto de semiamplitud nominal.	De 0.95 a 1.05	De 0.95 a 1.05
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en el puerto de salida (nota)		
NOTA – solo válidos para la jerarquía de 2Mbits/Seg.		

INTERFAZ A 2,048 Kbits/Seg.

CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Velocidad nominal: 2048 Kbits/Seg.

Exactitud de la velocidad binaria: ± 50 ppm (± 102.4 bits/Seg).

Código: bipolar de alta densidad de orden 3 (HDB3).

ESPECIFICACIONES EN LOS PUERTOS DE SALIDA.

Las especificaciones se encuentran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.13 Especificaciones en los puertos de salida de la interfaz a 2048 Kbits/Seg.		
Forma del impulso (Forma nominal rectangular)	Todas las marcas de una señal válida deberán ajustarse a la plantilla (Figura 1.21), independientemente del signo. El valor V corresponde al valor nominal de cresta.	
Par(es) en cada sentido de transmisión.	Un par coaxial	Un par simétrico
Impedancia de la carga de prueba.	75 ohms resistiva.	120 ohms resistivos
Tensión nominal de cresta de una marca (impulso).	2.37 V	3 V
Tensión de cresta de un espacio (ausencia de impulso).	0 \pm 0.237 V	0 \pm 0.3 V
Anchura nominal del impulso.	244 nSeg	
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio del intervalo del impulso.	De 0.95 a 1.05	
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en los puntos de semiamplitud nominal.	De 0.95 a 1.05	
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un puerto de salida.	Ver figura 1.21	

La pérdida de retorno en el puerto de salida debe tener los siguientes valores mínimos:

Cuadro 1.14 Pérdidas de retorno.	
Gama de frecuencias (KHz)	Perdida de retorno (dB)
51 a 102	6
102 a 3072	8

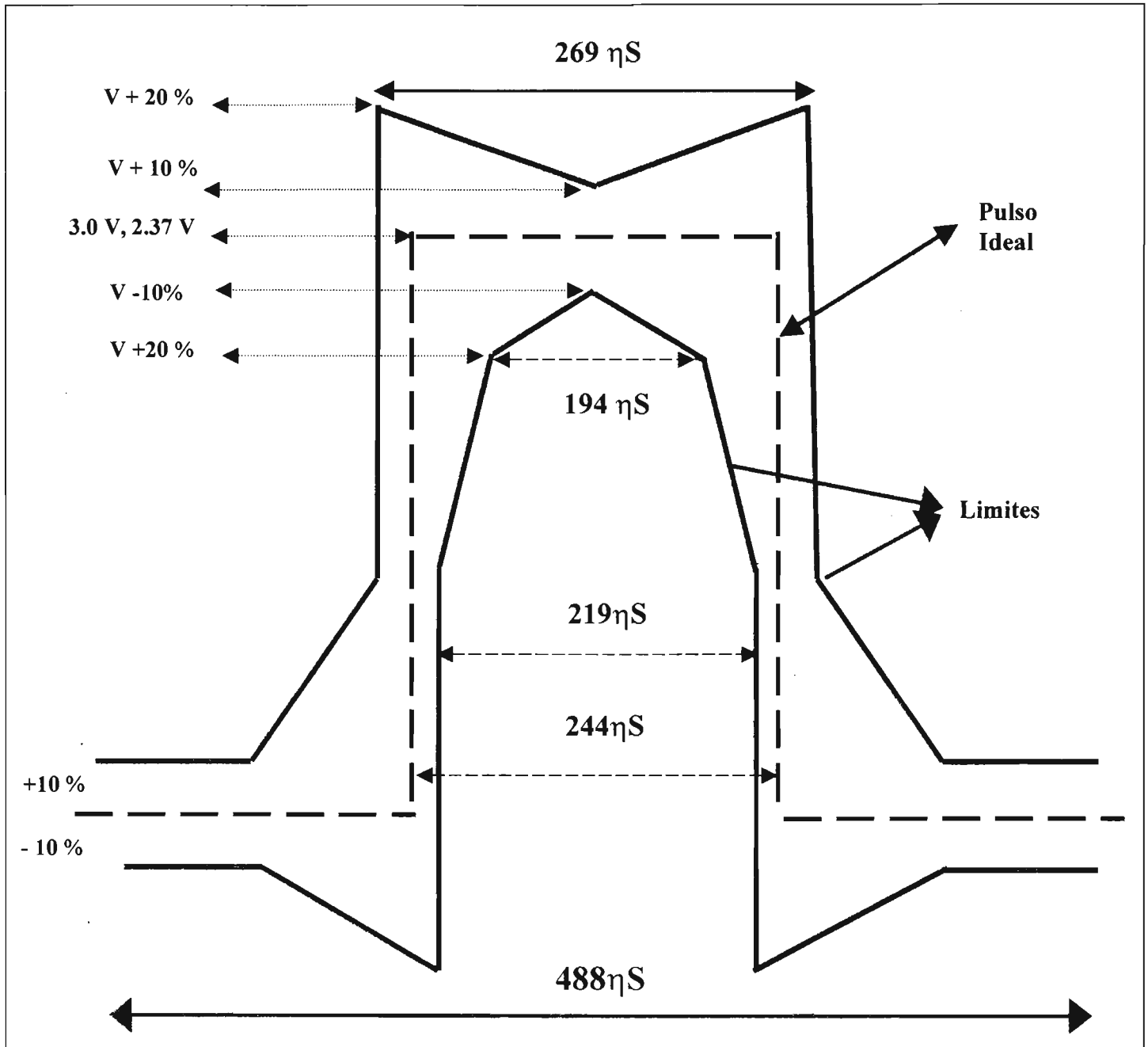


Figura 1.21 Plantilla de un impulso simple de la interfaz a 2048 Kbits/Seg.

INTERFAZ A 8448 Kbits/Seg.

CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Velocidad binaria nominal: 8448 Kbits/Seg.

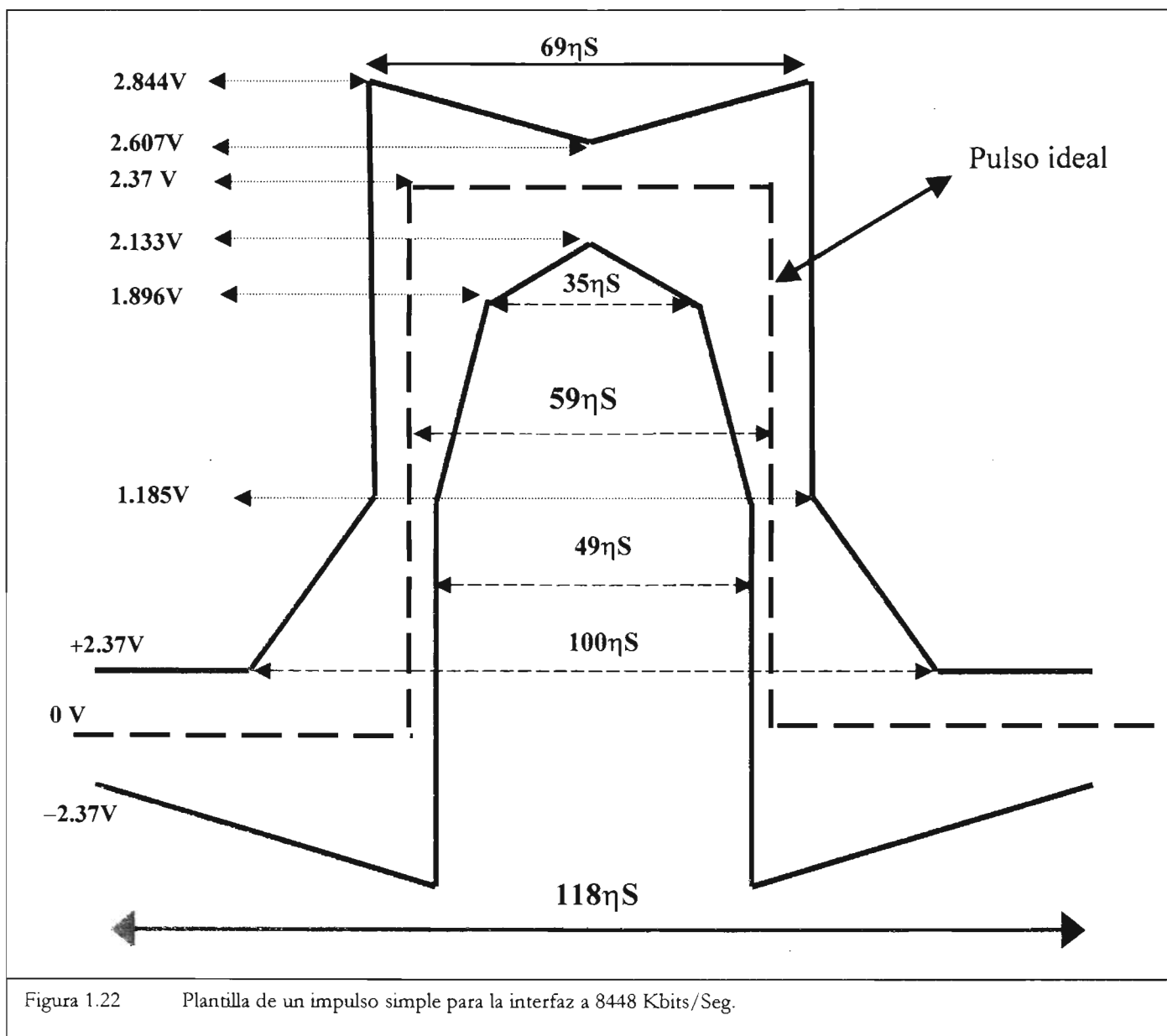
Exactitud de la velocidad binaria: ± 30 ppm (± 253.4 bits/Seg).

Código: Bipolar de alta densidad de orden 3 (HDB3)

ESPECIFICACIONES EN LOS PUERTOS DE SALIDA.

Véase el cuadro siguiente:

Cuadro 1.15 Especificaciones en los puertos de salida de la interfaz a 8448 Kbits/Seg.	
Forma de impulso (forma nominal rectangular)	Todas las marcas de una señal válida deberán ajustarse a la plantilla (figura 1.22) independientemente del signo.
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par coaxial
Impedancia de la carga de prueba	75 ohms resistiva
Tensión nominal de cresta de una marca (impulso)	2.37 V
Tensión nominal de un espacio (ausencia de impulso)	0 V \pm 0.237V
Anchura nominal del impulso.	59 nSeg
Relación entre amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio del intervalo del impulso	De 0.95 a 1.05
Relación entre las anchuras de los impulsos positivos y los negativos para los puntos de semiamplitud nominal.	De 0.95 a 1.05
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un puerto de salida	Véase la siguiente figura.



La pérdida de retorno en el puerto de salida debe tener los siguiente valores mínimos:

Cuadro 1.16 Pérdidas de retorno.	
Gama de frecuencias (KHz)	Pérdida de retorno (dB)
211 a 422	6
422 a 12 672	8

INTERFAZ A 34 368 Kbits/Seg.

CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Velocidad binaria nominal: 34 368 Kbits/Seg.

Exactitud de la velocidad binaria: ± 20 ppm (± 688 bit/Seg).

Código: HDB3.

ESPECIFICACIONES EN LOS PUERTOS DE SALIDA.

Cuadro 1.16 Especificaciones en los puertos de salida de la interfaz a 34 368 Kbits/Seg.	
Forma de impulso (forma nominal rectangular)	Todas las marcas de una señal válida deberán ajustarse a la plantilla (figura 1.23) independientemente del signo.
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par coaxial
Impedancia de la carga de prueba	75 ohms resistiva
Tensión nominal de cresta de una marca (impulso)	1.0 V
Tensión nominal de un espacio (ausencia de impulso)	0 V \pm 0.1 V
Anchura nominal del impulso.	14.55 nSeg
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio del intervalo del impulso	De 0.95 a 1.05
Relación entre las anchuras de los impulsos positivos y los negativos para los puntos de semiamplitud nominal.	De 0.95 a 1.05
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un puerto de salida	Véase la figura 1.23.

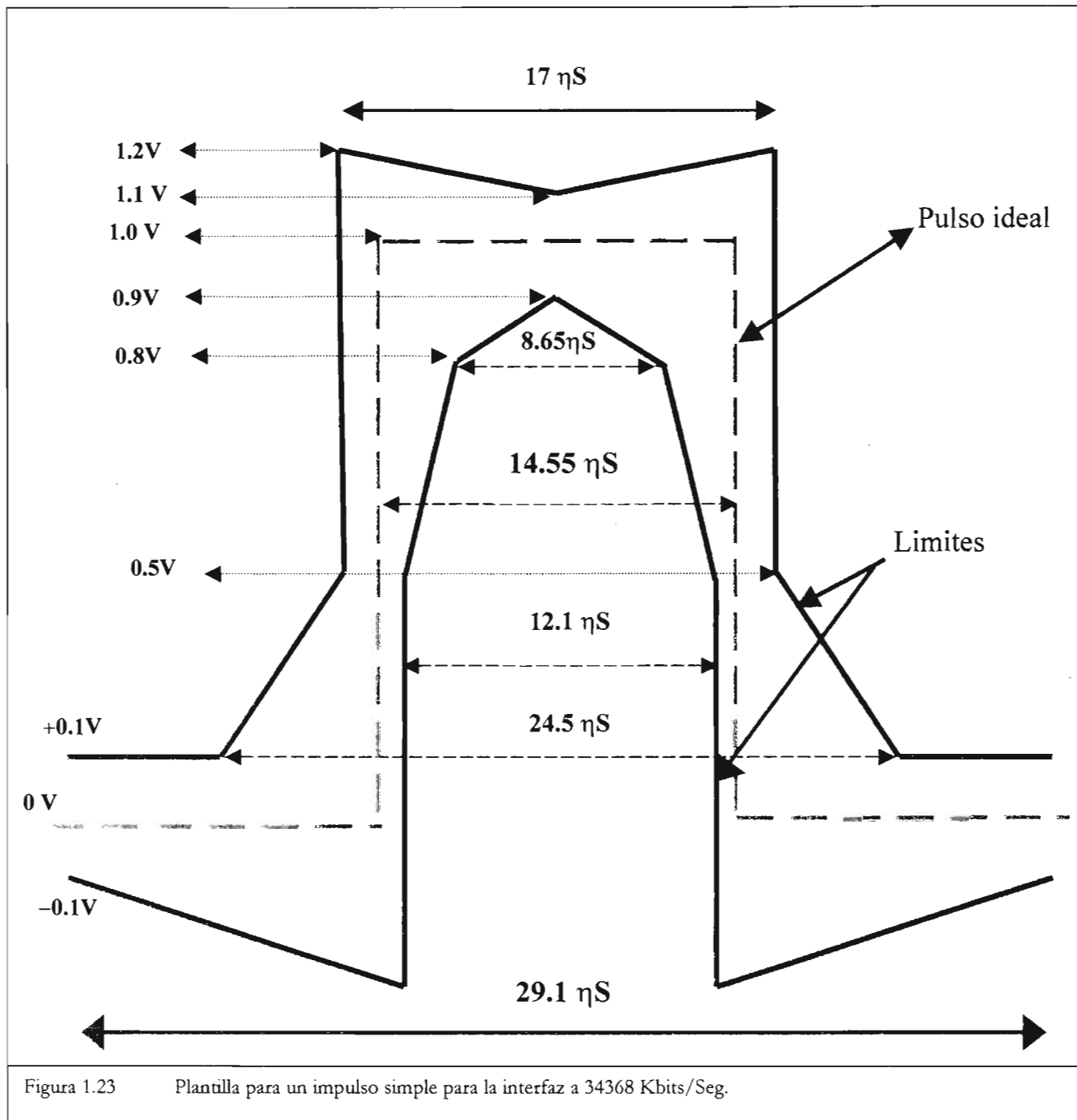


Figura 1.23 Plantilla para un impulso simple para la interfaz a 34368 Kbits/Seg.

La pérdida de retorno en el puerto de salida debe tener los siguientes valores mínimos:

Gama de frecuencias (KHz)	Pérdida de retorno (dB)
860 a 1720	6
1720 a 51 550	8

INTERFAZ A 139 264 Kbits/Seg (E₄).

CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Velocidad binaria nominal: 139 264 Kbits/Seg.

Exactitud de la velocidad binaria: ± 15 ppm (± 2089 bits/Seg).

Código: inversión de marcas codificadas (CMI *code mark inversion*).

ESPECIFICACIONES EN LOS PUERTOS DE SALIDA.

Las especificaciones en los puertos de salida se muestran en el siguiente cuadro:

NOTA – Se considera que un método basado en la medida de los niveles del fundamental y del segundo (y posiblemente tercer) armónico de una señal correspondiente a todos 0 binarios y todos 1 binarios, es adecuado para verificar el cumplimiento de los requisitos indicados en el siguiente cuadro.

Forma de impulso (forma nominal rectangular)	Todas las marcas de una señal válida deberán ajustarse a la plantilla (figura 1.24) independientemente del signo.
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par coaxial
Impedancia de la carga de prueba	75 ohms resistiva
Tensión cresta a cresta	1.0 ± 0.1 V
Tiempo de subida entre el 10 % y el 90 % de la amplitud medida en régimen permanente	≤ 2 nSeg
Tolerancia para la temporización de las transiciones (referida al valor medio de los puntos de semi-amplitud de transiciones negativas)	Transmisiones negativas: ± 0.1 nSeg Transiciones positivas en los extremos del intervalo unitario: ± 0.5 nSeg Transiciones positivas en el punto medio del intervalo unitario: ± 0.35 nSeg
Pérdida de retorno	≥ 15 dB en la gama de frecuencias de 7 MHz y 210 MHz.
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un puerto de salida	Véase la figura 1.24.

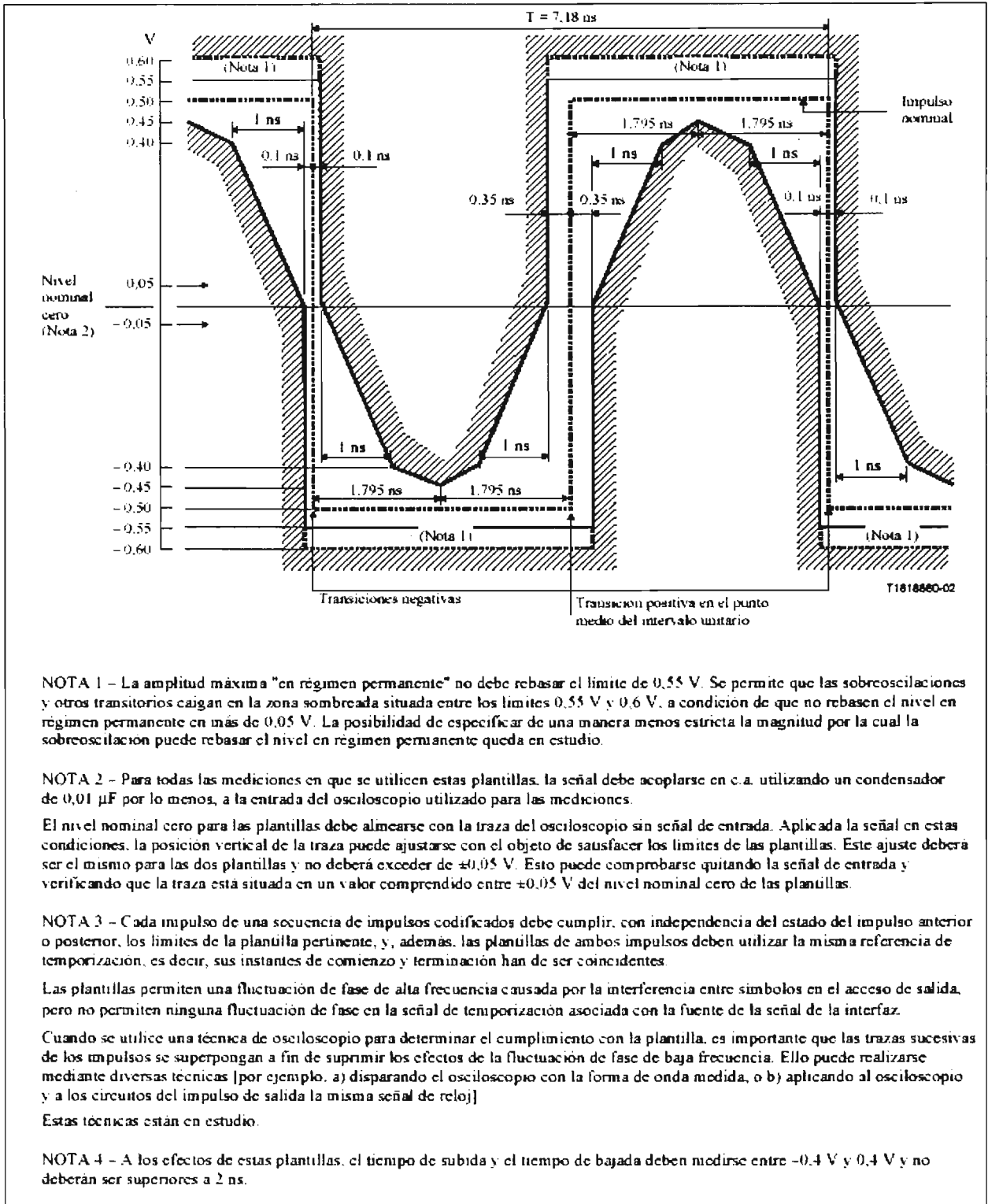


Figura 1.24

Plantilla para un impulso correspondiente a un 0 binario de la interfaz a 139.264Kbits/Seg.

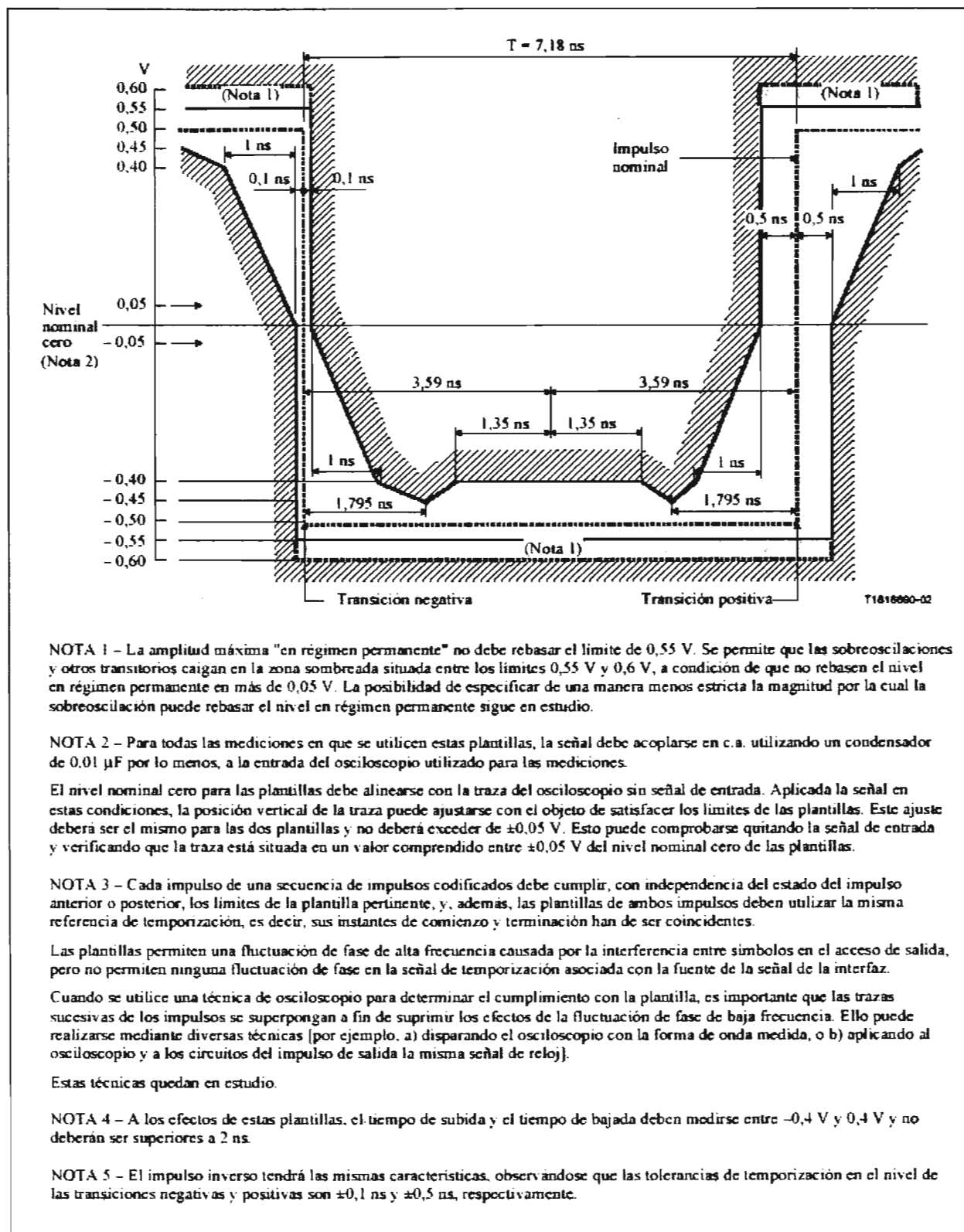


Figura 1.25

Plantilla para un impulso que corresponde a un 1 binario en la interfaz a 134 264 Kbits/Seg.

ESPECIFICACIONES EN LOS PUERTOS DE ENTRADA.

La señal digital presentada en el puerto de entrada debe ser conforma a las especificaciones anteriores, teniendo en cuenta las modificaciones producidas por las características del par coaxial de interconexión.

Debe suponerse que la atenuación del par coaxial sigue aproximadamente una ley \sqrt{f} y que la pérdida de inserción máxima es de 12 dB a 70 MHz.

Las características de pérdida de retorno debe ser la misma que la especificada en el puerto de salida.

CÓDIGOS DE LÍNEA.

En el tema anterior se vio como se forma una señal PCM y el tren de pulsos resultantes a ser transmitido. Dependiendo del tipo de medio de transmisión adoptado (cable, radio enlace, etc.), aparecen dificultades al emplear una señal constituida de esta forma, por lo que es necesario darle un tratamiento para que se mantengan inalteradas las informaciones contenidas en ella.

El objetivo fundamental de codificar la información es el de tener un mejor control de ella, haciéndose esto, por medio de símbolos y reglas que expresen bien dicha información. Existe una gran cantidad de códigos que sirven para dar un mejor tratamiento y seguridad a la información.

Para el almacenamiento, recuperación y transmisión de datos se utilizan dos tipos fundamentales de códigos con el fin de preservar la integridad y seguridad de los mismos estos son:

- Códigos internos. (dentro de los dispositivos de almacenamiento y procesamiento).
- Códigos de línea. (en las líneas de transmisión).

Códigos internos.

Estos códigos son utilizados en el procesamiento interno de la señal PCM y almacenamiento de información en memoria, destrucción de largas cadenas de ceros, etc. Son unipolares y se les llama códigos internos porque no pueden salir a la línea, debido a contienen largas componentes de corriente directa y ésta no puede pasar a través de las etapas de regeneración. Los códigos internos que se utilizan en los sistemas PCM son:

- NRZ (No retorno a cero).
- RZ (Retorno a cero).
- ADI (inversión de dígitos alternados).

El NRZ tiene desventajas para ser usado en las líneas de transmisión PCM, en especial por cable, debido a que:

- Es más sensible a perturbaciones.
- No es posible que la señal de componente continua pase a través de los regeneradores de línea.
- La extracción de la sincronía del reloj no es posible obtenerla.

El código RZ unipolar al 50% reduce el ciclo de trabajo de cada bit al 50%. Se usa en el interior de los mismos equipos puesto que aun tiene las mismas desventajas que el NRZ

El código ADI significa inversión de dígitos alternados por sus siglas en inglés. Este código sigue un patrón conocido como PINININI, lo cual significa que el primer bit de cada palabra PCM (grupo de 8 bits) se le toma y respeta su polaridad, al siguiente bit hay que cambiarle su estado (inversión) y así sucesivamente. Le sirve al equipo para evitar largas cadenas de ceros y unos y lo utilizan internamente los equipos de transmisión PCM

Se utiliza en los multiplexores cuando estos transportan solo voz, debido a que cuando no hay tráfico se multiplexan puros ceros y es ahí donde el código ADI invierte el bit para darle mejor claridad a los símbolos.

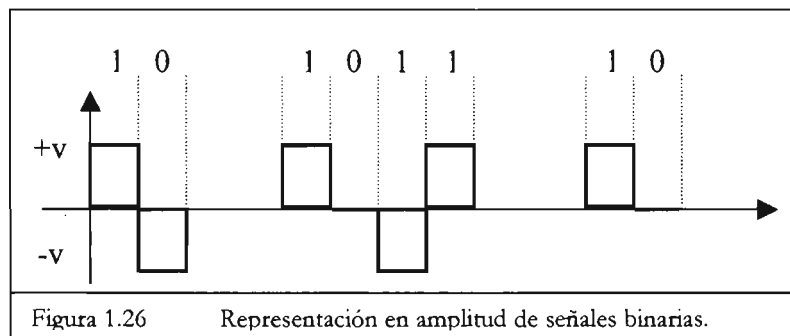
La transmisión por cable o en línea de las señales PCM multiplexadas no pueden llevarse a cabo con el formato NRZ debido a sus características. Para transmitir adecuadamente este tipo de señales, se requiere convertir de NRZ a un formato de señalización distinto. A estos modos de señalización se les conoce como códigos de línea y están estudiados para mejorar las características de NRZ y concretamente obtener los resultados siguientes:

- La eliminación de la componente continua del espectro.
- Hacer que el código lleve por si mismo un reloj para garantizar la sincronía del receptor.
- Darle a la señal digital un espectro de frecuencias adecuado para que pueda viajar sin dificultad a través del medio de transmisión disponible.
- Darle a la señal inmunidad contra la inversión de fase.
- No permitir la propagación de errores.

Los códigos de línea representan señales binarias, y la manera de representar los unos y ceros es distinta de código a código. En principio hay 3 representaciones básicas en cuanto a la amplitud de los bits y dos representaciones en cuanto a la duración de los bits

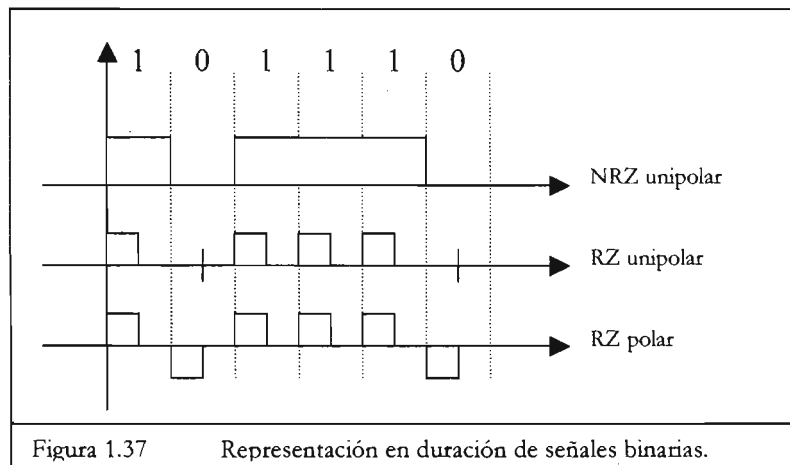
En cuanto a la amplitud:

- Polar. $(+v, -v)$.
- Bipolar. $(\pm v, 0)$.
- Unipolar $(+v, 0)$.



En cuanto a la duración:

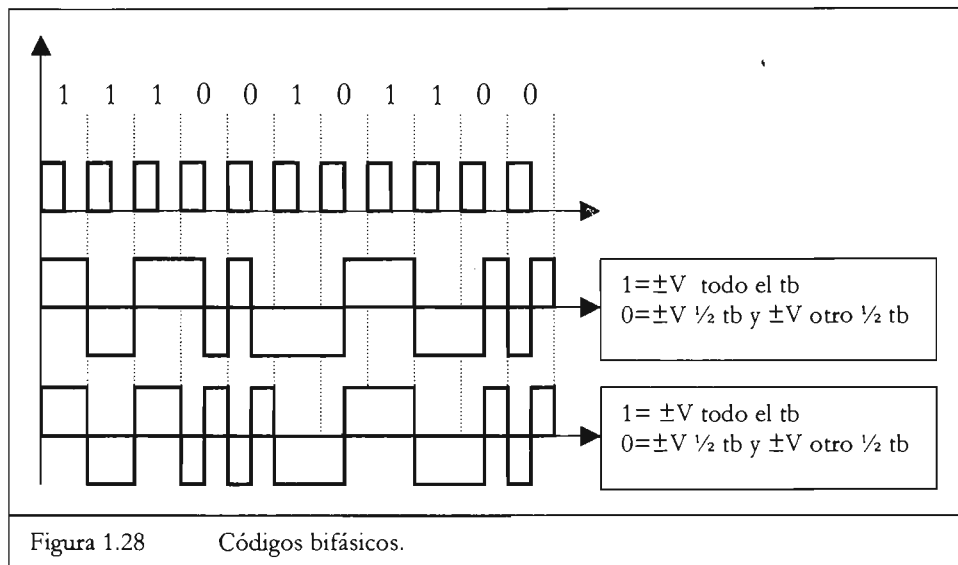
- No retorno a cero (NRZ).
- Retorno a cero (RZ).



CÓDIGOS BIFÁSICOS.

Si por alguna razón la señal invierte su fase, es decir, que todos los bits invierten su polaridad, el mensaje se pierde, por lo que los códigos internos no son inmunes a la inversión de fase.

Los códigos bifásicos son inmunes a la inversión de fase.



Dentro de los códigos bifásicos están los siguientes:

AMI (inversión de marcas alternadas).

En este código, una vez aplicado el RZ, se alternará la polaridad de los unos, de esta forma, no existirá componente de corriente continua. Se considera ya como código de línea, aunque con algunas deficiencias ya que no elimina la posibilidad de que una cadena larga de ceros haga imposible la extracción de la frecuencia del reloj.

HDB3 (High Density Bipolar 3).

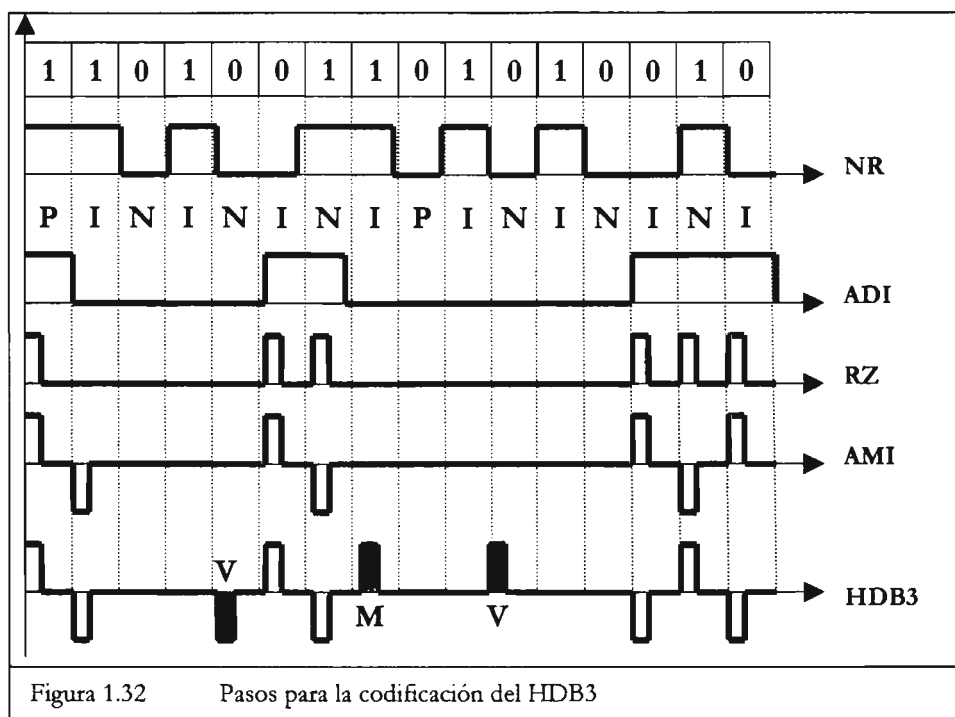
El código de alta densidad bipolar, alterna los pulsos en forma similar que el código AMI, pero tiene la restricción de no permitir más de tres ceros consecutivos en la línea, para el caso en que se presenten más de tres ceros, se insertan pulsos de violación y marcas de violación según las siguientes tres reglas.

Primera regla. Pulsos de violación (V). Se insertan en la posición del cuarto cero cuando hay más de tres ceros consecutivos en la señal. El primer bit de violación tendrá la misma polaridad que el último bit de información, después estos pulsos se irán alternando.

Segunda regla. Marcas (M). si el bit de violación no rompe la alternancia se inserta una marca (pulso extra) en la posición del primer cero con la misma polaridad que el último bit de violación.

Tercera regla. Inversión de la información. Si al aplicar la regla número dos, el siguiente bit de información tiene la misma polaridad que el bit de violación y el bit de marca, se invierte toda la información consecuente hasta volver a encontrar más de tres ceros consecutivos.

En la figura 1.29 se observan los pasos para codificar el HDB3.



CAPITULO 2

**FUNDAMENTOS DE TRANSMISIÓN EN
REDES DE TELECOMUNICACIONES**

SDH

SDH

Desde hace ya algún tiempo se vienen usando tres tipos de jerarquías digitales (CEPT, Norteamérica y Japón) a nivel mundial categorizadas como PDH (Jerarquía digital Plesiócrona). Sin embargo, al considerar la transmisión de señales B-ISDN, como en el caso de la HDTV, se llegó a la conclusión, mediante estudios realizados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T), de que ninguno de estos sistemas cumplía con los requisitos básicos para lograr un transporte eficaz de dichas señales a través de una red. Por consiguiente, antes de proceder con la estandarización del interfaz de usuario de red (UNI), se tomó la cuidadosa decisión de establecer un nuevo estándar de jerarquía digital que fuese único y a la vez común a nivel internacional.

La jerarquía digital síncrona (SDH) define las especificaciones de interfaz necesarias para multiplexar eficientemente varios tipos de señales, tanto para servicios de alta velocidad como para aquellos, ya existentes, de baja velocidad. La SDH fue incorporada como el nuevo estándar en noviembre de 1988 por la ITU-T y sometida a una revisión parcial en 1990.

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SDH.

- Interfaz Síncrona Unificada.

Es muy fácil encontrar elementos tributarios en una señal de alta velocidad multiplexada ya que la red es síncrona. La red SDH puede controlar distintos tipos de información, así sean en sistemas de 2 Mbits/Seg como de 1.5 Mbits/Seg. Con el interfaz unificado es posible crear un ambiente "multiproveedor" para los operadores de red.

- Multiplexión flexible de varios tipos de información.

El sistema SDH es capaz de multiplexar varios tipos de información con amplia flexibilidad como, por ejemplo, en el caso de un servicio telefónico actual al de un servicio futuro de alta velocidad. Por lo tanto, es posible crear una infraestructura desde ahora capaz de soportar servicios futuros de tipo B-ISDN.

- Capacidad abundante de tara.

SDH tiene gran capacidad para transmitir información OAM (Operación, Administración y Mantenimiento). Además, provee altos niveles de funcionalidad y seguridad en la red.

Para hacer todo esto posible, diversas tecnologías han sido producidas: "punteros", "trama de 9 filas", "contenedor virtual", "byte de tara" y "sección de trayecto". Detalles y explicaciones de cada una se darán, mas adelante.

¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS DE UNA RED SÍNCRONA?

- Un proceso de multiplexión simple.
- Acceso simple de señales tributarias en una señal multiplexada de alta velocidad de transmisión tal como e muestra en la figura 2.1.

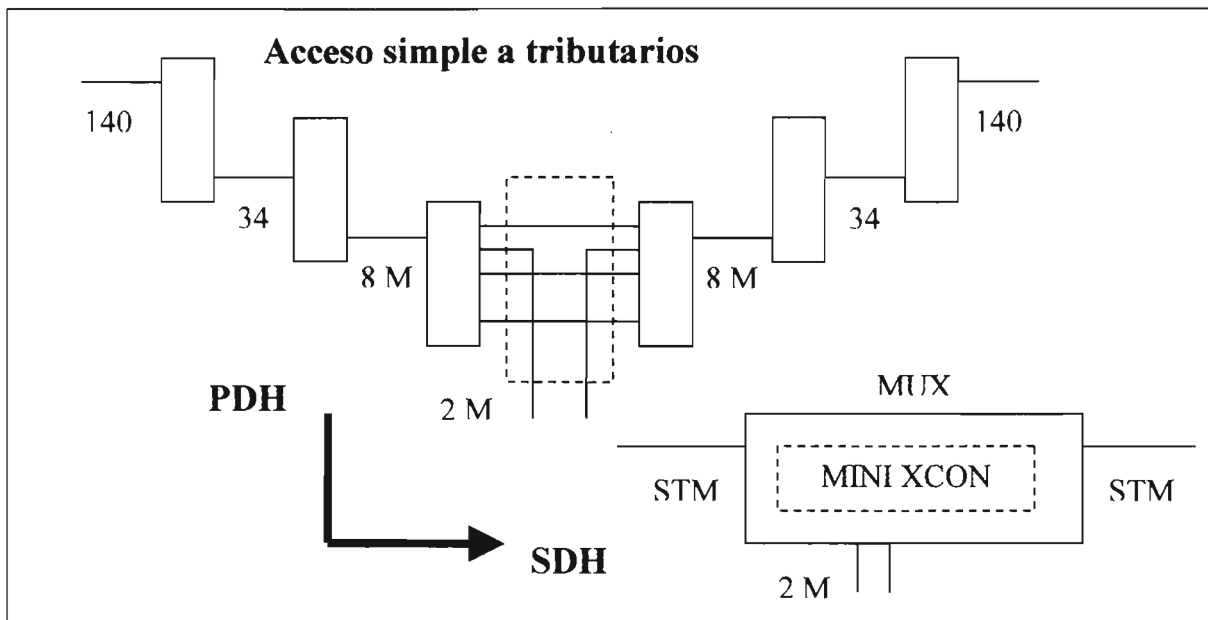


Figura 2.1 Acceso simple a tributarios

RECOMENDACIONES ITU-T SOBRE SDH

Para lograr la meta final, conocida como la "unificación de la jerarquía digital", se llevaron a cabo una serie de estudios rigurosos que culminaron con las recomendaciones G.707, G.708 y G.709 las cuales llegaron a formar rápidamente la base fundamental de SDH. Después se incorporaron más recomendaciones e incluso algunas revisiones a las primeras. Estas nuevas recomendaciones exploran y clarifican otras áreas como OAM y abarcan más detalles. Pudiendo comprender mejor los objetivos de OAM, se hizo posible definir un modelo de sistema a seguir cuyas características se encuentran ahora bajo las recomendaciones G.782 y G.783 con la información de gestión en las G.774 y G.784.

Lista de recomendaciones:

- G.707 Velocidad de bits de SDH.
- G.708 Interfaz de nodos en la red para SDH.
- G.709 Estructura de multiplexión síncrona.
- G.773 Protocolos para interfaz Q
- G.774 Modelo de información de gestión de SDH para vista de elemento de red.
- G.782 Tipos y características generales de equipos de multiplexión SDH.
- G.783 Características de bloques funcionales de equipos de multiplexión SDH.
- G.784 Gestión de SDH.
- G.803 Arquitectura de redes de transporte basadas en SDH.
- G.957 Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con SDH.
- G.958 Sistemas de línea digital basados en SDH para uso en cables de fibra óptica.

VELOCIDAD DE BITS DE SDH

Todos los elementos de una red síncrona SDH se rigen por una misma señal de reloj suministrada por una sola fuente común. Las velocidades de transmisión están establecidas en 155.52Mbits/Seg. Y múltiplos y múltiplos enteros de esta (ej. $N \times 155.52$ Mbits/Seg). Hasta ahora se reconocen cuatro velocidades fundamentales denominadas STM-N (módulo de transporte síncrono-N), donde el coeficiente multiplicador $N=1, 4, 16$ y 64 para generar velocidades de 155.52 Mbits/Seg, 622.08 Mbits/Seg, 2.48832 Gbits/Seg y 9.953280 Gbits/Seg respectivamente

El sistema PDH exige justificaciones de frecuencia en todo proceso de multiplexión. Por consiguiente, las relaciones entre las velocidades de transmisión en distintos niveles no logran ser múltiplos enteros.

En cuanto a la transmisión de señales PDH sobre un sistema SDH, solo califican las velocidades 1.5 Mbits/Seg, 2 Mbits/Seg, 6.3 Mbits/Seg, 34 Mbits/Seg, 45 Mbits/Seg y 140 Mbits/Seg para lograr interfaz sobre dos sistemas. También se considera la velocidad de 51.84 Mbits/Seg como método de transmisión SDH a baja y mediana capacidad, tales como en los medios de transporte de radio y satélite. Esto, sin embargo, no representa un nivel válido de SDH.

CONTENEDOR VIRTUAL DE SDH

Con la introducción de SDH surgen muchos conceptos nuevos. Contenedores virtuales, sección y trayecto se encuentran entre los más importantes.

Toda información de servicios es transportada a través del sistema de transmisión SDH, el cual se haya dentro de una caja llamada "contenedor virtual" (VC). Se preparan varios VCs diferentes para contener distintos tipos de información de la siguiente forma:

- CV de orden inferior.

VC-11 Tamaño equivalente a 1.5 Mbits/Seg

VC-12 Tamaño equivalente a 2 Mbits/Seg.

VC-2 Tamaño equivalente a 6.3 Mbits/Seg.

- VC de orden superior.

VC-3 Tamaño equivalente a 34 Mbits/Seg y 35 Mbits/Seg.

VC-4 Tamaño equivalente a 140 Mbits/Seg.

Si se considera al VC como una unidad para procesar señales (ej. Multiplexión, conexión cruzada, etc.) dentro del sistema SDH, las características del servicio dejan de ser una preocupación, ya que toda información, por muy distinta que sea, lleva la misma apariencia del VC. Al mismo tiempo, toda información necesaria para la administración del VC de extremo a extremo es añadida a este.

Existen dos tipos de sección de regenerador y de multiplexor. La sección de regenerador representa un segmento en las facilidades de transmisión entre un elemento de red terminal (LT), donde se genera o termina una señal STM-N, y un regenerador o entre dos regeneradores. La sección de multiplexor es un medio de transmisión entre dos LTs consecutivos. Uno se encarga de originar la señal STM-N y el otro de terminarla. La red SDH está compuesta por varias secciones de multiplexor con distintos niveles de STM- según la capacidad de transmisión exigida en cada sección.

Trayecto es la conexión lógica entre un punto donde se ensambla un VC y otro donde este es desensamblado. Es como un caño que conecta dos puntos, entre los cuales se manifiesta un servicio atravesando una serie de secciones de multiplexión..

En las figuras 2.2 y 2.3 se muestra como están compuestas las secciones de regenerador y de multiplexor, así como el trayecto.

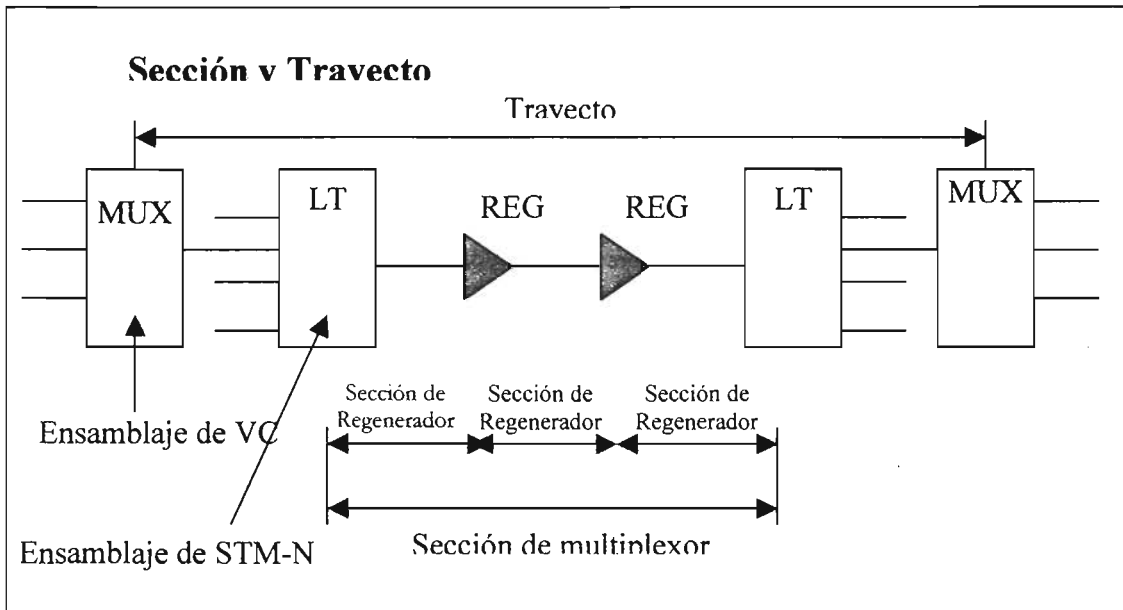


Figura 2.2 Sección y trayecto (1)

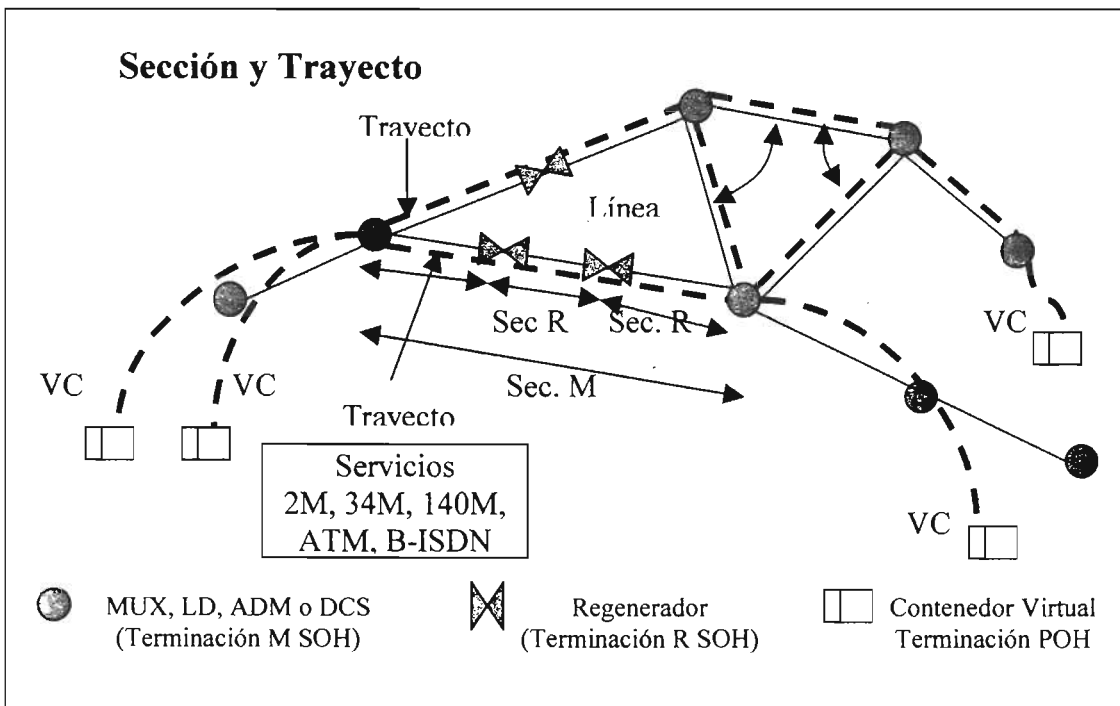


Figura 2.3 Sección y trayecto (2)

ESTRUCTURA DE MULTIPLEXIÓN SDH

TERMINOLOGÍA.

- Contenedor (C-n):

Estructura de información con capacidad de transmisión estándar para transportar señales PDH o B-ISDN. Este contiene tanto bits de información como de justificación para sincronizar la señal PDH al reloj de frecuencia SDH, al igual que otros bits con función de relleno.

- Contenedor virtual (VC-n):

Estructura de información con soporte para la interconexión en la capa de trayecto que consiste en carga útil de información y tara de trayecto (POH) para administrar el trayecto de VC. Por ejemplo, VC-2, VC-11 y VC-12 son contenedores virtuales de orden inferior con carga útil C-2, C11 y C12 respectivamente. VC-3 y VC-4 son los de orden superior con carga útil C-3 y C-4 respectivamente o combinación de varias capas de orden inferior. A este proceso se le llama comúnmente “mapear”.

- Unidad tributaria (TU-n):

Estructura de información cuya función consiste en proveer adaptación entre un VC de orden inferior y uno de orden superior. Esta consiste en un VC de orden inferior y un puntero TU el cual se encarga de mostrar el desplazamiento entre el comienzo de la trama VC de orden inferior y el de la trama VC de orden superior. A esto también se le llama “alineamiento” (aligning).

- Grupo de unidades tributarias (TUG-n):

Se encarga de combinar una o varias unidades tributarias (TU). Por ejemplo, un TUG-2 puede combinar un solo TU-2 o un grupo homogéneo de TU-1s idénticos y un TUG-3 puede combinar un TU-3 o un grupo homogéneo de TU-2.

- Unidad administrativa (AU-n):

Estructura de información cuya función consiste en proveer adaptación entre una carga útil de un VC de orden superior y un STM-N. Esta consiste de un VC de orden superior y un puntero AU el cual se encarga de mostrar el desplazamiento entre el comienzo de una trama VC de orden superior y el de una trama STM-N. Por ejemplo, AU-4 consiste de un VC-4 y un puntero AU, mientras que AU-3 consiste de un VC-3 y un puntero AU.

- Grupo de unidad administrativa (AUG):

Grupo homogéneo de un AU-4 o tres AU-3 combinados por multiplexión por intercalación de bytes.

- Módulo de transporte síncrono (STM-N):

Estructura de información con soporte para conexión de estrato de sección que consiste en carga útil de información y tara de sección (SOH) para gestión de sección. 155.52 Mbits/Seg es lo definido como un STM básico. En STM-N, la velocidad es determinada por N, donde este representa un múltiplo entero de 155.52 Mbits/Seg.

ESTRUCTURA DE MULTIPLEXIÓN.

Hay dos formas de formar una señal STM-N. Una es a través de AU-3, usada en Estados Unidos, Japón y algunos otros países, conocida en Norteamérica como SONET (red óptica síncrona). La otra es a través de AU-4, usada en todos los demás países. Para interconectar estos dos estándares, se utiliza normalmente TUG-2. En las figuras 2.4 y 2.5 se muestran de manera grafica como se realiza el proceso de multiplexión SDH y un ejemplo de multiplexión de una señal de 2 Mb/Seg respectivamente.

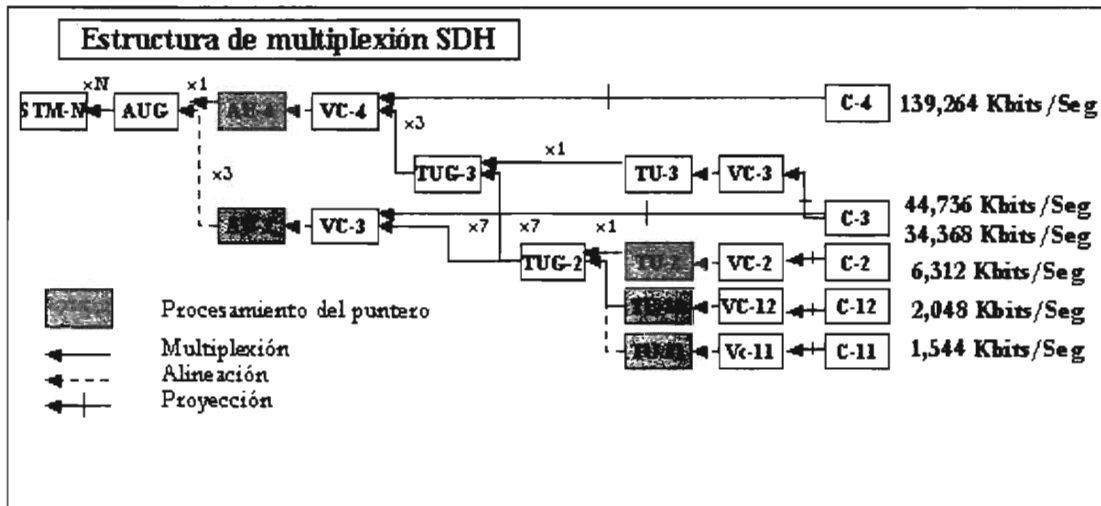


Figura 2.4 Estructura de multiplexión SDH

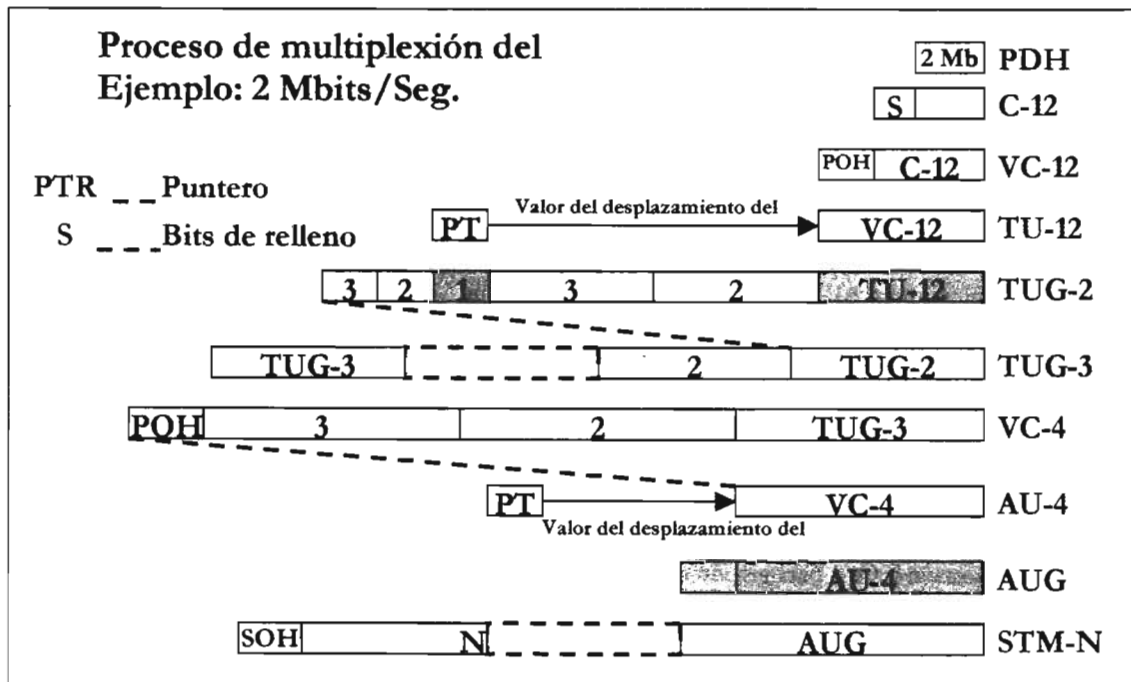


Figura 2.5 Ejemplo de un proceso de multiplexión

ESTRUCTURA DE TRAMA SDH.

ESTRUCTURA DE TRAMA STM-1.

La estructura de trama STM-1 es como un marco con una distribución de bytes en nueve filas con 270 columnas. La trama entera posee una longitud de $125 \mu\text{Seg}$. El orden de transmisión es por filas y en cada fila los bytes se transmiten de izquierda a derecha. Las primeras nueve filas y columnas contienen la tara de sección (SOH), con la excepción de la cuarta fila que se utiliza para el puntero (AU). Las siguientes 261 filas bajo las mismas nueve columnas corresponden a la carga útil, donde se transporta o un VC-4 o tres VC-3's.

Las primeras tres filas de SOH son tara de sección de regenerador (RSOH) el cual es accesible regenerador y multiplexor, y desde la quinta hasta la novena fila son tara de sección de multiplexor (MSOH) el cual es accesible solamente en multiplexor.

Todas las estructuras de trama SDH utilizan nueve filas. Esta cantidad es precisa para proveer una mejor disposición de señales dentro de la trama en ambas velocidades 2Mbytes/Seg. Y 1.5Mbytes/Seg. De esta manera es posible hacer que todos los bytes en una columna pertenezcan a una misma fuente de información y esto permite un sistema bien sencillo para procesar las señales SDH. Ver figura 2.6.

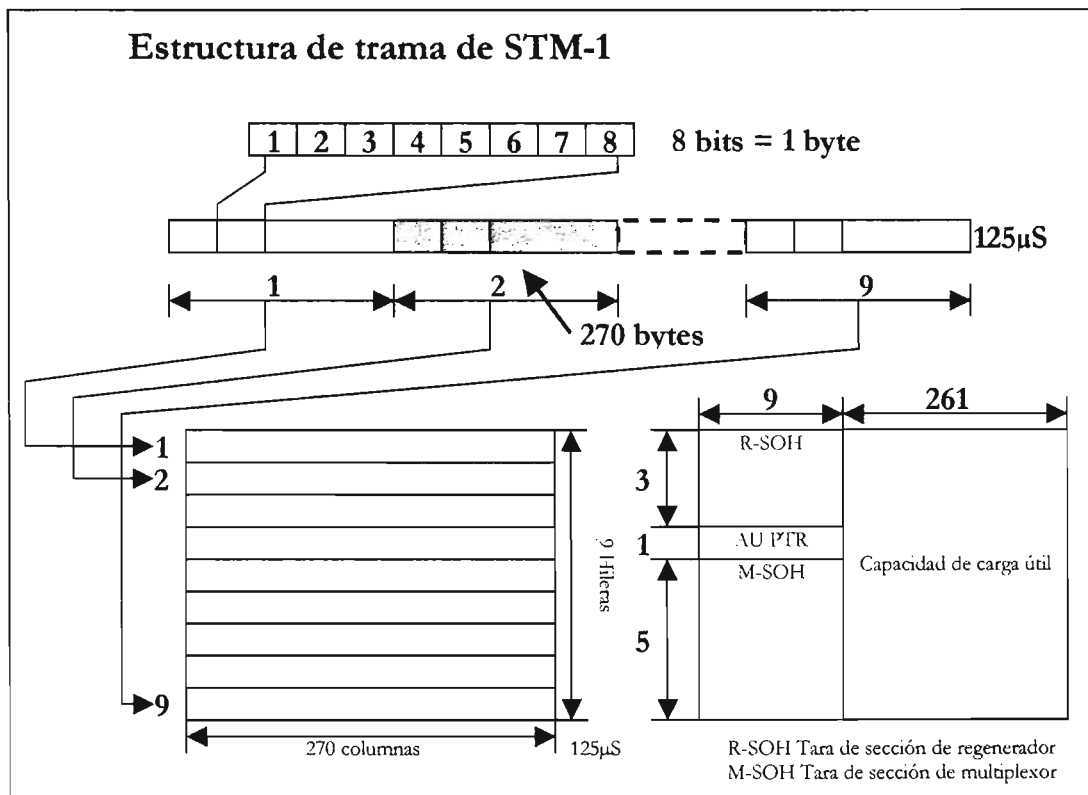


Figura 2.6 Estructura de la trama STM-1

ESTRUCTURA DE TRAMA STM-N.

La multiplexión de la carga útil STM-1 a la carga útil STM-N se realiza a través de multiplexión por intercalación de bytes. Esto normalmente ocurre después de completar el proceso de terminación de los SOH y renovación de punteros correspondientes a cada STM-1 (AU-4 o AU-3's). Finalmente se ensambla un nuevo SOH listo para STM-N. Ver figura 2.7

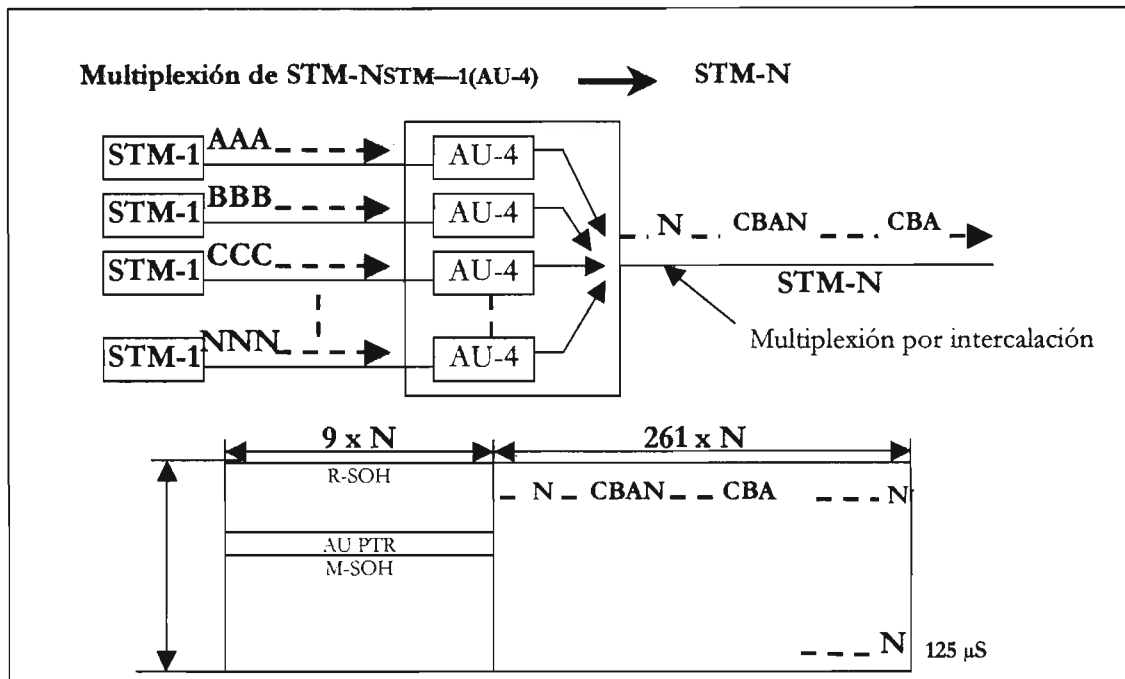


Figura 2.7 Multiplexión STM-1 a STM-N

FUNCIONES DE PUNTERO

Existen dos punteros AU y TU. El puntero AU se utiliza para colocar los VC's de orden superior en STM-N. Este también muestra la dirección donde comienza la trama de carga útil del VC de orden superior y además indica la dirección donde comienza la carga útil del VC dentro de la trama VC de orden superior. Ambos se encargan de dos funciones principales: disminución en retardo de multiplexión y justificación de diferencia en frecuencia entre una trama y una carga útil. Un puntero normalmente se divide en cuatro partes H1, H2, H3 y otros bytes un utilizados forman el puntero AU. V1, V2, V3 y V4 forman el puntero TU. Las primeras dos partes de un puntero (H1, H2, V1, V2) se utilizan para la indicación de direcciones y control de justificación. La tercera parte (H3, V3) es la llamada "oportunidad de justificación", lo que quiere decir que se encarga de indicar cuando es necesaria la justificación. El uso de Hn y Vn es idéntico. Las funciones de puntero se muestran gráficamente en las figuras 2.8., 2.9 y 2.10.

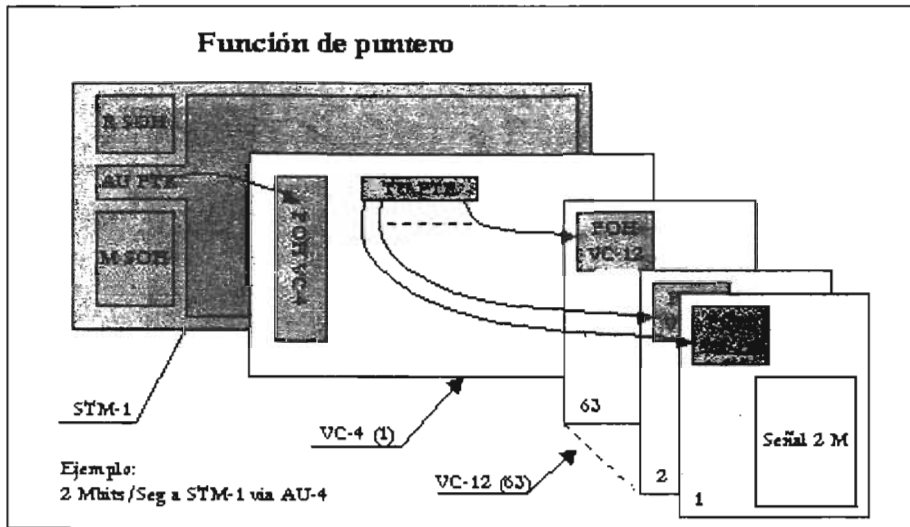


Figura 2.8 Función del puntero

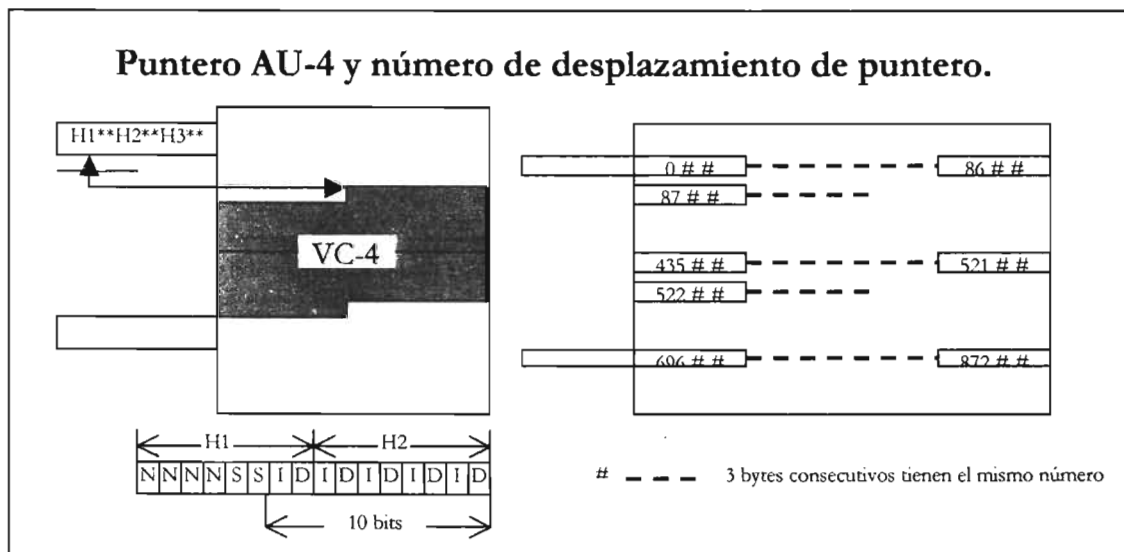


Figura 2.9 Puntero AU-4 y número de desplazamiento del puntero

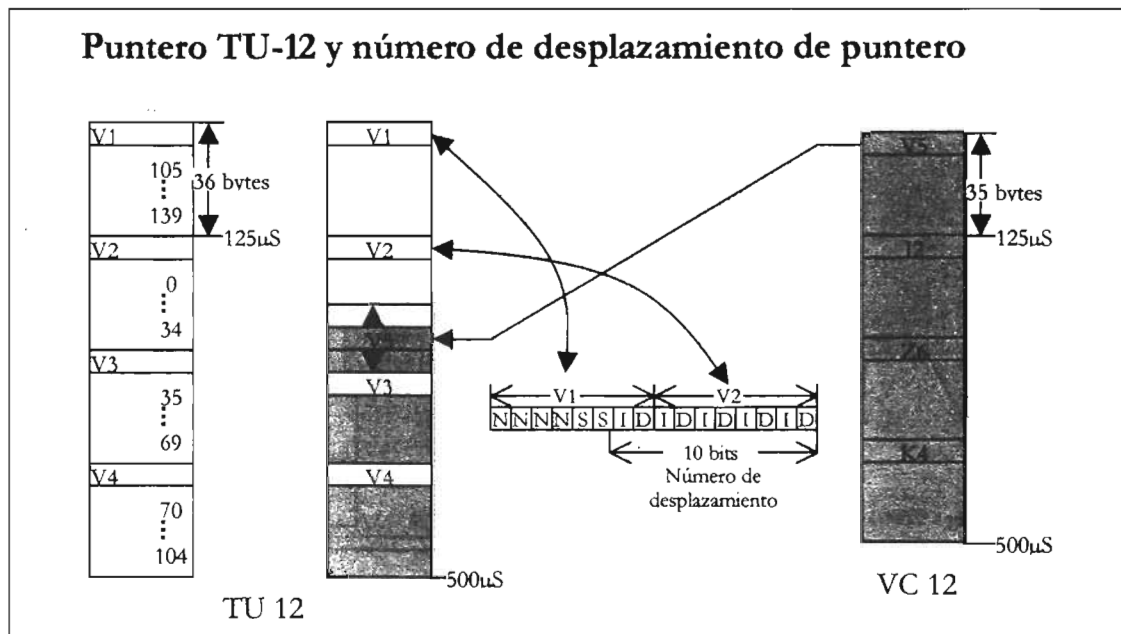


Figura 2.10 Puntero TU-12 y número de desplazamiento del puntero

(1) Disminución en retardo.

Normalmente las señales que originan en distintos puntos representan cierta diferencias de fase a consecuencia de sus diferencias en longitud de transmisión y tiempos de generación. Para poder alinearlas utilizando los procesos más comunes de multiplexión, cada señal debe ser escrita en memoria y leída después bajo una nueva fase de la trama que va a ser multiplexada. Por lo tanto es inevitable causar un retardo adicional equivalente a la mitad del tiempo de trama promedio, que como máximo llegaría a ser hasta el tiempo total de la trama. Además, se necesita una capacidad de memoria bastante amplia ya que el aumento en retardos tiene como resultado una degradación en la calidad de la información a ser transmitida. Para evitar estos inconvenientes, se ha introducido un nuevo método utilizando punteros en la multiplexión de señales SDH. En este se asigna un puntero a cada VC que va a ser multiplexado para indicar el desplazamiento relativo entre el VC y la trama nueva tomando una dirección en dicha trama. De hecho, cada VC tiene un valor de puntero distinto que se renueva en cada proceso de multiplexión al que es sometido, de manera que no es necesario introducir retardo adicional con propósito de alineación. Ver figura 2.11

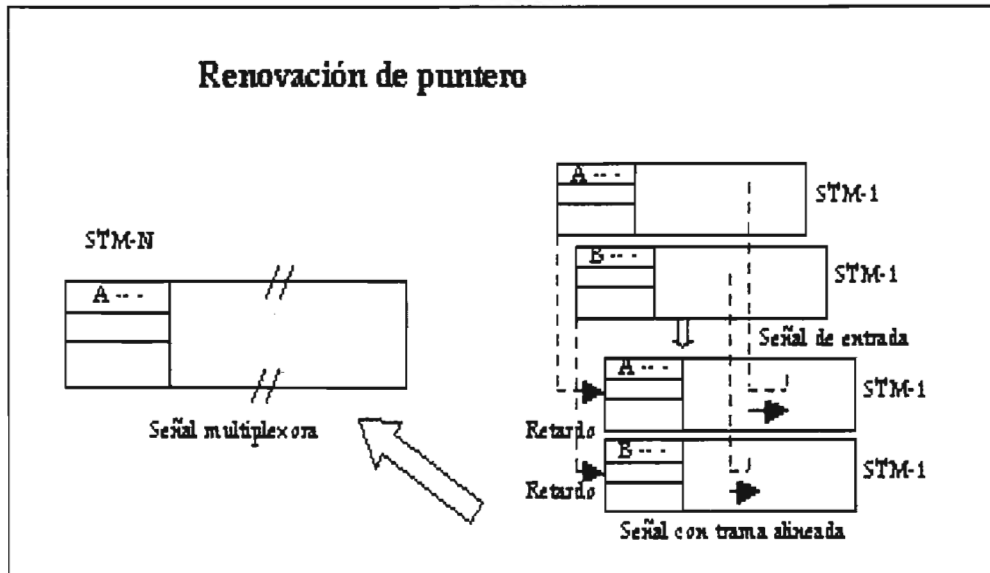


Figura 2.11 Gráfica de renovación de puntero

(2) Justificación de frecuencia.

En realidad, la justificación de frecuencia no es un requisito en la red SDH siendo esta una red síncrona donde todos los elementos de red funcionan bajo el mismo reloj. Sin embargo, cuando esta red SDH se manifiesta a través de varios operadores independientes o distintas naciones que dispongan de una fuente de reloj principal alterna, cabe la posibilidad de que estos estén a toda frecuencia. También existe la posibilidad de que algunos elementos de red utilicen su propia fuente de reloj, modo de retención o modo de operación libre, debido a fallas y su frecuencia se desvía de la red. Se le provee entonces la función de justificación a la red SDH para eliminar esta diferencia en frecuencia. Este proceso se lleva a cabo cambiando el número de puntero y utilizando bytes de oportunidad de justificación, los cuales son parte del puntero y de uno de los bytes de carga útil. Se utiliza el byte H3 para realizar justificación negativa o para transportar información cuando la frecuencia de la carga útil es mayor que la frecuencia de la trama. (H1 y H2 registran un número de puntero.) Esto es evidente cuando se invierten los bits en decrementos del número de puntero que se encuentra en los bytes de H1 y H2. En las próximas tramas, el valor de H1 y H2 es disminuido por uno y conservado así hasta la próxima justificación. En el caso en que la frecuencia de la carga útil resulte menor que la frecuencia de la trama, los bytes próximos al puntero, que se encuentran en la dirección 0, se utilizan como bytes de relleno sin transportar información alguna. Este sería el caso de justificación positiva. Esto se indica invirtiendo los bits de H1 y H2 e incrementando los valores del puntero por uno. En resumen, se emplean dos funciones distintas de justificación en el proceso de multiplexión SDH. Una de estas se explica aquí y su propósito central es ajustar las diferencias en frecuencia dentro de la red SDH. La otra se utiliza como herramienta para mapear, para proyectar una señal PDH dentro de un contenedor (Cn) y su propósito es sincronizar las señales PDH a la red SDH. La justificación de AU-4 se muestra en las figura 2.12, 2.13 y 2.14.

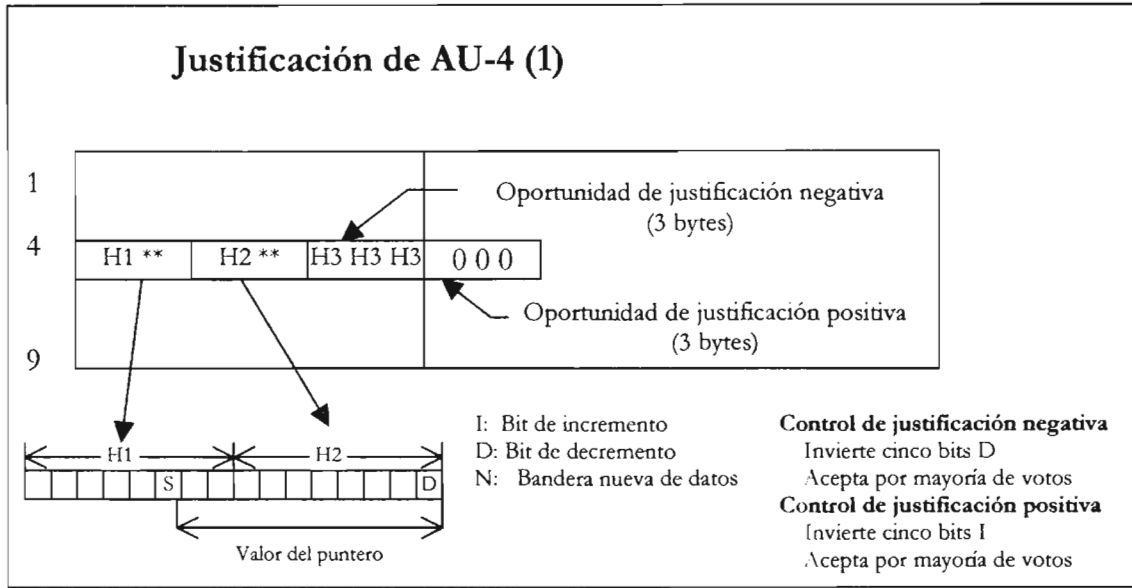


Figura 2.12 Diagrama esquemático de justificación AU-4

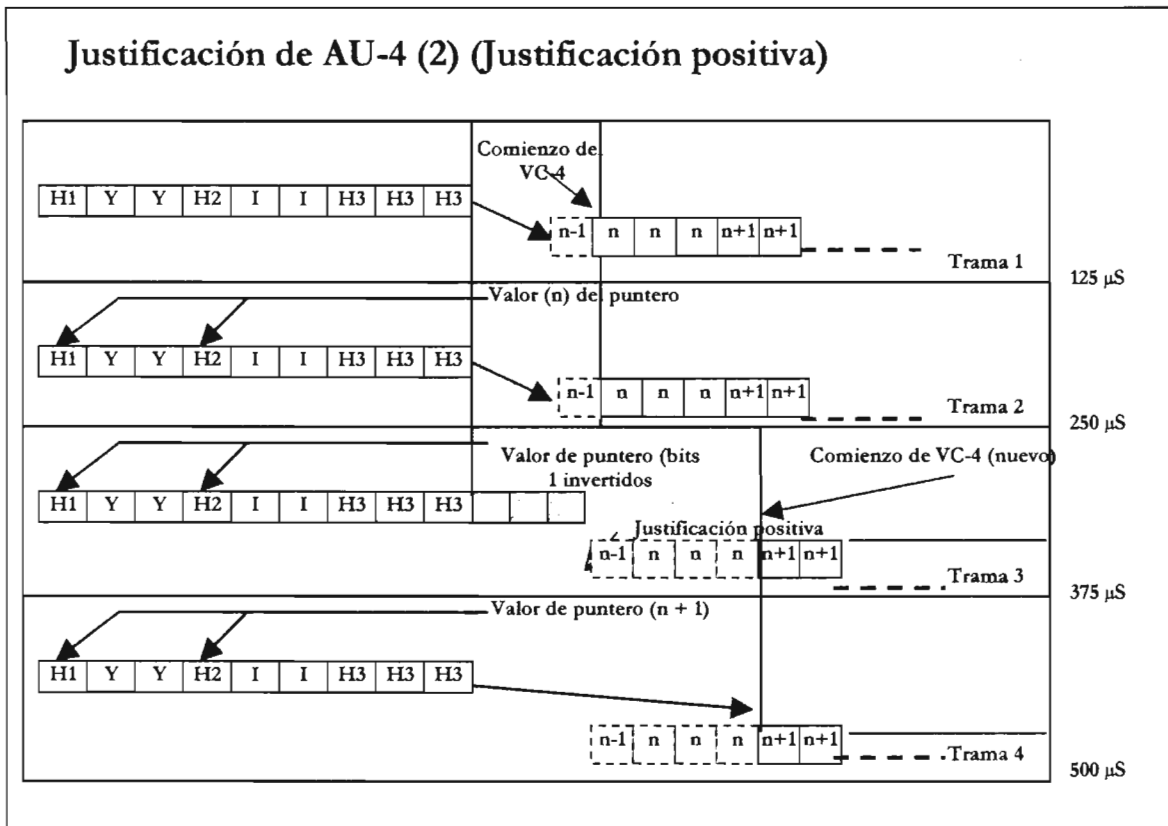


Figura 2.13 Diagrama esquemático de justificación positiva

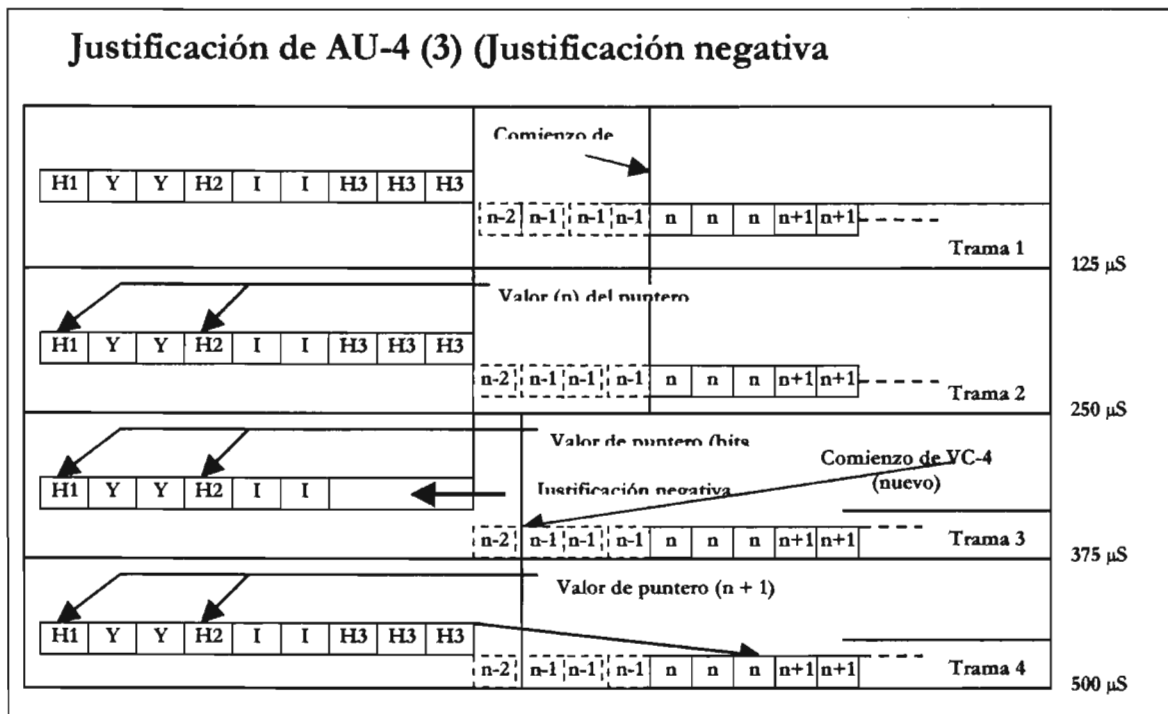


Figura 2.14 Diagrama esquemático de justificación negativa

TARA

Los sistemas PDH ya existentes también poseen muchos bits de tara, los cuales transmiten servicios tales como información de alarmas remotas. Estos, sin embargo, son de poca capacidad. Al menos lo suficiente como para aprobar los requisitos mínimos para evitar un aumento en la velocidad de transmisión en línea. Esa esencia de tara SDH es igual a la de PDH, pero con mucha mayor capacidad y transportabilidad de grandes cantidades de información OAMP. El medio principal de transmisión en SDH es como una fibra que, por sus características de banda ancha, es prácticamente inmune a imperfecciones que puedan ser causadas por aumentos en velocidad de transmisión.

- (1) Señal de alineamiento de trama A1, A2.

A1 y A2 son patrones fijos en sincronización de trama. A1 está dispuesto en 11110110 y A2 en 00101000.

- (2) Traza de sección de regenerador J0.

Este byte ha sido definido formalmente como identificador STM.

- (3) Monitoreo de errores B1, B2

Los errores de transmisión son monitoreados independientemente en las secciones de regenerador y multiplexor. B1 es para la sección de regenerador y B2 para la de multiplexor.

El método de monitorear se llama BIP-n (paridad de bits intercalados). La señal que es monitoreada se divide en bloques pequeños con "n" cantidad de bits en cada uno. La prueba de paridad par se aplica a cada bit por independiente en todos los bloques de la trama comenzando por el primero hasta el último (bit n). El resultado aparece después en el bit correspondiente del byte B en la trama siguiente.

El BIP de la sección de regenerador (B1) utiliza n=8 y se aplica a todos los bytes luego de haber sido mezclados. Además, el B1 se renueva en todo regenerador. El BIP de la sección de multiplexor (B2) utiliza n=Nx24 (N de STM-N) y excluye los bytes de RSOH debido a que los regeneradores renuevan el B1 y cambian los D1-3, E1 y F1 cuando estos son accedidos. El B2, sin embargo, queda intacto en regeneradores. De esta manera pueden monitorearse por separado tanto el promedio de error de cada sección en todo regenerador como la ocurrencia total de errores en la sección de multiplexor. El principio de BIP-8 se muestra en la figura 2.17, y BIP de tara de sección en la figura 2.18.

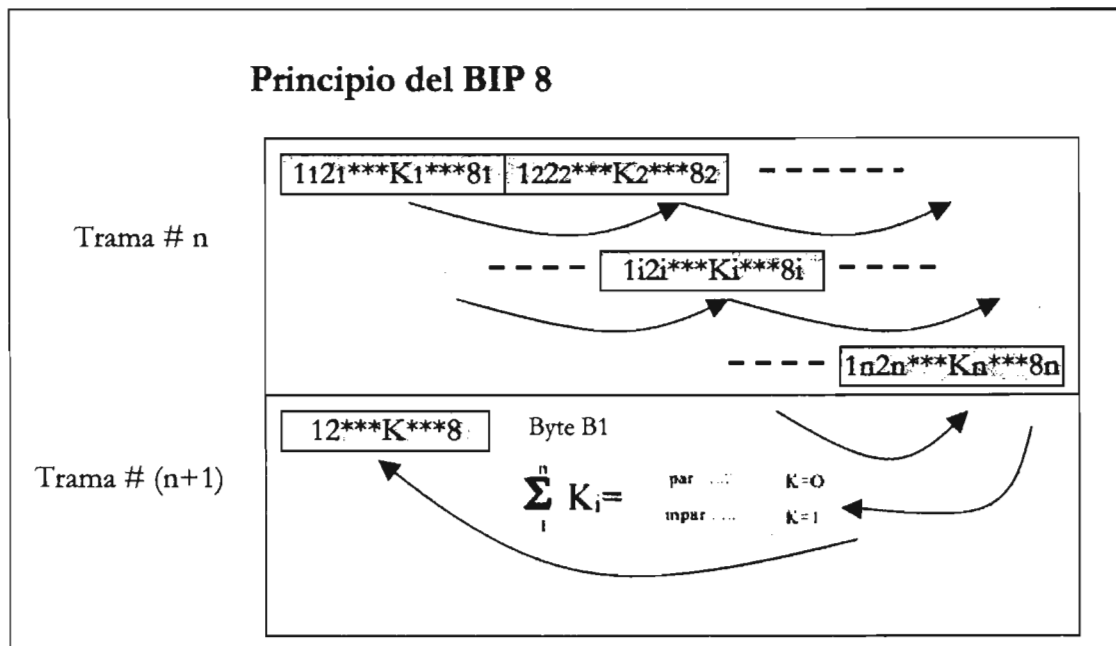


Figura 2.17 Principio de BIP-8

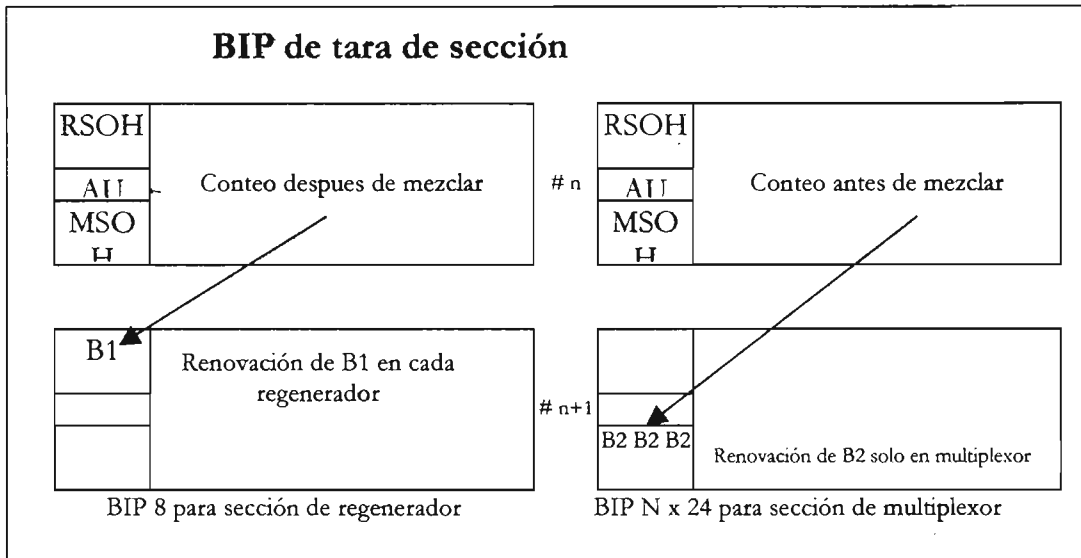


Figura 2.18 BIP de tara de sección

(4) Canal de servicio para ingeniería E1, E2.

Los bytes E1 y E2 proveen circuitos de canal de servicio para ingeniería. El E1 es accesible en regeneradores y multiplexores, el E2 solo en multiplexores. Cada circuito posee una capacidad de 64 Kbits/Seg.

(5) Canal de usuario F1.

Este es un canal de datos despejado de 64 Kbits/Seg. Que puede utilizar cualquier operados de red para sus propósitos.

(6) Canal de comunicación de datos (DCC) D1-3, D4-12.

Tres bytes de RSOH (D1-3) y nueve en el MSOH (D4-12) son asignados como canales de comunicación de datos para transmitir información OAMP hacia multiplexores y regeneradores y viceversa. Estos canales son de 192 Kbits/Seg y 576 Kbits/Seg, respectivamente.

(7) Señalización de conmutación de protección automática (APS) K1, K2

El intercambio de información APS entre dos extremos en una sección de multiplexor se lleva a cabo a través de los bytes K1 y K2. Parte de K2 también se utiliza para enviar MS-RDI (indicación de efectos remotos en la sección de multiplexor) y MS-AIS (señal de indicación de alarmas en la sección de multiplexor). Antes de la últimas recomendaciones, MS-RDI era conocido como MS-FERF.

(8) Estado de sincronización S1.

El byte S1 comunica a la siguiente estación la calidad de la fuente de referencia de sincronización utilizada por el equipo, la cual provee administración y recuperación de fallas en la distribución del reloj de sincronización.

(9) Notificación de estado de sección M1.

El resultado de BIP-Nx24 se reporta a su extremo de origen por el byte M1 como MS-REI (indicación de error remoto). Antes de las últimas recomendaciones, REI se conocía como FEBE.

(10) Z1 y Z2 son bytes de reserva.

TARA DE TRAYECTO DE ORDEN SUPERIOR (VC-3, VC-4)

(1) Trazo De trayecto J1.

Este byte se utiliza para transmitir una validación de trayecto y señal de trazo. Este forma una trama de 16bytes que consiste en un byte marcador de trama y 15 caracteres ASCII programables. Los caracteres son transmitidos de manera repetitiva para que, de este modo, una terminal receptora de trayecto los compare con la cadena de caracteres más esperada y verifique la conexión continua con el transmisor deseado.

(2) Monitoreo de errores B3 (trayecto BIP-8).

Esta función monitorea el comportamiento en la transmisión de extremo a extremo del servicio (VC), el cual viaja a través de distintos tipos de media que pudiesen cambiar la ruta y evitar fallas.

(3) Etiqueta de canal C2.

El C2 muestra la composición del VC:

No equipado-	La sección es completa pero no existe equipo para generar el trayecto.
Equipado no especificado-	Servicios fuera de los definidos a continuación.
Estructura TUG-	Para VC-4, transporta TUG-3, no señales de 140M
	Para VC-3, estructura SONET, transporta TUG-2, no señales de 45M ó 34M
TU bloqueado-	Para compatibilidad con versiones anteriores. (fue eliminado de la recomendación).
Mapeo asíncrono de 34M	
O 45M en C3-	
Mapeo asíncrono de 140M	
En C4-	
Mapeo de ATM-	
Mapeo MAN (DQDB)	
Mapeo FDI	

(4) Estado de trayecto G1.

El G1 se encarga de comunicarle al originador de trayecto VC el estado de terminación de trayecto en forma de REI y RDI. El REI señala el resultado de B3 (BIP-8) en forma de número binario (de 0 a 8), y el RDI es iniciado por la detección del AIS, por una falla de trayecto o por diferencias en el trazo de trayecto.

(5) Canal de usuario de trayecto F2, Z3.

Estos bytes son asignados para propósitos de comunicación del usuario entre dos puntos de terminación en el trayecto.

(6) Indicador de posición H4.

El byte H4 provee un indicador generalizado de multitrama para las cargas útiles. Este puede ser utilizado

como un indicador de posición de multitrama para el VC-1 y otros propósitos.

(7) Canal de conmutación de protección automática (APS) K3.

Este byte es utilizado para la señalización APS de protección en los niveles de trayecto de orden superior (VC-3 y VC-4).

(8) Byte de operador de red Z5.

Este se utiliza para el mantenimiento de conexión en tándem.

A continuación se muestran de manera gráfica las funciones de la tara de trayecto.

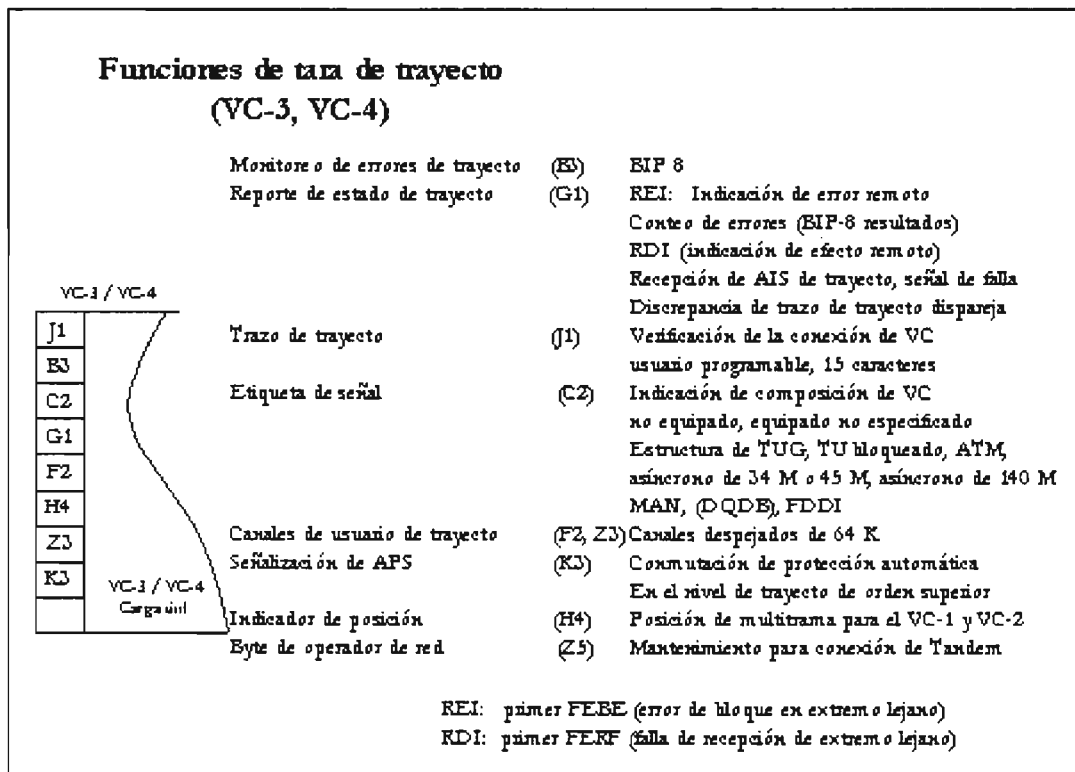


Figura 2.19 Funciones de la tara de trayecto (VC-3, VC-4)

TARA DE TRAYECTO DE ORDEN INFERIOR (VC-1, VC-2).

Con la excepción de no tener ni el canal de usuario ni el indicador de posición, las funciones de la tara de trayecto de orden inferior son idénticas a las de la tara de trayecto de orden superior. Estas se pueden resumir en: BIP-2, REI (FEBE), RDI (FERF), identificador de punto de acceso en el trayecto (equivalente al trazo de trayecto en HOPOH), etiqueta de señal, monitoreo de conexión en tándem y APS.

La etiqueta de la señal indica el contenido del VC que puede ser "Uniquipped" (no equipado), "Equiped-non-specific" (equipado no específico), "Asynchronous" (asíncrono), "Bit synchronous" (síncrono en bits) y Byte synchronous" (síncrono en bytes). En la última recomendación se suprimió el mapeo de los bits síncronos en 2M.

El cuarto bit de V5 es dedicado al indicador de fallas remotas (RFI) el cual es generado en cuanto se declara una falla. En realidad este bit fue asignado inicialmente al trazo de trayecto, pero en la última recomendación se estableció el uso de un byte independiente (J2) para éste.

Cuando se recibe una condición de señal de falla o AIS de trayecto, se le envía al originador de trayecto el RDI.

En la figura 2.20 se muestran las funciones de tara de trayecto y en la figura 2.20 el manejo de la señal de mantenimiento.

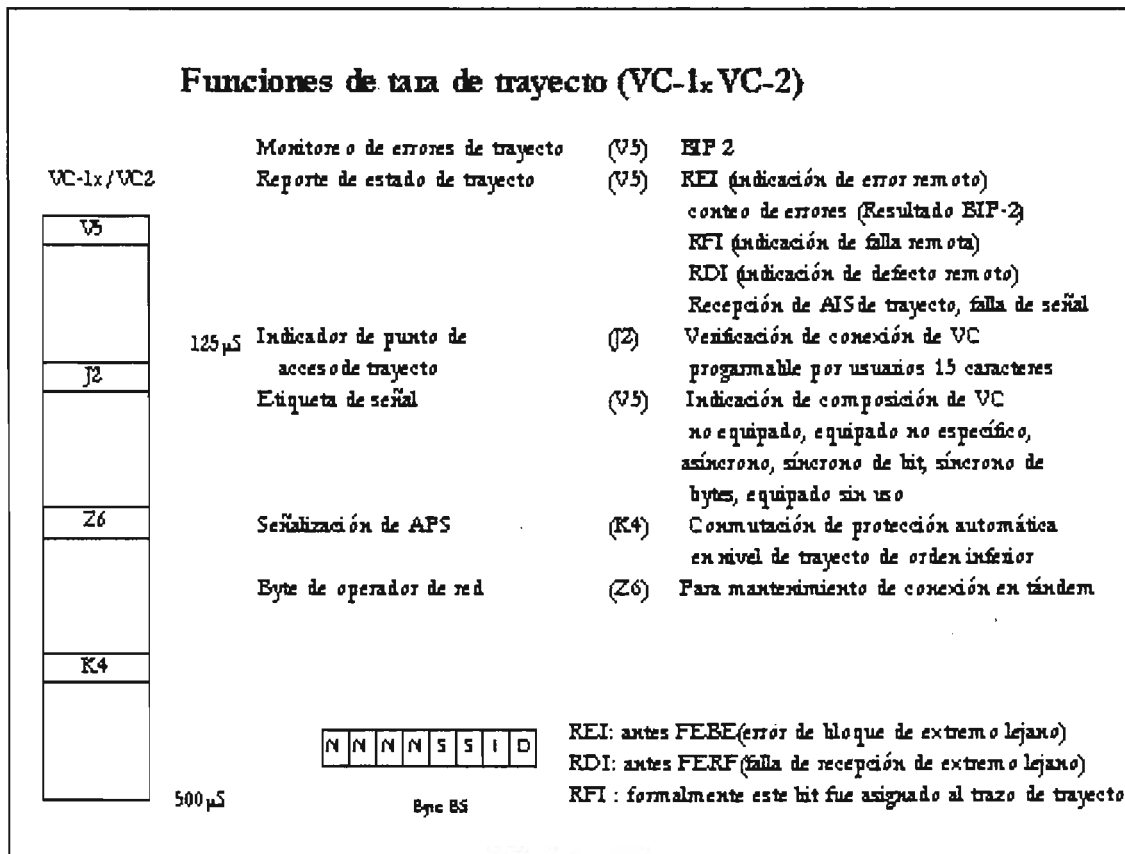


Figura 2.20 Funciones de tara de trayecto (VC-1x, VC-2)

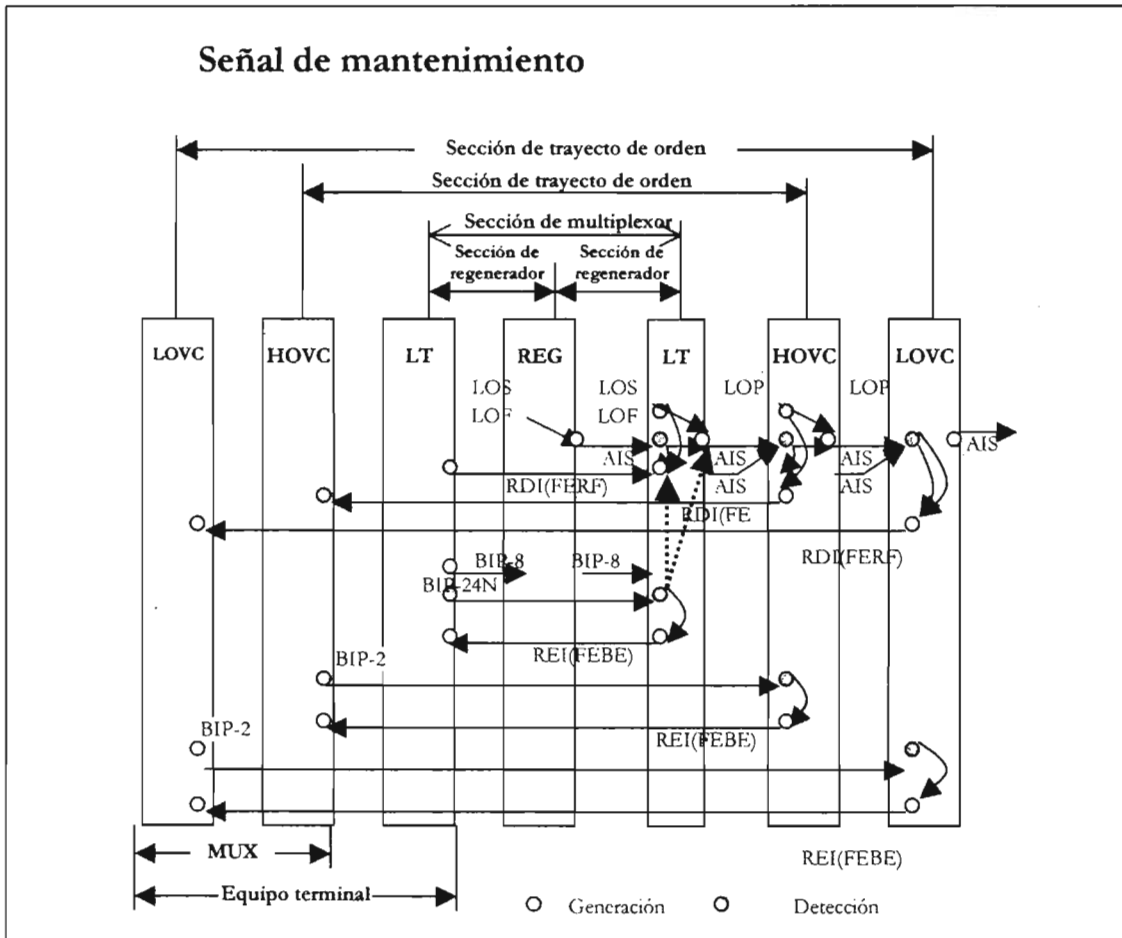


Figura 2.21 Señal de mantenimiento.

MAPEO.

MAPEO DE SEÑALES DE 2Mbits/Seg.

El tamaño de VC-12 necesario para mapear 2 Mbits/Seg son 140 bytes de una trama de tiempo de 500µS. Los bytes V5, J2, Z6 y K4 serán utilizados para POH y el alineamiento de VC-12 dentro de TU-12 se hará posible utilizando un sistema multitrama que consista en cuatro trama TU-12.

- (1) Mapeo de señales asincrónicas de 2 Mbits/Seg.

El VC-12 encargado de transportar la señal asincrónica de 2Mbits/Seg está compuesto de 1023 bits de información de transporte (127 bytes + 7 bits): dos bits para oportunidad de justificación (uno para justificación positiva, otro para la negativa), seis bits para el control de justificación, un byte POH, ocho canales para la tara de comunicación cuya función aún no ha sido definida, y 73 bits de reserva (8 bytes + 9 bits).

La justificación que se utiliza aquí es para sincronizar una señal PDH a la frecuencia de reloj SDH, cuyo propósito es distinto al proceso de justificación presentado en la sección anterior donde la diferencia en frecuencia se "absorbe" dentro de la red SDH.

(2) Mapeo de señales de bits síncronos de 2 Mbits/Seg.

En este caso no es necesario justificación de ningún tipo dado que la señal de 2 Mbits/Seg ya está sincronizada al SDH. Una oportunidad de justificación (S2) en el caso primero, siempre transporta información y la otra (S1) se convierte en un bit de relleno. Los bits de control son dispuestos en 0 y 1.

Este tipo de mapeo fue excluido en la última recomendación siendo un caso especial del primero y además, el mismo multiplexor es capaz de realizar este mapeo sin ningún tipo de cambio o modificación en el proceso.

(3) Mapeo de señales de bytes asíncronos de 2 Mbits/Seg.

Este tipo de mapeo se utiliza cuando es necesario tener "visibilidad" de los canales de 64 Kbits/Seg por individual en una señal SDH de 2 Mbits/Seg.

En la figura 2.22 se muestra como se realiza el mapeo de una señal de 2 Mbits/Seg.

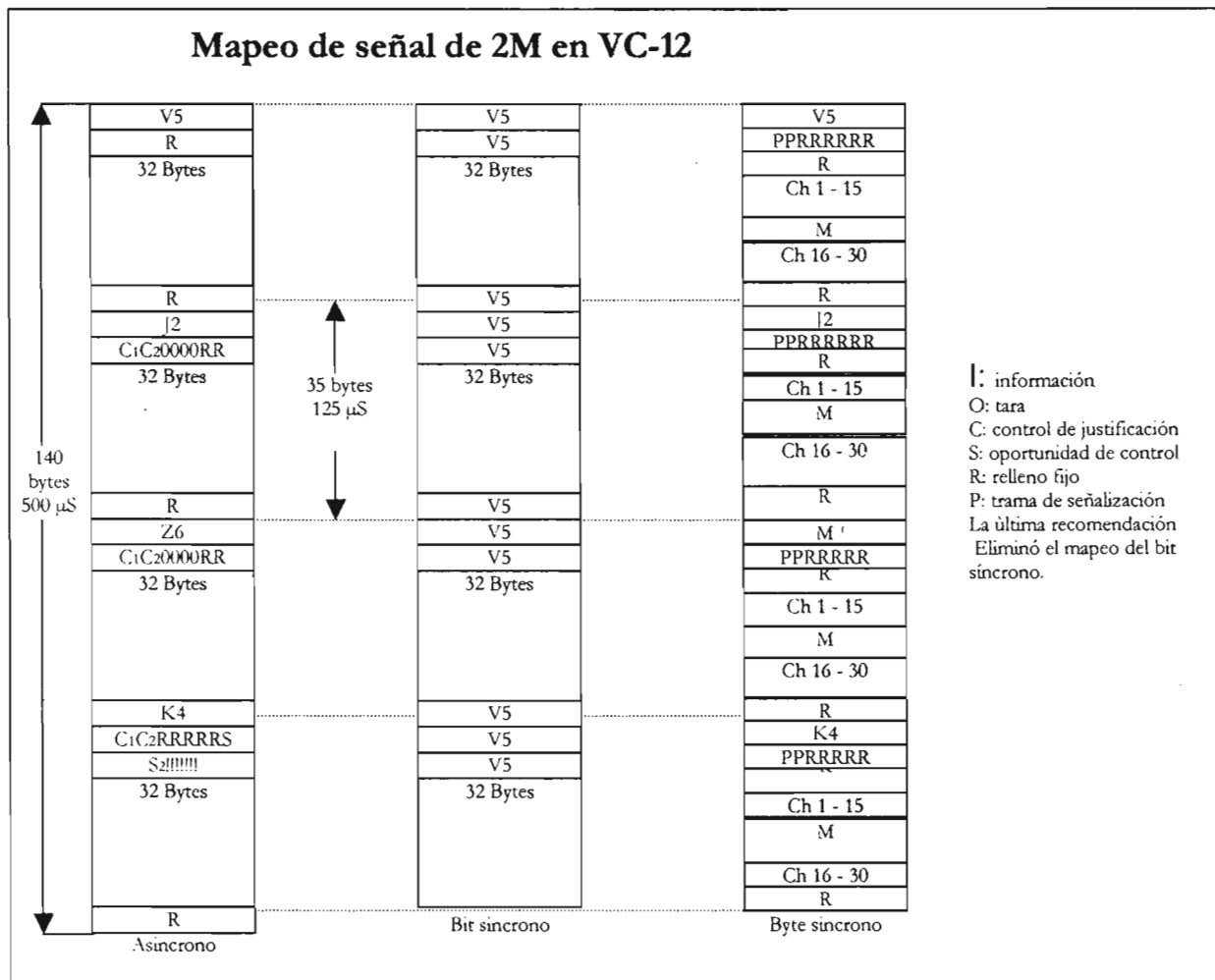


Figura 2.22 Mapeo de señal de 2 Mbits/Seg en VC-12

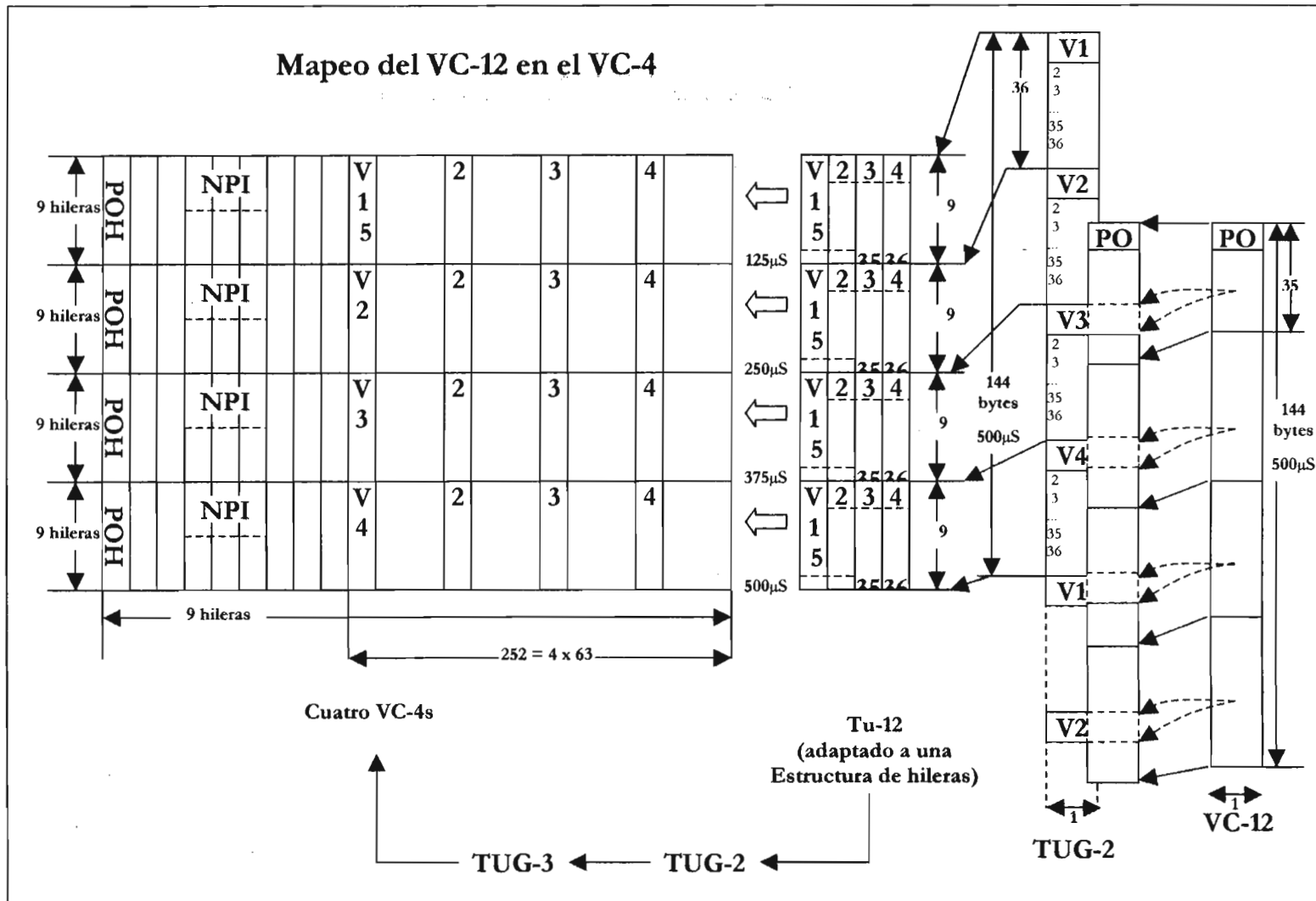


Figura 2.24 Mapeo del VC-12 en el VC-4.

MAPEO DE CELDA ATM

La celda ATM transporta información B-ISDN y su tamaño es de 53 bytes: cinco de cabecera y 48 de información. La celda ATM es mapeada en VC-4 de manera que queden alineados el byte de la celda y el del VC-4. La posición relativa en los límites de cada celda, junto a la trama VC-4, cambia en cada trama dado que la capacidad de la carga útil (2340) no es un múltiplo entero del tamaño total de la celda (53 bytes). El byte H4 del VC-4 muestra este desplazamiento de sí mismo en relación con el límite de la primera celda, tal como se muestra en la figura 2.26.

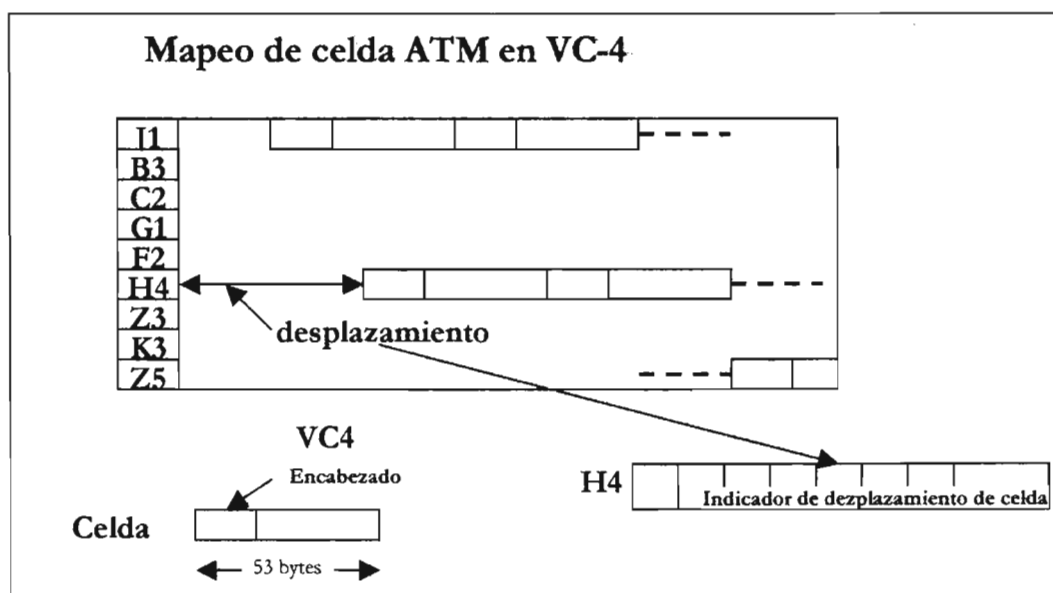


Figura 2.26 Mapeo de celda ATM en VC-4

En la figura 2.27 se muestra como se realiza el mapeo de una señal VVC-12 (2 Mbits/Seg) en STM-1.

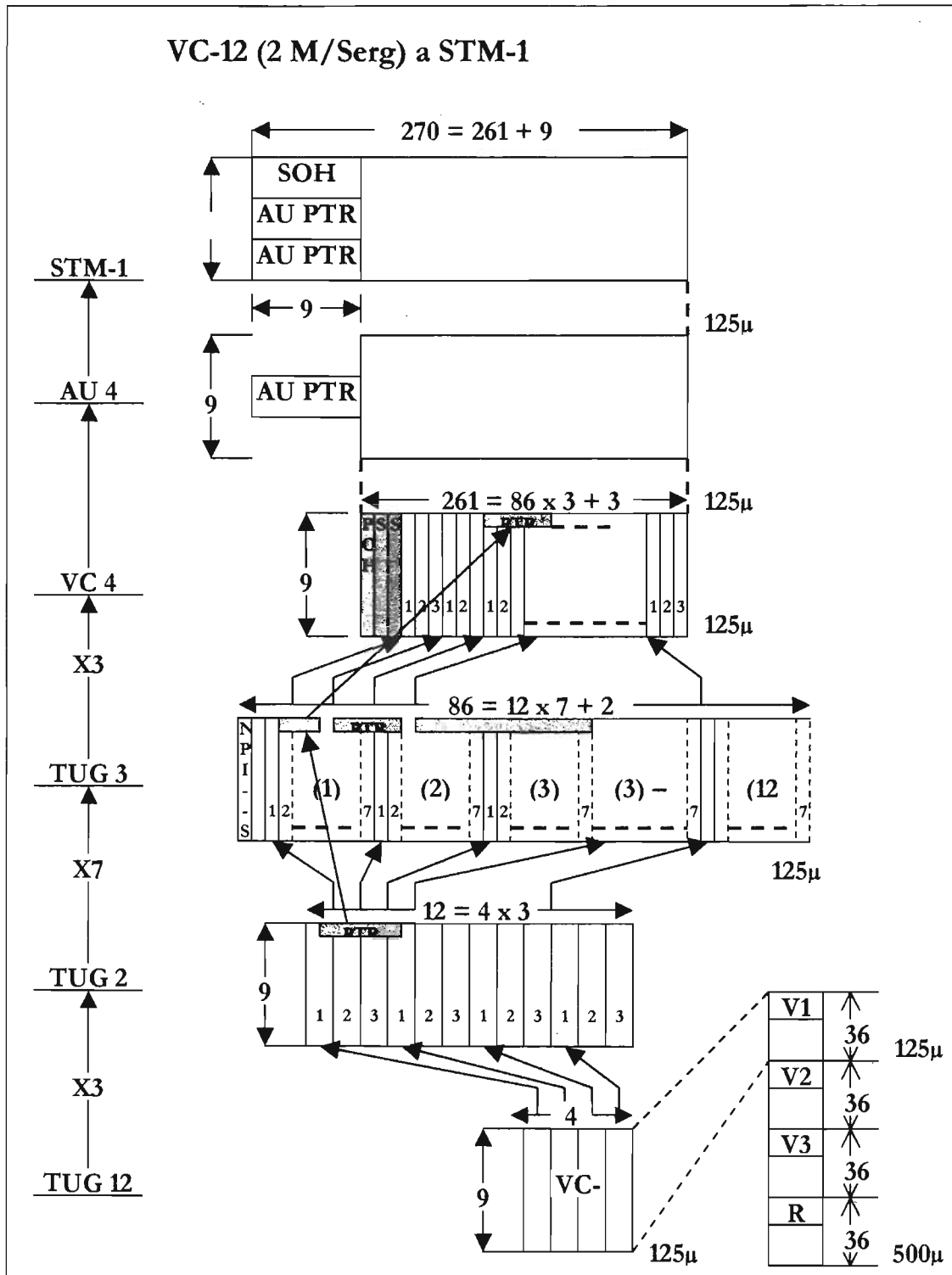


Figura 2.27 VC-12 a STM-1

En la figura 2.28 se muestra como se realiza el mapeo de una señal de VC-3 (34 Mb/Seg) en STM-1.

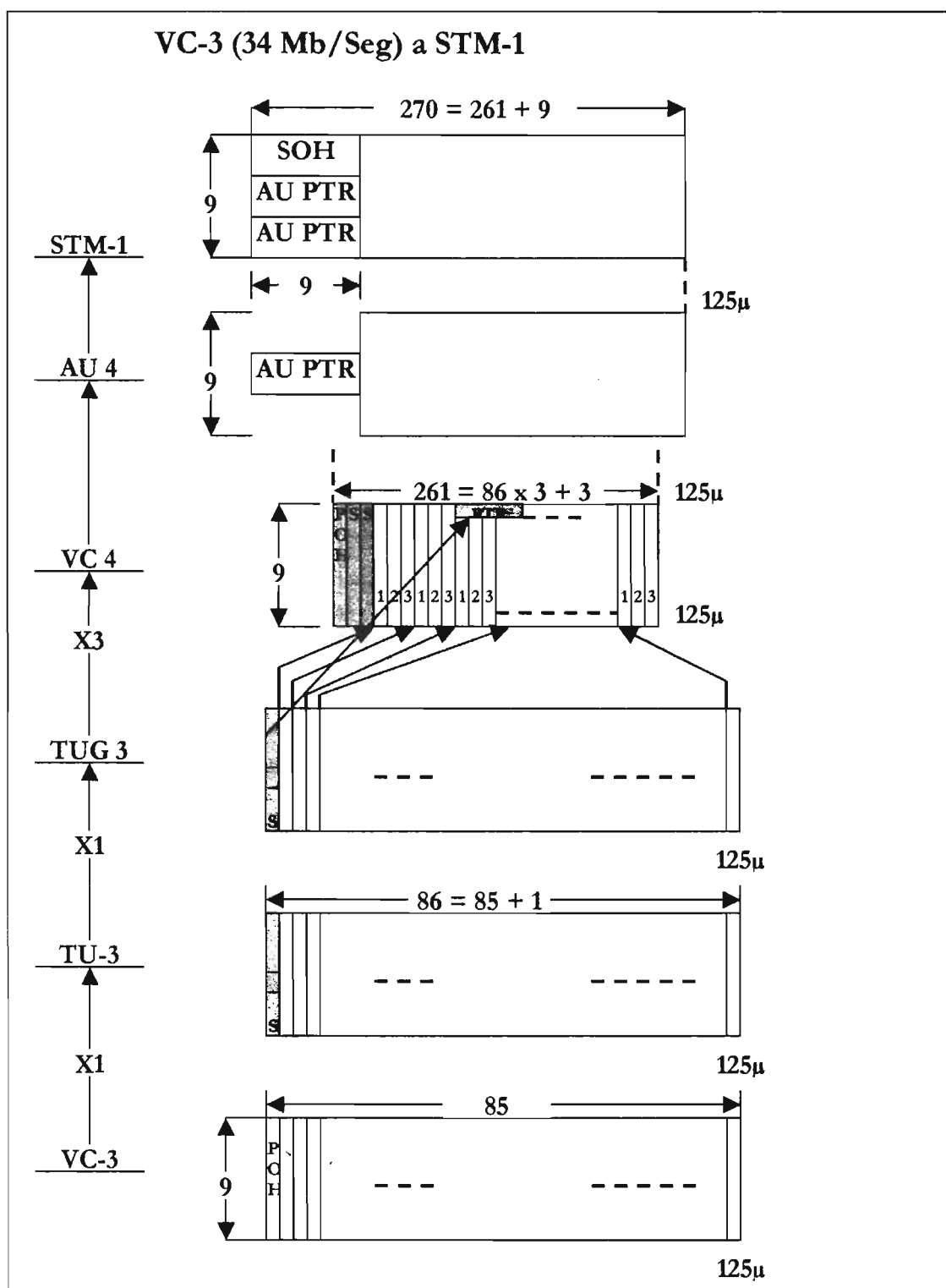


Figura 2.28 VC-3 a STM-1

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

En la figura 2.29 se muestra como se realiza el mapeo de VC-4 (140 Mb/Seg) a STM-1.

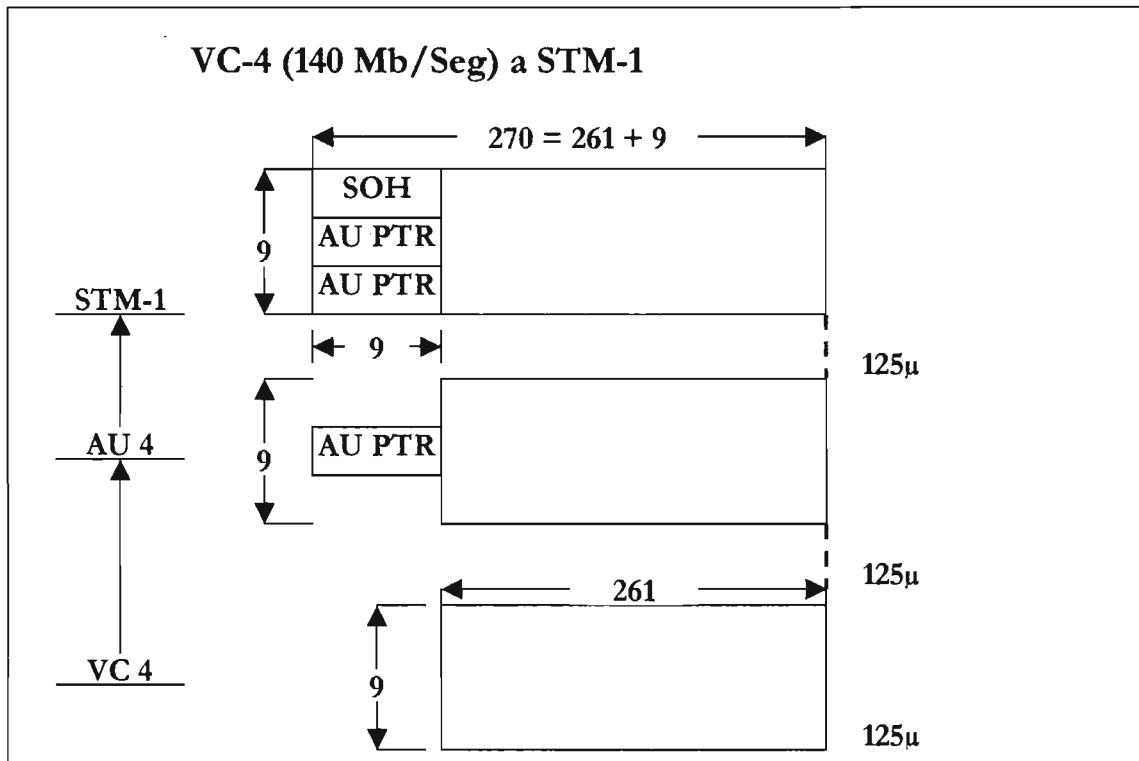


Figura 2.29 VC-4 a STM-1

MEZCLADO DE DATOS

La forma de onda del sistema SDH es equivalente al código de línea sin retorno a cero (NRZ). Para obtener una cadencia estable de información y evitar que la línea de base fluctúe en el punto de decisión de un receptor, es muy importante que el código de línea tenga suficientes transitorios de datos bien balanceados. Por esta razón, la salida del transmisor es mezclada.

El mezclador es un tipo de trama síncrona con una secuencia de 127 bits de duración cuyo polinomio generador se describe por la siguiente función: $1 + X^6 + X^7$. Durante el primer bit del byte que sigue al último byte en la primera fila del RSOH, este se redistribuye en "1111111" y entonces se aplica conforme a ese bit, lo cual quiere decir que la primera fila del RSOH no se mezcla.

El mezclado de datos se muestra en la figura 2.30

APLICACIÓN DE ANILLO EN SDH.

Las diferentes aplicaciones en anillo de SDH se muestran gráficamente en las gráficas 2.31 a 2.42.

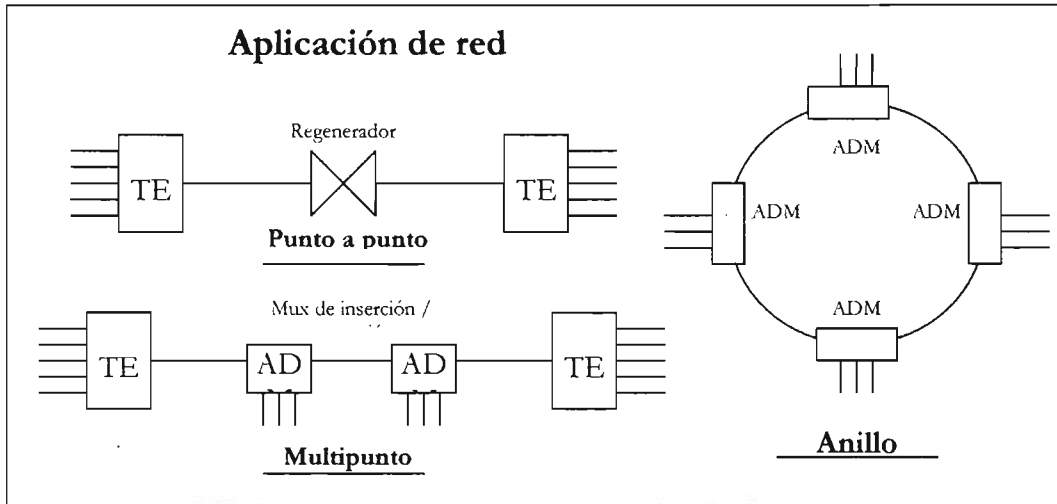


Figura 2.31 Aplicación en red

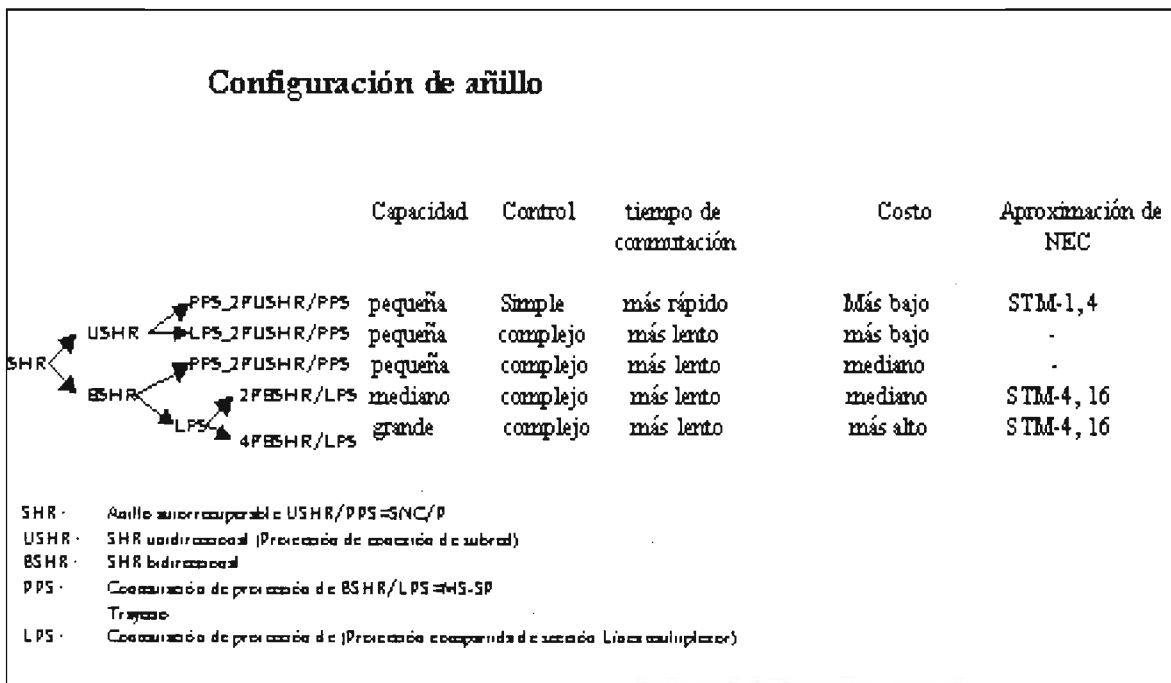


Figura 2.32 Configuración de anillo

SISTEMA DE ANILLO DE CONMUTACIÓN DE TRAYECTO UNIDIRECCIONAL DE 2 FIBRAS.

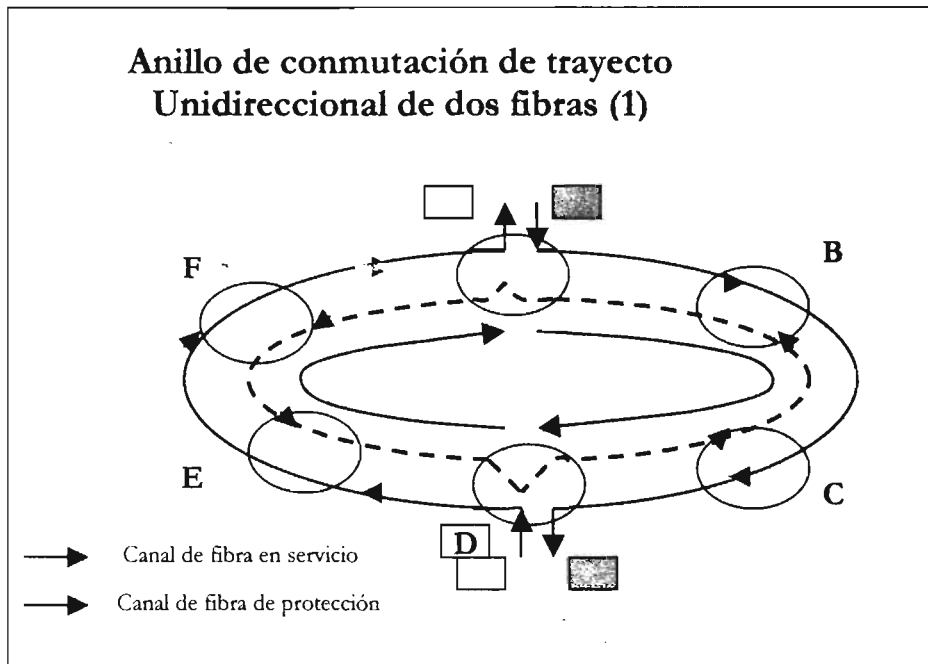


Figura 2.33 Anillo de conmutación de trayecto unidireccional de dos fibras (1)

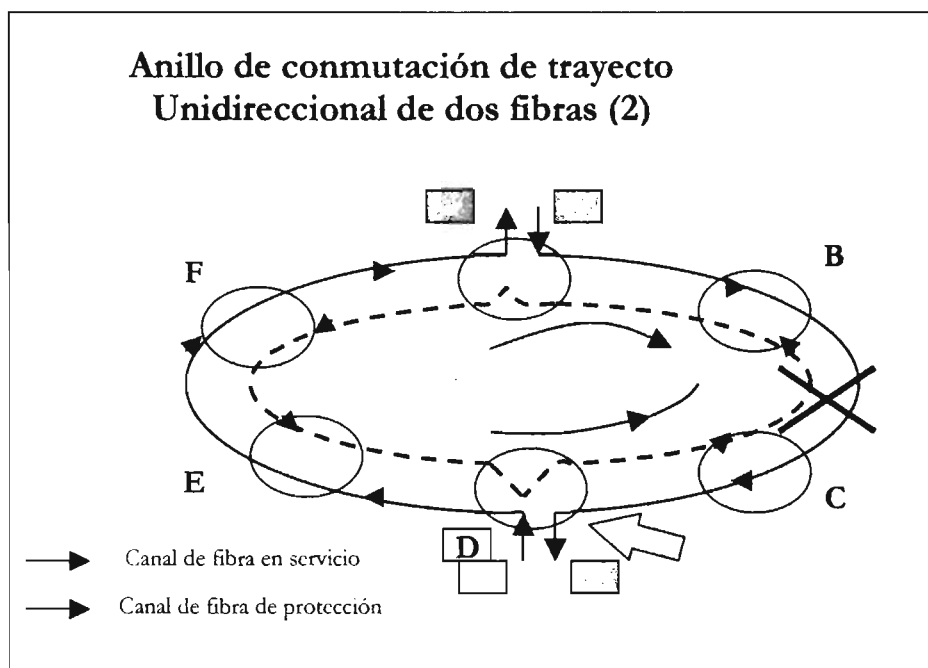


Figura 2.34 Anillo de conmutación de trayecto unidireccional de dos fibras (2)

SISTEMA DE ANILLO DE CONMUTACIÓN DE LÍNEA BIDIRECCIONAL DE 2 FIBRAS

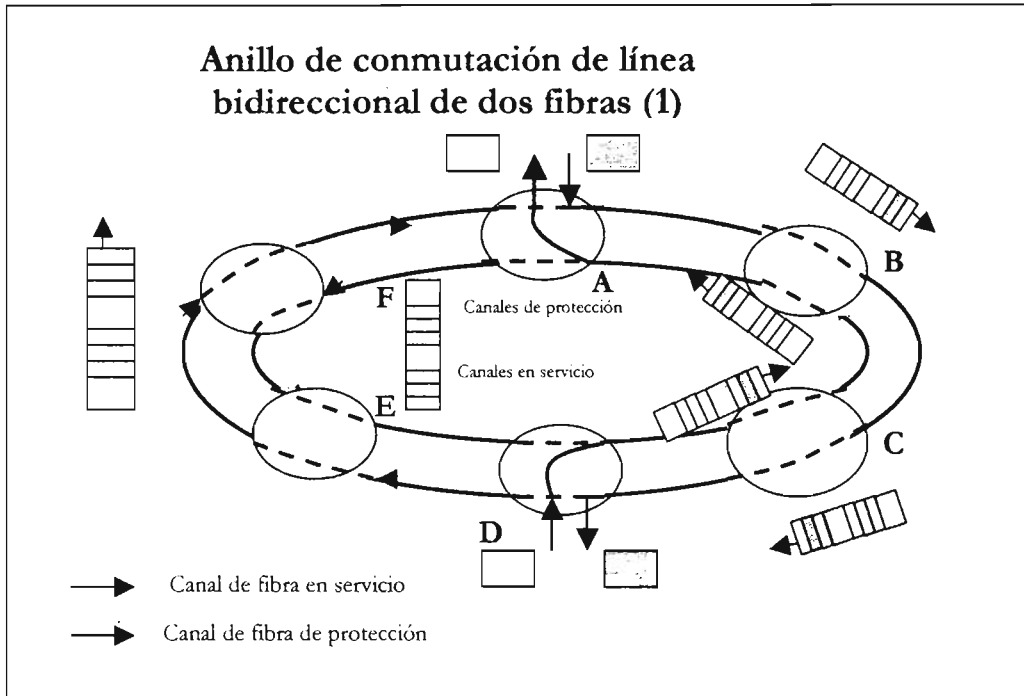


Figura 2.35 Anillo de conmutación de trayecto bidireccional de dos fibras (1)

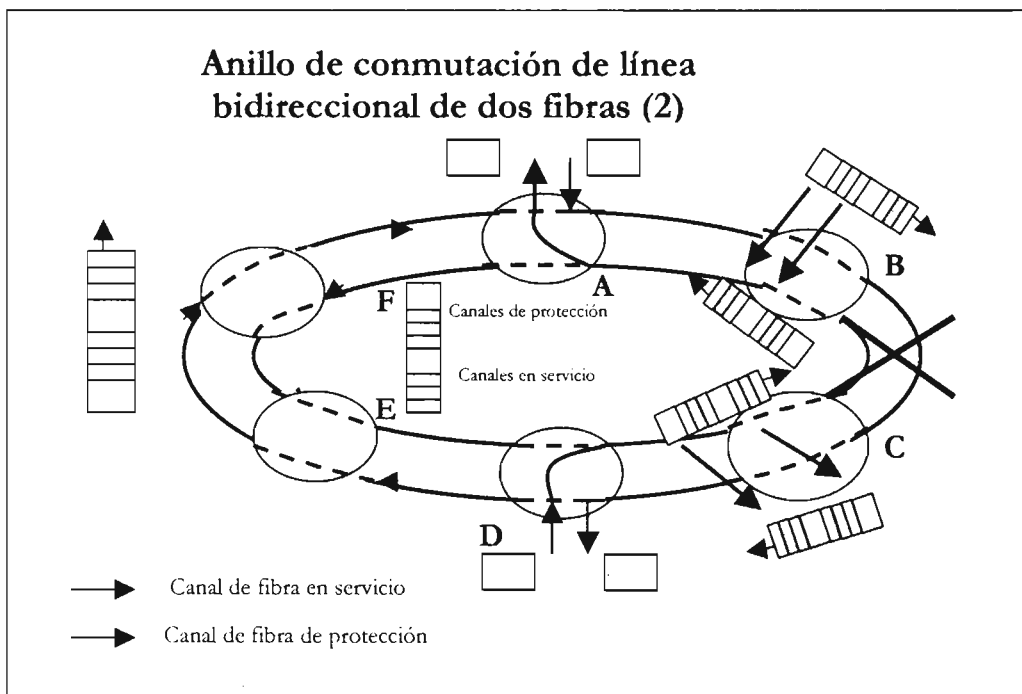


Figura 2.36 Anillo de conmutación de trayecto bidireccional de dos fibras (2)

SISTEMA DE ANILLO DE CONMUTACIÓN DE LÍNEA BIDIRECCIONAL DE 4 FIBRAS

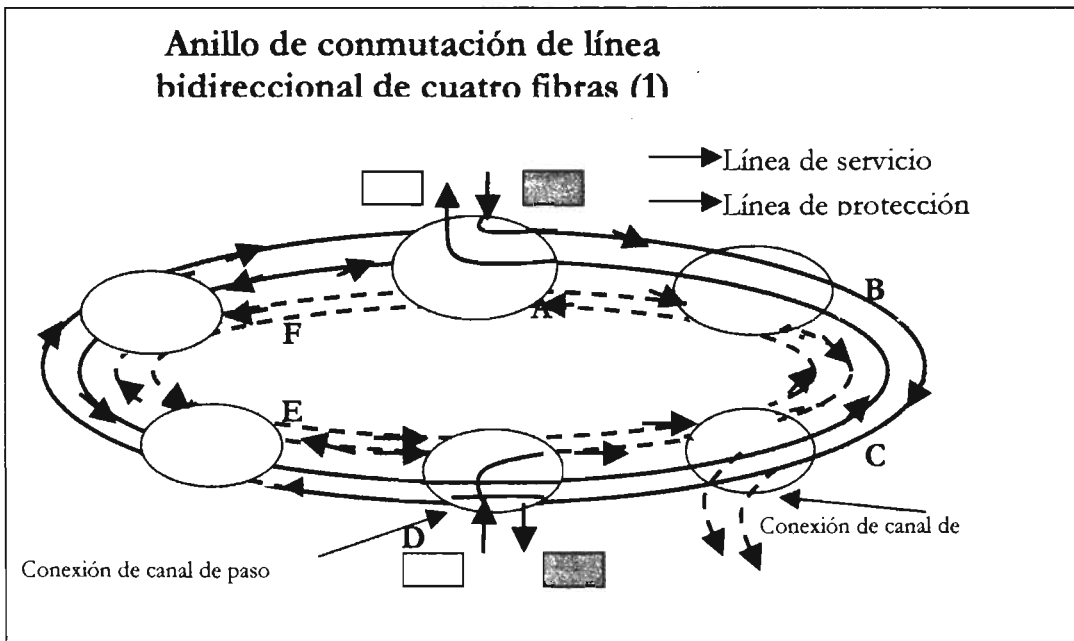


Figura 2.37 Anillo de conmutación de trayecto bidireccional de cuatro fibras (1)

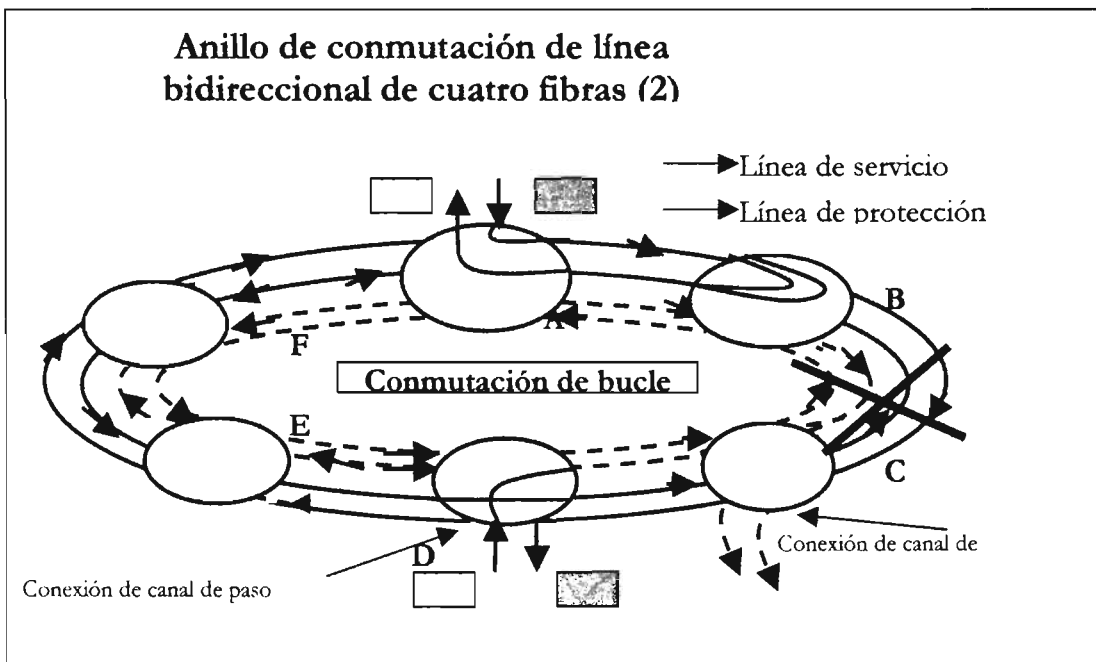


Figura 2.38 Anillo de conmutación de trayecto bidireccional de cuatro fibras (2)

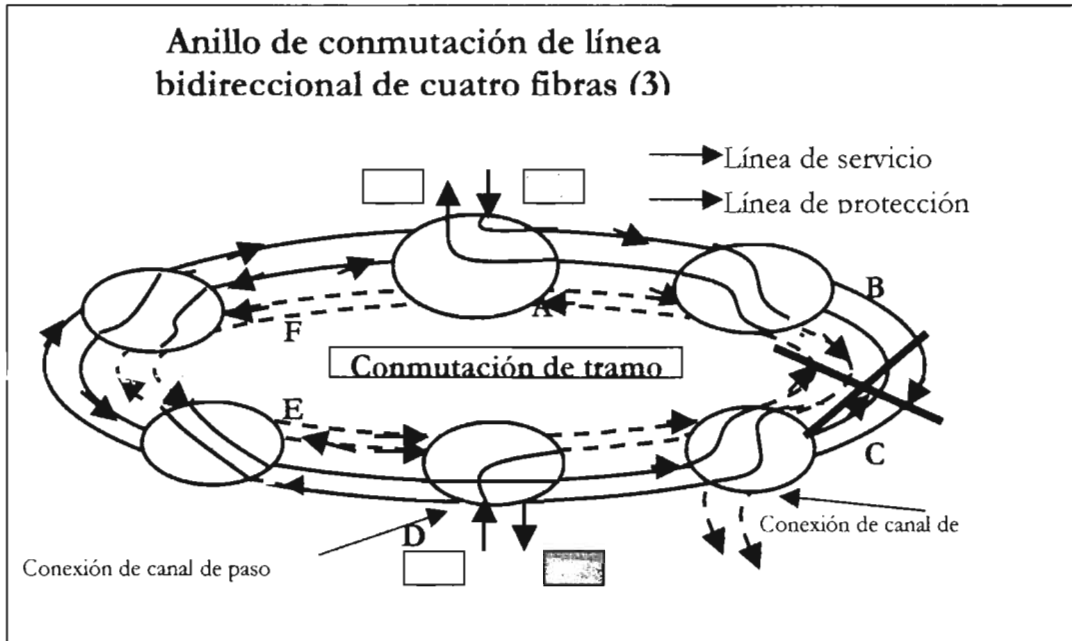


Figura 2.39 Anillo de conmutación de trayecto bidireccional de cuatro fibras (3)

ASIGNACIÓN DE CANAL DE 2F USHR/PPS

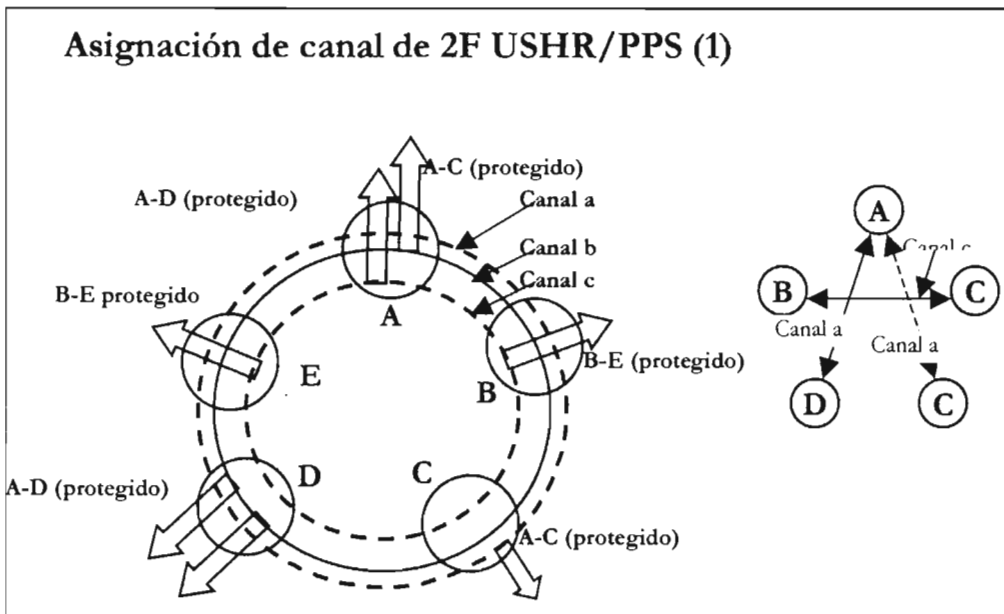


Figura 2.40 Asignación de canal de 2F USHR/PPS

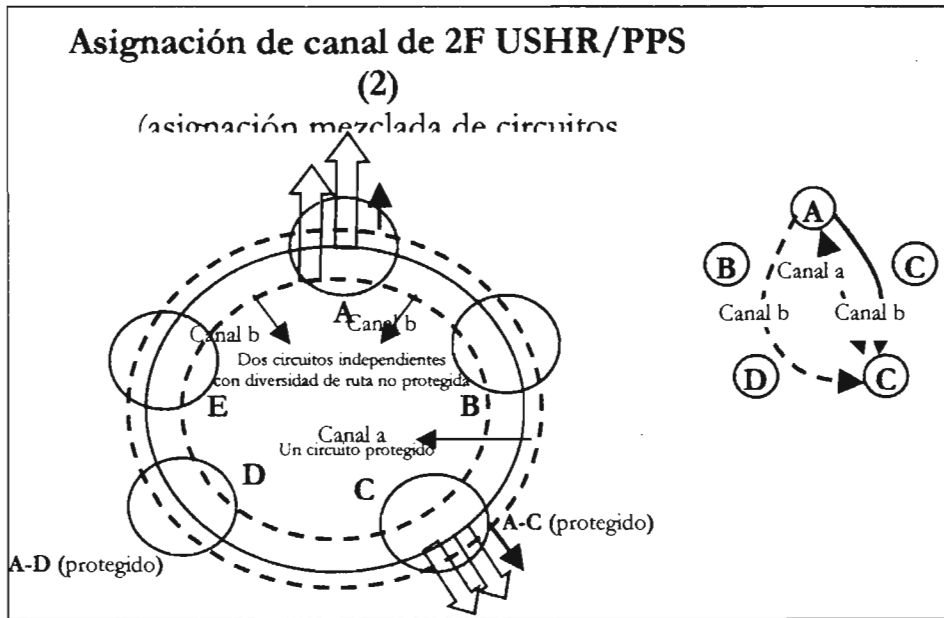


Figura 2.41 Asignación de canal de 2F USHR/PPS (2)

ASIGNACIÓN DE CANAL DE 2/4F BSHR/LPS

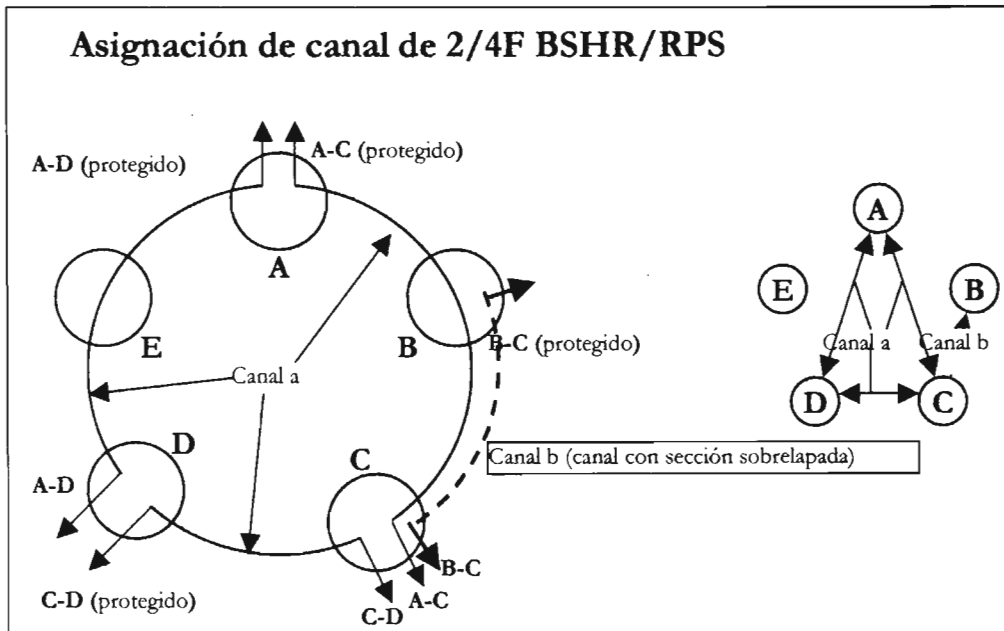


Figura 2.42 Asignación de canal de 2/4F BSHR/RPS

SINCRONIZACIÓN

ARQUITECTURA DE SINCRONIZACIÓN.

Todos los elementos de red (NE) en la red SDH se operan bajo un mismo reloj de frecuencia suministrado por una fuente de señal llamada reloj de referencia primario (PRC). En la recomendación ITU-T G.811 se encuentran las especificaciones del rendimiento del PRC, cuya estabilidad y exactitud en frecuencia se hallan en el orden de $\pm 10^{-11}$, posible gracias a un oscilador de cesio.

La distribución de la señal de reloj se manifiesta a través de líneas de transmisión ordinarias como, en este caso, un sistema de transmisión SDH. Los elementos de red "intermedios", tales como regeneradores, multiplexores de inserción y extracción, etc., son operados por medio de un "modo esclavo", el cual utiliza un componente de señal de reloj extraído de la señal STM-N recibida.

El deterioro de la señal de reloj, como una fluctuación acumulada durante la transmisión a través de una cadena de elementos de red y línea de transporte, se reduce con un equipo de reloj esclavo de alto rendimiento según especifica la recomendación G.812 para nodo de tránsito y para nodo local.

Un elemento de red SDH tiene la capacidad de enviar una señal de reloj externa dirigida hacia el BITS (fuente integrada de temporización de construcción) para reducir el deterioro en la señal de reloj. El elemento de red intermedio utiliza directamente la señal de reloj extraída por sí mismo. La arquitectura de sincronización se muestra gráficamente en la figura 2.43.

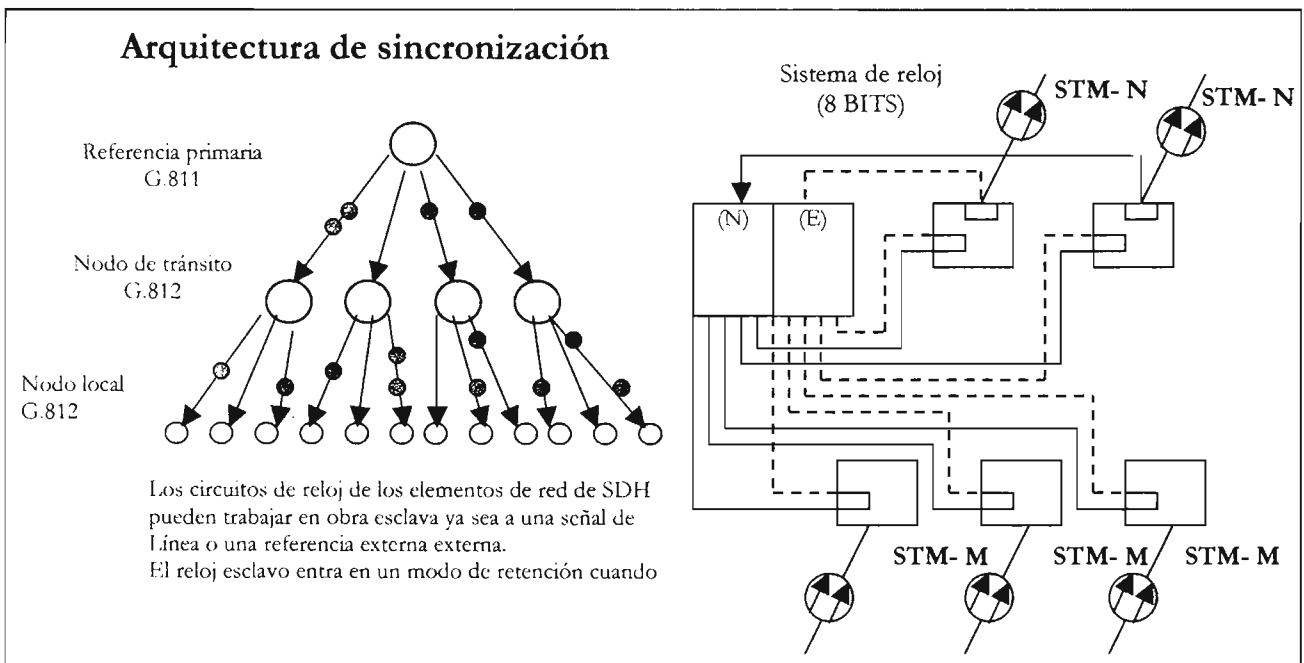


Figura 2.43 Arquitectura de sincronización.

FUENTE DE SINCRONIZACIÓN DEL ELEMENTO DE RED (NE)

Las señales de reloj necesarias para la operación del NE son producidas por un circuito de reloj que corre principalmente bajo el modo esclavo. Las fuentes de referencia disponibles son:

1. Entrada externa.

En este puerto normalmente se conecta a una señal de reloj externa proveniente de un reloj de referencia primario (G.811), o BITS (G.812 tránsito local), o el reloj de un sistema de conmutación.

2. Señal de línea STM-N.

El componente de la señal de reloj extraída de una señal de línea puede ser utilizado como una fuente de referencia, estando éste conectado hacia el este, hacia el oeste, o hacia una dirección tributaria. Entonces, el byte S1 del SOH muestra el nivel de calidad del componente de reloj. Este en cambio, muestra la señal de reloj que originalmente generó la señal de línea STM-N, siempre y cuando la señal STM-N pueda ser encontrada desde G.811 o G.812 T, L u otro.

3. Señal PDH de 2 Mbits/Seg en el tributario.

Dos de las señales tributarias de 2 Mbits/Seg pueden ser seleccionadas como fuentes de referencia. Este sería el caso si, por ejemplo, el sistema SDH fuese instalado en un área aislada con el reloj síncrono comunicado a través de una señal de 2 Mbits/Seg generada por un PRC, o cuando el sistema SDH es sincronizado a un reloj ESS (Sistema de conmutación) en vez de PRC.

Aparte de ser utilizado en modo de operación esclavo, el circuito de reloj del NE también puede funcionar como una fuente de reloj independiente, para la cuál existen dos modos de operación:

1. Modo de retención.

Mientras el circuito de reloj opera en modo esclavo, todos los parámetros como frecuencia, fase, etc. Son memorizados. Cuando el circuito pierde contacto con la fuente de referencia, por alguna falla en la línea por ejemplo, esta información almacenada facilita el flujo de operación continua ininterrumpidamente. De este modo, se pueden evitar perturbaciones de transmisión causadas por cambios de frecuencia y fase.

2. Modo de operación libre.

El circuito de reloj que es básicamente un VCXO (Oscilador controlado por voltaje), opera libremente sin fuente de referencia. Este es una excelente opción para un área donde no haya una fuente de referencia de reloj disponible, y donde el sistema SDH se utilice de manera semejante al PDH.

En cada elemento de red (NE), se establecen los órdenes por prioridad según la cantidad de fuentes de referencia disponibles. Para seleccionar una fuente de referencia entre varias candidatas, se utiliza este sistema de prioridad al igual que la calidad estimada de cada fuente. Este último método se explica más adelante.

En la figura 2.44 se muestran los tipos de sincronización que se emplean en SDH y en la figura 2.45 se muestra la fuente de sincronización de elemento de red de manera gráfica.

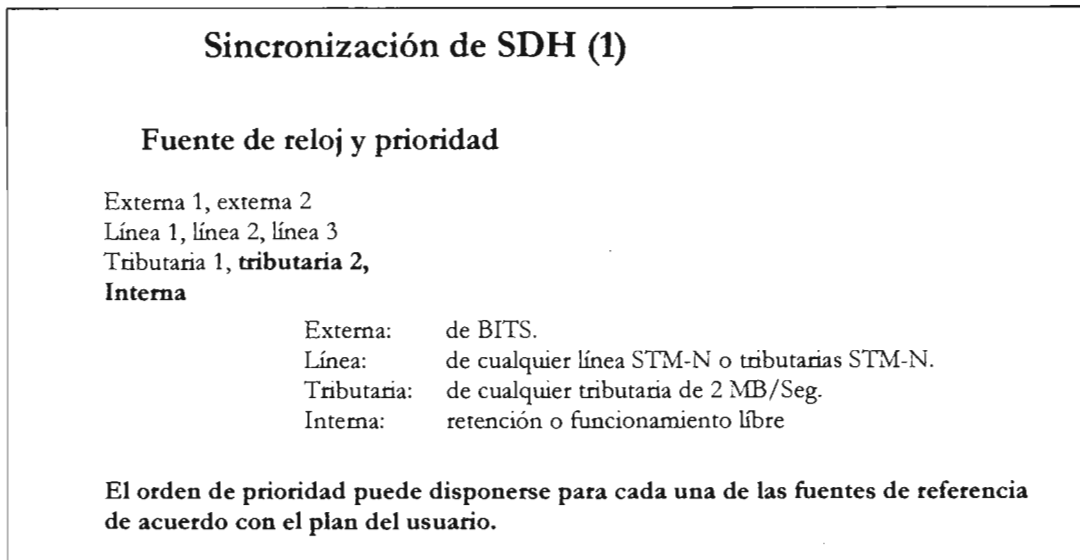


Figura 2.44 Sincronización de SDH.

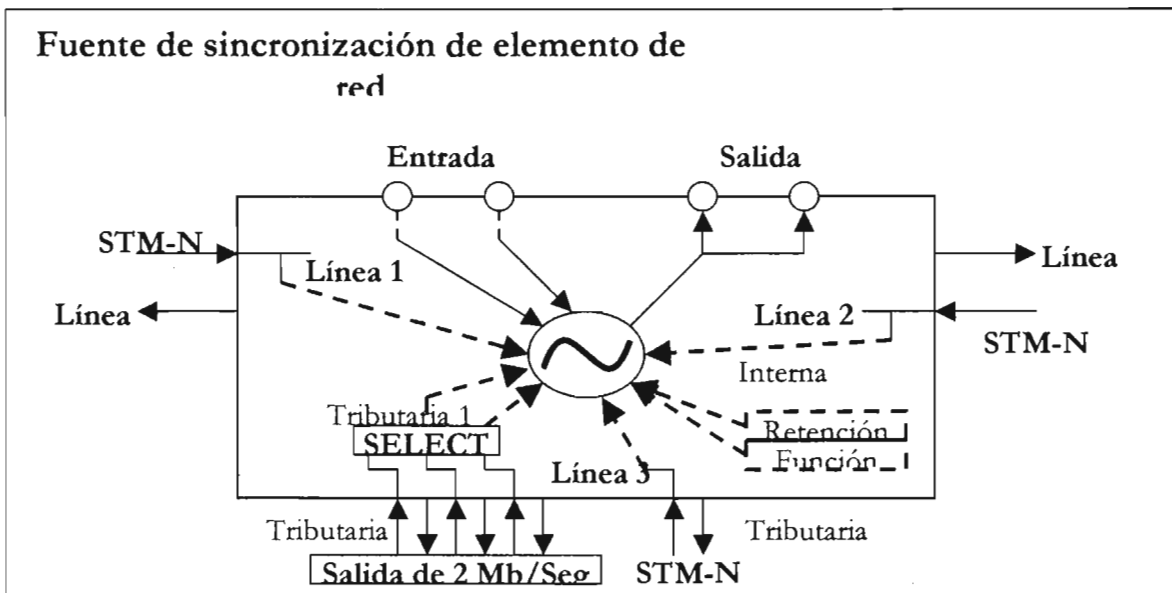


Figura 2.45 Fuente de sincronización de elemento de red

NIVEL DE CALIDAD EN LA FUENTE DE REFERENCIA.

El byte S1 del SOH muestra el nivel de calidad de la señal de reloj utilizada para generar la señal de línea STM-N (La última recomendación se refiere a S1 como Z1). Las indicaciones S1 son definidas por las recomendaciones del ITU-T (vea la próxima figura) con la excepción de los números indicados por Q, que no son especificaciones sino que sirven para explicaciones más adelante.

Cuando se utilizan entradas externas, relojes internos (tanto en modo como en modo de retención) y señales tributarias PDH como fuentes disponibles, el NE necesita disponer del nivel de calidad para cada uno de estos durante el proceso de implementación. Si uno de estos se selecciona como fuente de referencia, entonces el NE le envía un asignador de nivel de calidad en dirección hacia delante.

En las señales de línea STM-N, el NE otorga el nivel de calidad a cada uno de estos elementos tras el byte S1. Inmediatamente que uno de ellos se utilice, el mismo nivel de calidad que indica el byte S1 es enviado por el NE en dirección hacia delante. El NE también envía intencionalmente el mensaje Q=6 automáticamente en dirección hacia atrás independientemente de cual sea el nivel de calidad de la fuente de referencia que se utilice. "Hacia delante" es dirección descendente en la señal de línea desde donde se extrae el reloj y "hacia atrás" es dirección ascendente". Por ejemplo, cuando se utiliza la señal de línea que procede del oeste como referencia, entonces la señal procedente del este se considera en dirección hacia delante y la del oeste, en dirección hacia atrás. Si la indicación S1 de la señal de línea recibida es Q=6, lo cual significa "no se use", el NE no puede seleccionar la misma como fuente de referencia. La razón por la cual se mantiene Q activado en Q=6 automáticamente en dirección hacia atrás es para prevenir un bucle de temporización que puede causar conmutación continua e inestable entre varias fuentes.. ver figuras 2.46 y 2.47

Sincronización de SDH (2)		
Q	S1	Rec. Del ITU-T
<u>Q</u>	<u>S1</u>	<u>Significado (rastreado así atrás)</u>
0	0000	Calidad desconocida (red síncrona existente)
2	0010	G.811
3	0100	G.812 (transito)
4	1000	G.812 (local)
5	1011	COLOCACIÓN (fuente de tiempo de tiempo de equipo síncrona)
6	1111	(Significa no se use para sincronización)

* otros números son para uso futuro.
* el nivel de calidad se envía al siguiente nodo usando byte S1 del SOH.

Figura 2.46 sincronización de SDH (2)

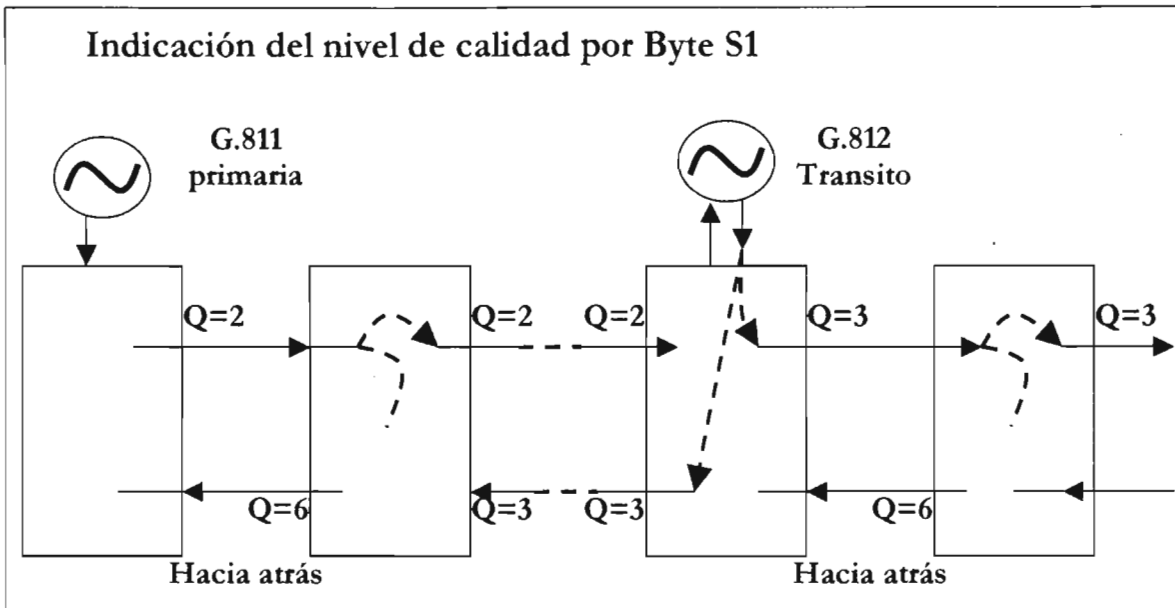


Figura 2.47 Indicación del nivel de calidad por el BYTE S1

REGLAS PARA LA CONMUTACIÓN EN FUENTES DE REFERENCIA

Las siguientes reglas se aplican normalmente al seleccionar una fuente de referencia de entre varias que estén disponibles. El nivel de calidad de la fuente (Q) siempre procede del orden de prioridad (P). El orden de prioridad sólo se aplica cuando la selección se hace entre varias fuentes con el mismo nivel de calidad. Aún cuando el byte S1 muestra un valor de $Q \neq 6$, si existe alguna falla de condición; así como una tasa de error excesiva o un AIS, etc., el NE considerará que la calidad de la línea es $Q=6$ y no la utilizará. Ver figura 2.48.

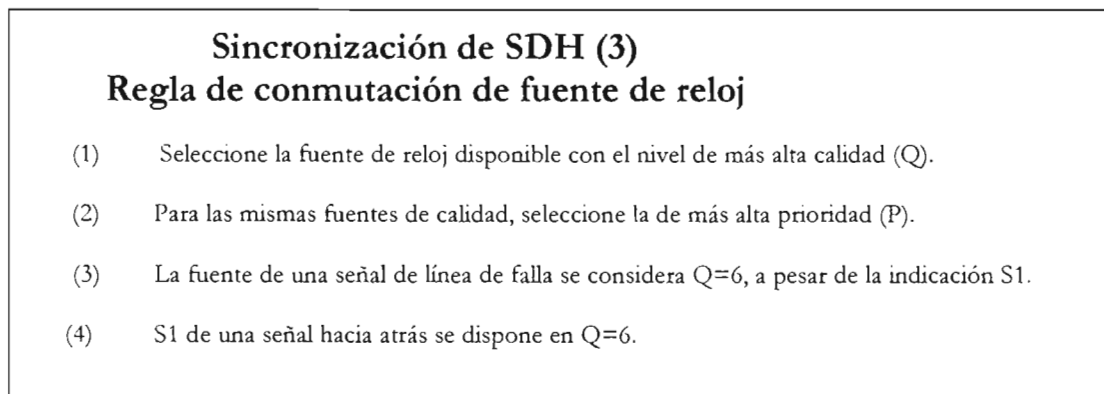


Figura 2.48 Sincronización de SDH (3) Regla de conmutación de fuente de reloj.

CAPITULO 3

**FUNDAMENTOS DE TRANSMISIÓN EN REDES
DE TELECOMUNICACIONES**

**SERVICIOS DE BANDA ANCHA
ATM/B-ISDN**

TECNOLOGÍAS DE REDES

REDES ETHERNET

Es una red de área local publicado en 1982 por la DEC, Intel y Xerox. Teniendo como medio físico cable coaxial a una velocidad de 10 Mbps. El mecanismo de acceso compartido es del tipo CSMA/CD (Carrier Sense Múltiple Acces/Collision Detection).

El formato de trama Ethernet normalizado es de 48 bits (o 6 bytes) en direcciones y dispone de un campo de datos variable de 46 a 1500 bytes. Además cuenta con un campo *type* que indica el tipo de protocolo encapsulado en el campo de datos. Finalmente cuenta con un campo CRC permitiendo detectar errores en la transmisión

Destination addr	Source addr	type	data	CRC
6 bytes	6 bytes	2 bytes	46 a 1500 bytes	4 bytes

Cuadro No. 3.1 Formato de trama Ethernet

LAS REDES IEEE 802

El IEEE 802 (Institute of Electronic and Electrical Engineers) se encargó de generar un estándar de la red de área local, generando tres especificaciones. El estándar IEEE 802.3 normalizó los aspectos físicos y de control del acceso al medio compartido (Medium Acces Control, MAC).

Las redes IEEE 802.3 son ligeramente distintas al de la trama Ethernet.

Los dos primeros campos de la cabecera son iguales, así como el destino y el origen, pero el indicador de tamaño de trama *length* contiene dos bytes. El CRC es idéntico al de Ethernet.

Destination addr	Source addr	length	data	CRC
6 bytes	6 bytes	2 bytes	46 a 1500 bytes	4 bytes

Cuadro No. 3.2 Redes IEEE 802

El comité IEEE 802.3 normalizó una serie de funciones de control de enlace de datos, que incluyó en una subcapa llamada LLC (logical link control) que contiene la especificación IEEE 802.2 comúnmente en token bus (802.3 y 802.4) y en token ring (802.5).

El protocolo LLC contiene dos modos de funcionamiento:

- LLC1: ofrece un servicio sin conexión y no incorpora el control de errores y flujo.
- LLC2: ofrece un servicio orientado a conexión e incorpora controles de errores y flujo.

La trama LLC es encapsulada en la trama 802.3 (4/5) y contiene tres campos de cabecera, el CTL que identifica el tipo de trama LLC y dos campos de identificación del punto de acceso al servicio en origen (Source Service Access Point, SSAP) y en destino (Destination Service Access Point, DSAP).

DSAP	SSAP	CTL
1 byte	1 byte	1 byte

Cuadro No. 3.3 Trama CCL

Redes FDDI

El estándar de red de área metropolitana FDDI (Fiber Distributed Data Interface) fue desarrollado por la ANSI (American National Standard Institute). Se caracteriza por emplear un mecanismo de acceso al medio compartido por paso de testigo a 100 Mbit/s de fibra óptica. Especifica la utilización del protocolo LLC 802.2.

preamble	Start delimiter	Frame control	Destination addr	Source addr	data	checksum	end delimiter	Frame status
8 bytes	1 byte	1 byte	6 bytes	6 bytes	4500 bytes	4 bytes	4 bytes	1 byte

Cuadro No. 3.4 Estándar de red área metropolitana FDDI.

X.25

Recomendación del CCITT (Comite Consultatif International de Télégraphique et Téléphonique), normaliza el acceso a redes públicas de datos o redes de conmutación de paquetes, especifica protocolos para las capas físicas de enlace de datos y de red del modelo OSI. El protocolo X.25 PLP, que es el protocolo de acceso a la red, se caracteriza por operar en modo circuito virtual y por realizar el control de errores y el flujo a nivel de circuito virtual.

La red X.25 es un estándar de red WAN basado en la técnica de conmutación de paquetes.

Protocolo PPP.

Protocolo PPP (Point to Point Protocol), estándar publicado por el IAB (Internet Architecture Board), es un protocolo de enlace de datos que permite la comunicación a través de un enlace punto a punto. Incluye un protocolo auxiliar el LCP (Link Control Protocol), responsable del control de enlace de datos.

Flag addr control						
7E	FF	03	Protocol	Data	CRC	7E
1 byte	1 byte	1 byte	2 bytes	1500 bytes	2 bytes	1 byte

Cuadro No. 3.5 Asignación de bits del protocolo PPP

DEFINICIÓN DE LA INTERCONEXIÓN DE REDES:

- Repeater o repetidor: Reenvía bits de una red hacia otra, haciendo que las dos se vean lógicamente como una sola red.
- Bridges o puentes: Para la interconexión de redes similares, que tienen diferentes capas de enlace pero iguales capa de red como Ethernet y Token-ring en bus.
- Routers o encaminadores: Para interconectar tipos de redes no similares, con iguales capas de transporte pero diferentes capas de red.

- Gateway o pasarelas o compuertas: Para la conexión de una red que no utiliza el modelo OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos) y la conexión se deberá realizar en la capa de aplicación.

ATM

HISTORIA ATM:

La primera referencia del ATM (Asynchronous Transfer Mode) tiene lugar en los años 60 en los laboratorios Bell, el ATM se hizo popular hasta 1988 cuando el CCITT decidió que sería la tecnología de conmutación de las futuras red ISDN en banda ancha (rec I.121). Los representantes de EEUU proponían un tamaño de células grandes de unos 128 bytes pero a mayor es el tamaño de las células menor es el overhead. Sin embargo los representantes de los países europeos proponían el tamaño ideal de las células eran de 16 bytes, y señalaron que un tamaño de 128 bytes provocaría retardos inaceptables de hasta 85 ms. Este retardo no permitiría la transmisión de voz con cierto nivel de calidad a la vez que obliga a instalar canceladores de eco. Después de muchas discusiones el lobby norteamericano proponían 64 bytes y el lobby europeo 32 bytes que coincidían con los representantes de las redes de datos y las redes de voz respectivamente. La reunión del CCITT celebrada en Ginebra en junio de 1989 se tomó la decisión de 48 bytes para el tamaño de la célula y para la cabecera fue de 5 bytes.

Las nuevas necesidades de comunicaciones se orientaron hacia la conmutación de paquetes de alta velocidad para contar con las ventajas de las redes de circuitos y las redes de paquetes, proporcionar anchos de banda variable, ser transparente a los protocolos utilizados y soportar una gama de servicios con soluciones específicas de velocidad, sincronización y latencia. Aparecieron dos tecnologías de acceso en la interfase usuario/red: Frame Relay y Cell Relay, la primera para transmitir datos especialmente y la segunda para transmitir cualquier tipo de tráfico.

- Frame Relay (FRL)

Envía paquetes de tamaño variable, de 4Kbs a 8Kbs, denominados tramas. Esta tecnología garantiza un uso eficiente del ancho de banda disponible y es apta para transmitir datos o imágenes estáticas, resulta inapropiado para datos isocrónicos debido a que el tamaño grande y variable de sus tramas no permite garantizar un retardo de entrega constante.

- Cell Relay (ATM)

Envía paquetes de 53 bytes denominados células. El pequeño tamaño de los paquetes garantiza un mínimo retardo aunque supone un incremento del overhead: cuanto más pequeño es el paquete, más proporción hay de cabeceras y más pérdidas de ancho de banda. Las ventajas obtenidas son de una baja latencia que permite soportar datos isocrónicos.

CARACTERÍSTICAS DE ATM.

Es una técnica orientada a paquetes, en la que el flujo de información se organiza en bloques de tamaño fijo y pequeño (53 bytes), que reciben el nombre de celdas.

Las celdas se transfieren usando la técnica de multiplexación asíncrona por división en el tiempo. Es un modo de transferencia orientado a la conexión, es decir, cada llamada se constituye en un canal virtual en el múltiplex ATM.

La información de señalización va por un canal virtual diferente, evitando así cualquier problemática que pudiera surgir.

Se garantiza la secuencia de entrega de las células transmitidas por el mismo canal virtual.

No existe protección contra errores ni control de flujos en la transferencia de información entre los enlaces. Estos se realizan extremo a extremo entre los terminales de manera transparente a la red, aunque existe un control de tráfico y la congestión en la red.

La cabecera de las celdas tiene una funcionalidad reducida: identifica las células pertenecientes a la misma comunicación, es decir, al mismo circuito virtual.

Para suplir las deficiencias de un RDSI –BA el UIT-T normalizó una nueva capa. Esta utilizará el servicio ATM y lo adaptaría a las características y necesidades de la RDSI-BA y se denomina *ATM Adaptation Layer, AAL* y su funcionalidad solo estaría presente en los terminales y las dividió por protocolos AAL 1, AAL 2, AAL 3/4, AAL 5, de estos hablaremos a continuación:

NIVELES ATM

El modo de transferencia asíncrono (ATM) permite un diferente ancho de banda para las distintas aplicaciones, permitiéndose así un mejor aprovechamiento de éste, podemos asignar diferente cantidad para diferentes aplicaciones que manejen un mayor o menor volumen de información como el correo electrónico o las aplicaciones de multimedia.

ATM se subdivide en:

Nivel AAL: Adapta la información del servicio a las celdas ATM. Se subdivide en los niveles CS (Subnivel de convergencia) y en SAR (Segmentación y reensamblado).

Protocolo AAL1: Destinado al transporte de información generada a una tasa de bit constante y con requisitos temporales de calidad de servicio QoS. Principalmente se emplea para transportar flujos multiplexados de voz MIC.

Protocolo AAL2: Destinado al transporte de información generada a una tasa de bit variable y con requisitos temporales de calidad de servicio. Se emplea para transportar voz de una forma más eficiente que con AAL 1.

Protocolo AAL3/4: Destinado al transporte de datos o información generada a una tasa de bit variable sin requisitos temporales de calidad de servicio y en la modalidad de servicio sin conexión. Puesto que hay un nulo impacto en sus soluciones este protocolo no se emplea.

Protocolo AAL5: Destinado al transporte de datos, de forma análoga a AAL3/4 pero en la modalidad orientado a conexión. En la actualidad es el protocolo más extendido puesto que se ocupa para Frame Relay y TCP/IP

Nivel ATM: Realiza la conmutación/encaminamiento de las celdas, así como la multiplexación.

Nivel PHY: Encargado del transporte de la información (celdas). Se subdivide en TC (Subnivel de convergencia de transmisión) y PMD (Subnivel dependiente del medio físico).

JERARQUÍA DE TRANSMISIÓN

El ATM se puede dividir en tres niveles que se combinan de forma jerárquica de modo que cada capa superior puede tener uno o varios elementos inferiores.

Canal virtual (VC): Es la conexión unidireccional entre usuarios. Si dos usuarios quisieran estar conectados en Full Duplex deberán utilizar dos canales. Los VC, además de transportar datos entre usuarios, también son utilizados para transportar la señalización y la gestión de la red.

Trayectoria Virtual (VP): Es el conjunto de canales virtuales que atraviesan multiplexadamente un tramo de la red ATM. Los VP facilitan la conmutación de los canales virtuales. De no existir por cada conexión entre usuarios obligaría a reelaborar todas las tablas de routing de los nodos atravesados lo cual supondrá un incremento del tiempo para establecer una conexión.

Sección Física (PS): Conecta y proporciona continuidad digital entre los elementos que componen la red controlando el flujo de bits.

MODELO DE REFERENCIA ATM

La arquitectura del ATM se divide en tres niveles que ocupan las capas 1 y parte de la 2 del modelo de referencia OSI:

Nivel de Adaptación ATM (AAL): Acepta todo tipo de información heterogénea y la segmenta en paquetes de 48 bytes a la velocidad que fue generada por los usuarios. Sólo se encuentra en los puntos terminales de la red. Según el modelo OSI maneja en el nivel 2, las conexiones entre la red ATM y los recursos no ATM permanentes a los usuarios finales.

Sus funciones son las siguientes:

- Adaptación a la velocidad de los usuarios.
- Segmentación de los datos en células de 48 bytes.
- Detección célula errónea y perdida.
- Mantenimiento del sincronismo entre terminales.

Internamente el AAL se divide en dos partes:

El subnivel de Convergencia (CS): Es una capa externa y ejecuta funciones como la detección y demultiplexión de datos, detección de células perdidas y mantenimiento del sincronismo de la conexión.

El subnivel Segmentación y Reensamblado (SAR): Esta capa segmenta los gastos en células y las envía al nivel ATM para que les ponga la cabecera. El proceso inverso se verifica al lado opuesto cuando recibe células

Calidad del servicio (QoS): La calidad que llega a un nodo terminal ATM es captada, segmentada y dispuesta en células con las cabeceras adecuadas para cada tipo de tráfico. Este servicio proporcionado por el nivel AAL se define por tres parámetros:

Caudal: Define el volumen de información que puede ser enviada en un período de tiempo. Si el tráfico es constante, el parámetro es único: velocidad pico, pero si el tráfico es a ráfagas, está expresado por tres parámetros: velocidad pico, velocidad media y duración de la ráfaga.

Si la velocidad de bits es disponible (ABR) ATM ofrece un ancho de banda, pero no garantiza que en esa conexión no haya interrupciones y es recomendada para transferencia de archivos.

Si la velocidad de bits es constante (CBR) el ATM ofrece un ancho de banda y garantiza la conexión sin interrupciones, es recomendado en videoconferencias.

Retardo: Definido por su media y su varianza que relaciona el retardo global medio de toda la transmisión y la variación de los retardos individuales.

Nivel de Seguridad: Se refiere a la tolerancia de un determinado tipo de tráfico a la pérdida de células que puede ocurrir durante períodos de congestión.

Nivel Modo de Transferencia Asíncrona (ATM): Construye las cabeceras de las células ATM, responsable del routing y el multiplexado de las células a través de los canales y rutas Virtuales. Controla el flujo de datos y la detección de errores ocurridos en la cabecera.

Formato de las células ATM: Son estructuras de datos de 53 bytes compuestas por dos campos principales: Header, sus 5 bytes tienen tres funciones principales: identificación del canal, información para la detección de errores y si la célula es o no utilizada.

Payload, tiene 48 bytes fundamentalmente con datos del usuario y protocolos AAL que también son considerados como datos del usuario.

Los Canales Virtuales y Rutas Virtuales, están materializados en dos identificadores en el header de cada célula (VCI y VPI) ambos determinan el routing entre nodos. Existen dos formatos de células: la UNI (User Network Interface) utilizado en el interfaz red/usuario y la NNI (Network Interface) cuando circulan por la red.

Conexiones y Routing

Los conmutadores de VP modifican los identificadores VPI para redirigir las rutas de entrada hacia una salida específica. Los conmutadores de VC manejan atributos como nivel de errores, calidad del servicio, ancho de banda o servicios relacionados con la tarificación.

Una ruta virtual puede ser permanente (PVP) o Conmutada (SVP). Si es conmutada o se ha establecido explícitamente para una comunicación, todos sus canales virtuales (VC) asociados son dirigidos a través de ese camino y no será necesario conmutarlos. Si el VP es permanente es probable que sólo conecte troncales de la red por lo que los VC deberán ser conmutadas en algún nodo de la red. El routing de Canales y Rutas Virtuales es realizado mediante etiquetas, nunca con direcciones explícitas.

Nivel Físico (PL): Controla las señales físicas, ya sea ópticas o eléctricas, las independiza de los niveles superiores de protocolo adaptándolas al medio de transmisión y codificación utilizado. Soporta configuraciones punto a punto y punto a multipunto.

El nivel físico realiza dos funciones fundamentales: el transporte de células válidas y la entrega de la información en sincronía.

La estructura del nivel físico se divide en dos capas:

- El subnivel Convergencia de la Transmisión (TC): Es encargado de adaptar la velocidad y de crear el datastream para su posterior transmisión al medio físico. El proceso inverso se realiza en el otro extremo de la red donde el TC destino debe extraer las células del datastream recibido, comprueba su corrección y entrega finalmente al nivel superior ATM.
- El subnivel Medio Físico (PM): Es el encargado de la transmisión de bits y de la sincronización de señales. Dos velocidades estandarizadas por el ITU son 155,52 Mbit/s y 622,08 Mbit/s; mientras que el ATM Forum Ha estandarizado interfaces con velocidades a 25 Mbit/s, 44,736 Mbit/s y 155,52 Mbit/s.

Datastream del medio de transmisión: Está encargado de transportar la información hasta los usuarios y pueden ser de dos formas:

- Basado en células: Consiste en la transmisión directa de la secuencia de células ATM sobre el medio de transmisión
- Basado en tramas plesiócronas que incluye funciones de mantenimiento. El estándar utilizado se deriva del IEEE 802.6 utilizado por el DQDB en redes metropolitanas.
- Basado en tramas síncronas o SDH: Las células son empaquetadas en frames síncronos denominados STM transmitidos a velocidades ópticas múltiplos de 155,52 Mbit/s. Estas estructuras transportan información de sincronismo y el overhead necesario para el transporte. La ventaja de los frames STM es que ofrecen un mecanismo estandarizado para realizar la multiplexión de los canales a medida que los enlaces aumenten o disminuyan su capacidad de transporte.

El ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector Normalización) seleccionó la SDH como una de las bases para el B-ISDN para el transporte y multiplexión de señales a través de una red óptica, el SDH no es en sí una red de comunicaciones, ni forma parte del ATM, sino el más bajo nivel de transporte de la red también es utilizable por otras redes de transmisión como Frame Relay o SMDS.

B-ISDN y ATM. La diferencia entre uno y otro es que el ATM es una tecnología para la conmutación de células de alta velocidad utilizable en múltiples entornos, LAN, MAN y WAN; y el B-ISDN es una red de área extensa (WAN) que utiliza el B-ISDN como modelo de referencia y señalización; el ATM como tecnología de conmutación y el SDH como estándar de transporte dentro de la red.

SERVICIOS QUE SOPORTA ATM.

- Telefonía: Servicio de audio
- Video Telefonía: Servicio de Audio y video Standard.
- TV de Definición Standard: Servicio de datos, Teletexto, Audio y video Standard.
- TV de Alta Definición: Servicios de Datos, Teletexto, Audio, Video Standard y Video de Alta Definición.
- Video Librerías: Servicios de Datos, Audio y Video Standard.
- Datos Alta Velocidad: Servicio de Datos.

RECOMENDACIONES ITU-T PARA ATM.

Series G: Transmisión de sistemas digitales y redes.

G.703. Características físico eléctricas de Jerarquías de Interfase Digital.

G.703 a 2048 kbps

ATM via E1 2.048 Mbit/s.

El sector de transmisión del E1 consiste de 32 canales numerados del 0 al 31 de 64 kbit/s cada uno. Conocido como transmisión de 2.048 Mbit/s con un intervalo de tiempo de 125 μ s por trama, el muestreo es acarreado en 32 tiempos tan rápido como el canal de 64 kbit/s. Cada muestra con un código en 8 bits, estructurando una trama formada de 256 bits. Del canal 0 al 16 está reservada para su direccionamiento, sin embargo, todos los otros canales pueden usarse con un ancho de banda útil de 1.920 Mbit/s teniendo un factor por encima de un 93.8% de la amplitud del ancho de banda.

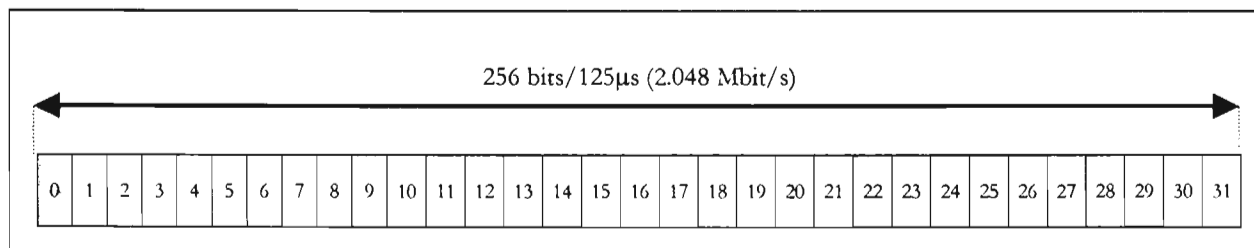


Figura 3.6 Estructura de trama ATM via E1

La labor del canal 0 es proveer un único bit modelo, para sincronizar y transferir errores de la señal. Es implementado por la transmisión de sincronización del bit modelo en el canal 0 del E1, con el error manda información en medio de este. Por lo tanto dos entramados consecutivos de esta es mencionado como multitramas a 250 μ s.

Parámetro	Valor Recomendado	
Velocidad nominal del tren de pulsos	2048 Kb/s \pm 50 ppm	
Impedancia (Entrada-Salida).	120 Ω Balanceada. 75 Ω Desbalanceada.	
Código.	HDB-3.	
Interfaz en cada dirección de TX.	Par simétrico.	Par coaxial.
Impedancia de carga.	120 Ω .	75 Ω .
Amplitud Pico del pulso (Estado 1).	3 Volts.	2.37 Volts.
Amplitud pico del pulso (Estado 0).	0 \pm 0.3 Volts.	0 \pm 0.237 Volts.
Anchura Nominal del pulso.	244 η S	244 η S

Cuadro No. 3.1. Especificaciones del puerto de salida del ATM via E1.

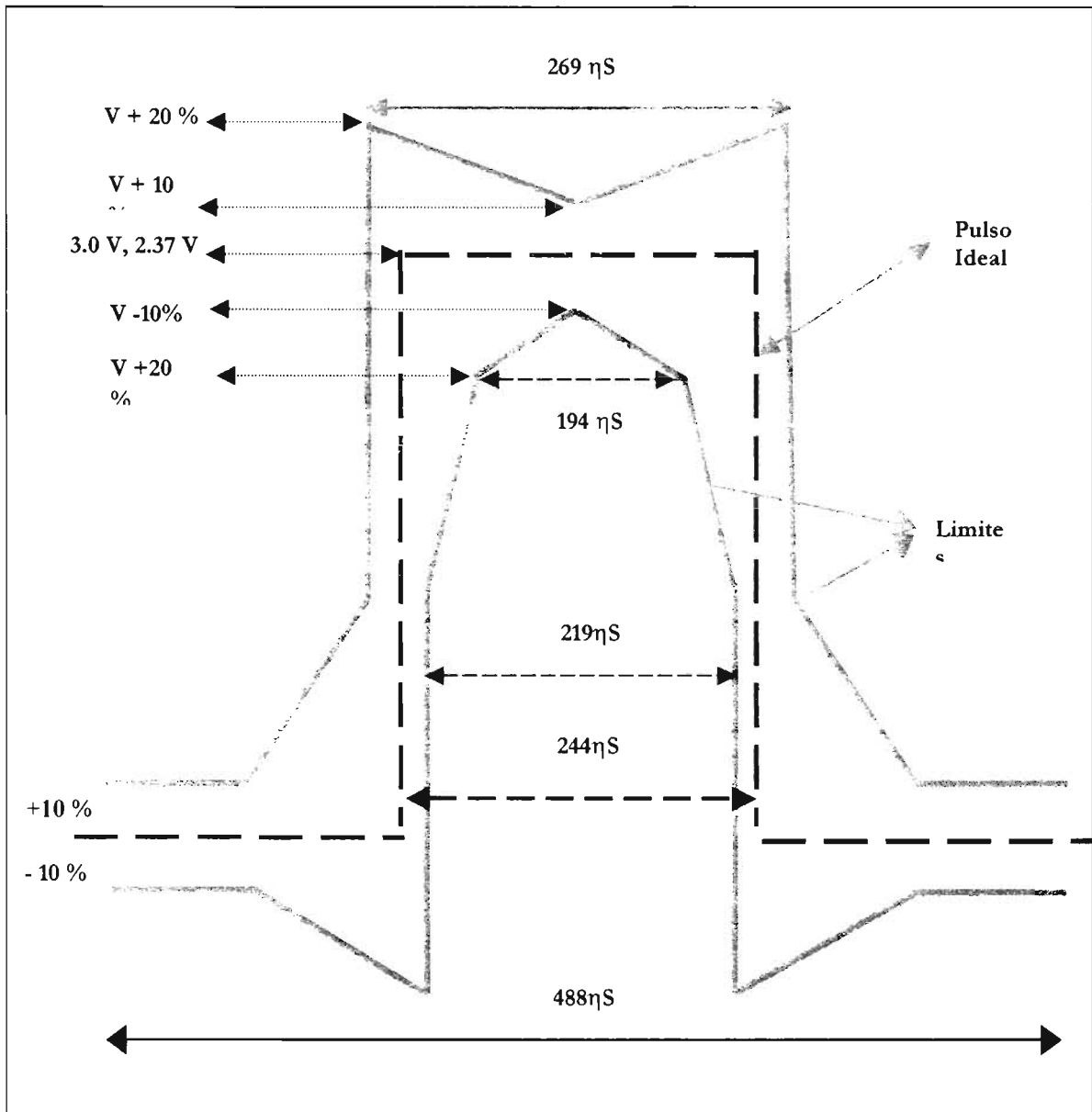


Figura 3.7. Plantilla de pulso, especificaciones y valores ATM E1.

CANAL 0							
CRC-4	0	0	1	1	0	1	1
0	1	RAI	M	S	S	S	S
CRC-4	0	0	1	1	0	1	1
0	1	RAI	M	S	S	S	S

CRC-4 Súper Trama.
RAI Indicación de alarma remota (señal de sincronización).
S Reservado para su uso.

Cuadro 3.2. E1 canal 0

El canal 16 es cargado de señales, responsable del montaje y descarga de conexiones en el payload de los canales. A cada canal 16 transmite tramas que pueden parar las señales de información de dos canales de carga. El resultado es un código usado como HDB3 (High Density Bipolar 3) a 75 ohms en cable coaxial o 120 ohms en par trenzado. El voltaje es de ± 2.37 volts. ATM Mapeo de la celda E1 formato de trama está especificada por la ITU de la recomendación G.804.

G.703 a 8448 Kbps	
Parámetros.	Especificaciones.
Velocidad nominal del tren de pulsos.	8448 kb/S \pm 30ppm.
Impedancia (Entrada-Salida)	75 Ω desbalanceada.
Código.	HDB-3.
Amplitud pico del pulso (estado 1).	2.37 V.
Amplitud pico del pulso (estado 0).	0 \pm 2.37 V.
Anchura nominal del pulso.	59 ns.
Mascara del pulso (1/2 ciclo).	Ver los límites en la figura.

Cuadro 3.3. Parámetros G.703 a 8448 kbps

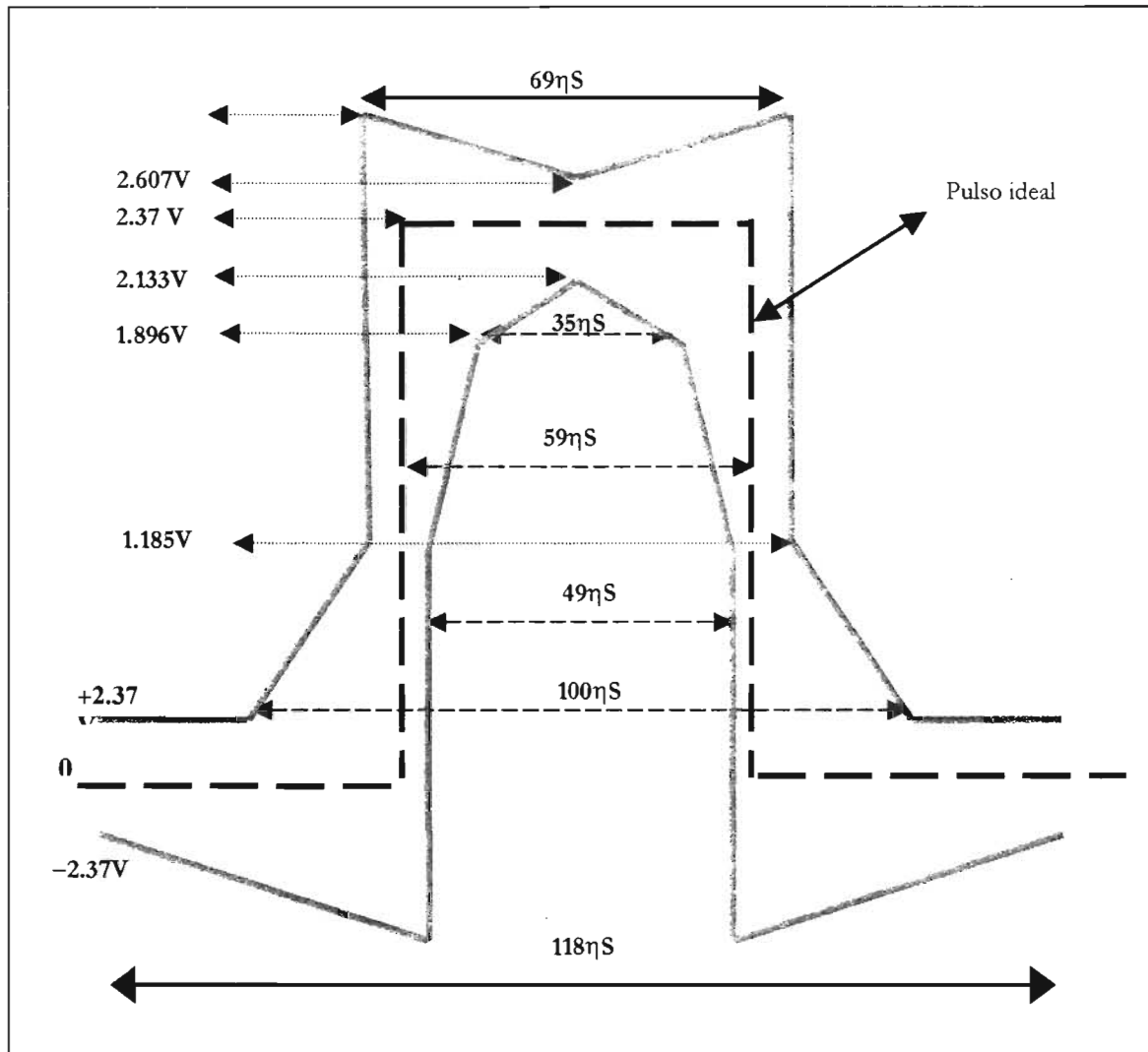


Figura 3.8. Planilla de pulso ATM

ATM VIA E3 34.368 MBIT/S

Reduce los cortes de transmisión para números muy largos de las conexiones multiplexadas primarias, éstas comparten el ancho de banda con ruteadores. De cualquier modo este no puede ser terminado simplemente por una alternativa de transmisión de bytes, la diferencia primaria de la conexión múltiple, como esta puede ser llamada por la sincronización universal de todas las señales estando multiplexado. De cualquier modo, cada una de las interfaces primarias del multiplexado toman un reloj de frecuencia propio o generador local de reloj. Esa pequeña derivación de frecuencia de los canales separados deben estar compensados por inserciones adicionales de justificaciones de bits. Cuando los canales son demultiplexados justifican los bits removiendo y restaurando a la frecuencia del canal original. En

esta dirección, cuatro canales E1 pueden ser multiplexados dentro de un 8.448 Mbit/s E2. y cuatro canales E2 dentro de una 34.368 Mbit/s E3.

La longitud de una transmisión E3 es especificada por la UIT G.751 como 1536 bits, y consiste de cuatro subestructuras de 384 bits cada una. En la primera subestructura, los primeros 10 bits identifican el encendido de la estructura, el bit 11 es usado para la identificación de alarma remota (RAI), el bit 12 está reservado por usos nacionales.

1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	RAI	Res	Bits 13...384
C1	C1	C1	C1									Bits 5...384
C2	C2	C2	C2									Bits 5...384
C3	C3	C3	C3	St	St	St	St					Bits 9...384

RAI: Alarma de Indicación Remota
 Res: Reservado
 Cn: Mapeo de control de bits (bits justificados)
 St: Bits de relleno.

Cuadro 3.4. Transmisión a 34,360 Mbits/s E3 definido por la CCITT G.751

En las subestructuras 2,3 y 4 los primeros 4 bits son usados para las justificaciones del control de frecuencia entre las frecuencias del canal E2 y las frecuencias portadoras del E3. Si las tres "C" bits de la primera columna C1, C2 Y C3 tienen un valor 111, estas indican justificación y el primer relleno de bit ST quiere ser transmitido como un bit negro. Si los tres "C" bits tienen un valor 000, no justifican esta indicación y cargan datos de acarreo en el relleno de bit. El mismo aplica corresponsabilidad al segundo, la tercera y cuarta columna de los bits "C". Como estas indicaciones, el total del ancho de banda de los cuatro canales E" tienen siempre que estar aun más pequeño que los anchos de banda de las conexiones E3, como el ajustamiento puede solo se hecho en una dirección hacia arriba (justificación positiva) . El resultado de la corriente del bit es el código en HDB3 (High Density Bipolar 3), y a 75 ohms cable coaxial que está especificado como una transferencia media por ambas direcciones. El nivel de voltaje es 1.0 volts. Los tres métodos tienen que ser especificados por la transmisión de células ATM por la interface E3.

Parámetros.	Especificaciones.
Velocidad nominal del tren de pulsos.	34368 kb/s \pm 30ppm.
Impedancia.(entrada-salida).	75 Ω
Código.	HDB-3.
Amplitud pico del pulso (estado 1).	1.0 V.
Amplitud pico del pulso (estado 0).	0 \pm 0.1V.
Anchura nominal del pulso.	14.55 nS.
Mascara del pulso (1/2 ciclo).	Ver los límites en la figura.
Cuadro No. 3.1.8.	

Cuadro 3.5. Especificaciones del puerto de salida E3

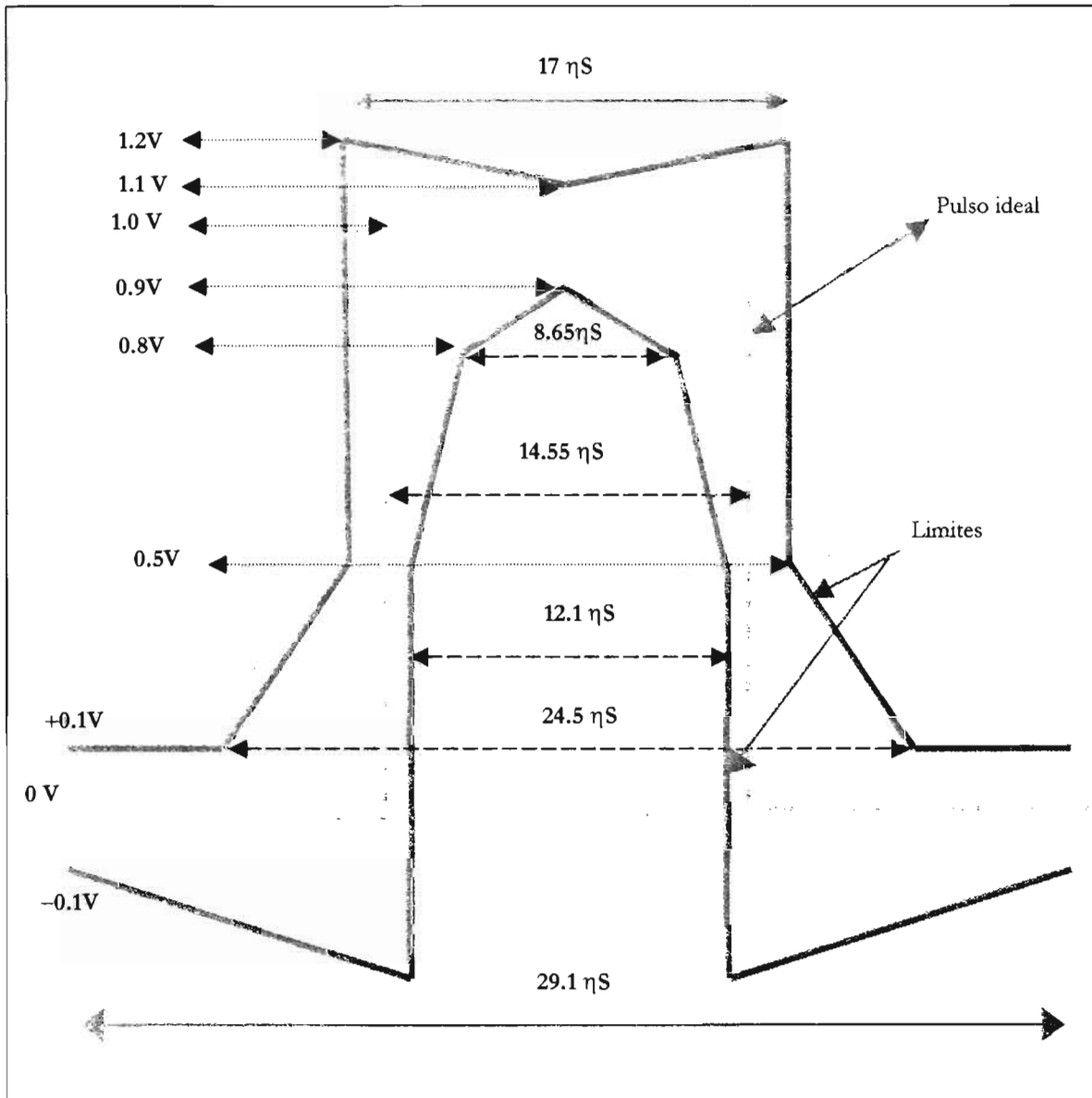


Figura 3.9. Planilla de pulso ATM E3

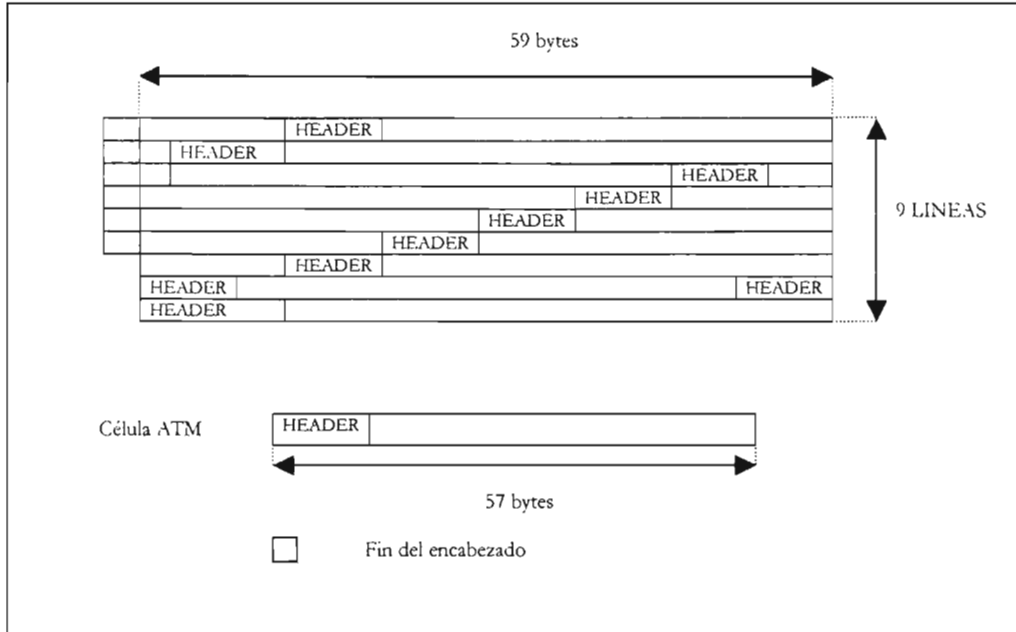


Figura 3.11.

Esta deja bytes de sincronización de células ATM en 530 bytes de carga correspondientes a 10 células ATM. La transmisión de 48 bytes de datos en las células ATM son arrebatados usando el Self-Synchronizing Scrambling (SSS) con un generador polinomial. La carga del mapeo de las células del ancho de banda del ATM en formato E3 trabaja a 30.720 Mbit/s y la eficiencia del ancho de banda es de 89.3%.

El proceso BREATH, nombre que se le dio a un proyecto piloto ATM en Francia, también usado en la transmisión de una E3 pero modificado en la estructura como en los componentes de la estructura original estándar

El BREATH fue desarrollado antes que el G.832. Esta estructura también proviene de la sincronía de bytes de la transmisión de célula ATM. Este tipo de estructura ATM se utiliza en Francia y su importancia es solo local.

ATM VÍA DS3 44.736 MBIT/S.

En Norte América DS3 es el tercero en la jerarquía de multiplexado PDH. El primero de los cuatro es de 1544 Mbit/s en el canal DS2. Siete multiplex DS2 que producen un 44.736 Mbit/s canal DS3 . Un DS3 con longitud de 4760 bits, consiste de siete estructuras de transmisión de 680 bits cada uno.

Cada estructura de transmisión tienen ocho blackes de carga de 84 bits cada uno por una estructura de bits F1, C1, F2,C2,F3 y C3. Estas provienen de 4704 bits por DS3 de la súper trama del dato cargado, corresponde al ancho de banda de 44.210 Mbit/s. La eficiencia del ancho de banda es de 98.8%.

Utiliza un código B3ZS, cable coaxial de 75Ω. Voltaje de ± 1.0 volts.

ATM VÍA E4 139.264 MBIT/S.

E4 es el cuarto multiplexaje de la jerarquía mezclado en Europa por PDH. Un canal E4 crea multiplexajes de cuatro canales E3, la estructura es descrita en la G.751.

El G.751 de 2928 bits de longitud consiste en seis sub tramas de 488 bits cada una. Esta trama es idéntica a la G.751 E3, esta trama es llamada CMI (Coded Mark Inversion) y de transmisión media específica de cable coaxial a 75Ω. El voltaje es de 1.0 volts. Como el E3, hay tres métodos para transmitir las células ATM especiales para E4.

MAPEO DE CÉLULAS ATM DE TRAMAS E4.

Son definidas por la UIT G.804, como la E3, la estructura usada no es la usada en G.751 pues es modificada y descrita en la recomendación G.832.

Las células ATM son transmitidas en byts de sincronía, en el G.832 E4 trama de 2160 bytes.

PLCP mapeo de células ATM para E4.

Es descrito en el estandar ETS 300 215. En este caso, la trama E4 es usado en la transferencia de células de la entramada E4 G.751. La estructura de la trama PLCP es el mismo en principio de el E3 PLCP.

VÍA TRANSFERENCIA DIRECTA E4.

Como la E3, la transmisión directa de las células ATM fueron especificadas para E4 como parte del destacado RACE excepto por el octavo bit con valor de 139.264 Mbit/s, la transmisión es idéntica al E3.

ATM vía 6.312 Mbit/s y 97.728 Mbit/s.

Fué mencionado en el mapeo de células respecto a la trama especificado en G.804 por el PDH de 6.312 y 97.728 Mbit/s usado en Japón.

ITU 1.432: Transferencia directa de células a 155 Mbit/s y 622.080 Mbit/s.

En adición de la transferencia de células ATM vía SDH, la recomendación ITU 1.432 especifica la transferencia de células de 155 a 622 Mbit/s. El valor de la transferencia de 155 Mbit/s es descrito tanto en forma eléctrica como óptica. La transferencia por cable coaxial se recomienda tener una distancia por de bajo de los 200 metros. Por fibra óptica en promedio con puentes de distancia es de 800 a 2000 metros de 155.520 y 622.080 Mbit/s.

ATM Forum: ATM vía STM-1 (155 Mbit/s):STP, UTP-3, UTP-5 y fibra multimodo.

Las especificaciones de ATM Forum para la transferencia directa de células a alta velocidad de 155 Mbit/s utiliza fibra óptica multimodo de diámetro 62.5 μm/125μm y una transmisión de ancho de banda a 500 MHz/Km. La interface opera a una distancia un poco más de 2 Km, y su longitud de onda es de 1310nm. Como alternativa se puede utilizar una fibra óptica de diámetro 50μm.

ATM Forum: ATM vía FDDI infraestructura (TAXI).

El FDI usado para la transferencia de las células ATM se debe reemplazar los chips y poder operar el hardware, el primer chip comercial esta disponible y fue llamado con el nombre de TAXI.

La fibra óptica y las características de la señal a 100 Mbit/s definidas para los estandares FDDI de la ISO 9314-3 es a 62.5μm, fibra óptica multimodo 4B/5B.

Las células ATM son transmitidas en forma de trama de codigo 4B/5B y traslada 4 bits de información en forma de caracteres, cinco códigos de bits de longitud, este resultado desde el requerimiento para un máximo de tres unos consecutivos. De los 32 caracteres diferentes que se pueden generar usando el código 4B/5B sólo 16 son usados para la transmisión de datos de carga. El restante, los otros 16 caracteres son usados en el FDI como línea de estado y control de caracteres, por ejemplo un JK requiere indicaciones de encendido de una FDI, La figura muestra los caracteres de control usados para transferir células ATM.

Cada célula es indicada por transmisión de caracteres de control TT. Diferentes el FDDI, la secuencia JK es usado como un carácter desocupado. Este es recomendable poner como un carácter desocupado para poder transmitir después toda la célula, porque si la célula sincronizada es perdida genera ruido, tiene que estar pendiente del próximo carácter que sincroniza para que pueda ser ejecutado. Enviando un carácter desocupado, después toda la célula limita a esta perdiéndola por causa de problemas de sincronización.

ATM Y EL TELETRABAJO.

Actualmente, la mayoría de las centrales telefónicas ya son digitales permitiendo un mejor intercambio de datos en las redes.

Existen dos tipos de tecnologías digitales:

DSL (Línea Digital de Abonados). Se está implantando y permite mejorar el rendimiento de las líneas de las transmisiones de voz y datos, las cuales son las necesidades más demandadas.

RDSI, cuyo uso se extiende rápidamente. Posee una velocidad de transmisión de 64 Kbps, además de ofrecer hasta 2 tipos de comunicación simultánea.

Solución a los problemas de las redes LAN usando ATM.

En las redes actuales, podemos encontrar los siguientes problemas:

La transferencia de datos muy grandes (del orden de Gigabytes) y el tráfico de la red en aumento.

La solución que los administradores de las redes buscan es la ampliación del ancho de banda, el inconveniente es de que todas las aplicaciones necesitan del mismo ancho de banda, con lo que la asignación fija de un ancho de banda determinado provoca el desaprovechamiento de tan preciado recurso.

La solución es el Modo de Transmisión Asíncrona ATM cuyas principales características son:

- Velocidades de ancho de banda mayores de 1 Gbps.
- Garantías para desarrollar aplicaciones multimedia.
- Capacidad para diferentes tecnologías de acceso (Ethernet, Frame Relay o FDDI).
- Soporta cualquier tipo de datos como voz, texto, imagen, en cualquier tipo de red (LAN o WAN).

SOLUCIONES A LA CONGESTIÓN DE LA RED.

Las redes de área local utilizan tecnologías "store and forward" y encaminadores no orientados a la conexión, de este modo no existe un circuito específico y hay problemas de congestión debido al aumento del volumen de tráfico en la red, el rendimiento de la red disminuye influyendo en las aplicaciones de todos los usuarios, podemos indicar que el ancho de banda se considera como un servicio compartido.

Como ya sabemos ATM se basa en la comunicación orientada a conexión, permitiendo conexiones más fiables entre los usuarios, y principalmente, permitiendo un mejor ancho de banda, ya que para cada tipo de aplicación se reserva una cantidad de ancho de banda. De esta manera, aplicaciones como el correo electrónico usará un ancho de banda acorde con el tráfico de información que cursa, muy diferente al de una aplicación del tipo Multimedia.

INTEGRANDO ATM CON LA RED YA EXISTENTE.

El mejor método para pasar de una red convencional a ATM consiste en proporcionar ATM en primer lugar a aquellos grupos que necesiten un mayor uso de recursos de la red. Esto se realiza mediante tarjetas adaptadoras ATM, que se conectarán con el resto de tarjetas de red mediante puentes permitiendo así introducir ATM de manera suave, sin romper con lo ya establecido.

ATM es capaz de garantizar de que cada protocolo tenga unas determinadas características de servicio. Esto lo hace dando para cada tipo de protocolo existente en esa red un circuito virtual (LANE) con unas características adecuadas a ese protocolo, cualquier aplicación que utilice cualquier tipo de protocolo existente en le mercado, será capaz de acceder a la red ATM, con todas las ventajas que esta ofrece al usuario.

ATM también permite conexiones vía satélite a través de Comsat World Services, que ofrecen dos niveles de servicio.

- Un ancho de banda medio y alto para empresas públicas de telecomunicaciones.
- Otro ancho de banda para clientes con redes multinacionales.

Estos servicios emplean terminales VSAT que son estaciones terrestres móviles, que son capaces de manejar enlaces de alta capacidad con los satélites del sistema fijo INTELSAT y así establecer comunicaciones de videoconferencia y multimedia en tiempo real entre dos lugares opuestos del globo terrestre.

LOS PROBLEMAS DE ATM.

El principal problema que se encuentran las empresas para instalar ATM es el económico. Otro inconveniente es que hasta mediados de 1995 no existía ningún estándar que especificarse como se debía pasar de una red clásica a una red ATM, por lo que las empresas que optaban por el cambio a ATM debían realizar un cambio brusco de su red anterior a ATM.

Además, mientras ATM se ha ido desarrollando, han ido surgiendo tecnologías paralelas que ofrecen altas velocidades en la transmisión de datos y a un precio más accesible.

Ethernet y Token Ring, clásicas usando concentradores. Pueden ofrecer un ancho de banda suficiente para realizar transmisiones multimedia, con límites de 10 y 16 Mbps respectivamente.

100VG-AnyLAN: Ofrece una velocidad de entre 10 y 100 Mbps y ancho de banda dedicado.

Fast Ethernet: Ofrece velocidades de entre 10 y 100 Mbps, pero no ofrece ancho de banda dedicado.

PROGRAMACIÓN EN ATM.

Los programas diseñados para ATM deberán manejar datos en tiempo real, además suministrar datos rápidamente a otros ordenadores y todo esto compartiéndolo con señales concurrentes de audio y video, además de ir informando a la red de la prioridad de lo que se envía, así como del ancho de banda requerido.

Actualmente no existe una aplicación de este tipo, siendo lo que más se aproxima a esta es Winsock 2.0. Otra aplicación parecida es LANE, proporcionada por la propia ATM, que proporciona una interfaz de MAC para IPx no ATM, NetBEUI.

También existe un protocolo IP que adapta redes TCP/IP a ATM, denominado IP sobre ATM.

Winsock 2.0.

Incluye las llamadas Winsock que permiten establecer enlaces, enviar y recibir datos por los enlaces y eliminarlos cuando la comunicación haya finalizado.

Para ATM, Winsock 2.0. permite la calidad en el servicio, con lo que las aplicaciones se pueden negociar el nivel de servicio para un determinado ancho de banda así como prioridades y agrupamiento de socket (conexiones).

Emulación de Red de Área Local (LANE).

LANE intenta que las aplicaciones que actualmente existen trabajan sobre ATM. Esto lo hace ofreciendo un nivel de servicio MAC complementario al que los concentradores de las LAN.

Este permite la utilización de los distintos protocolos de comunicación y los controladores existentes pero no mejora la calidad de servicio. LANE también especifica como han trabajado sobre redes ATM las tres características de la norma IEEE 802 que se trata de la transmisión sin conexión, teleenvío, multienvío de mensajes y direcciones MAC.

LANE define el formato de los paquetes ATM para que ésta trabaje como otra capa física y además, como un adaptador ATM en un terminal puedan trabajar como una interfaz lógica con otro protocolo en ese terminal.

IP SOBRE ATM:

Ha sido necesario especificar cómo colocar paquetes IP en unidades de datos de protocolo y convertirlos en celdas ATM, debido a que IP no reconoce los protocolos de MAC. Esta es la técnica que se conoce como encapsulamiento.

ISDN

La red digital de servicios integrados (ISDN) es una red propuesta diseñada por las compañías importantes de teléfonos en conjunto con la CCITT, y tiene la intención de proporcionar un apoyo de información de voz, datos, video y facsímil dentro de la misma red. Se puede decir que ISDN es la integración de un rango amplio de servicios a una red sencilla de múltiples propósitos y puede interconectar un número ilimitado de usuarios independientes por una red de comunicaciones común. La industria telefónica está implantando el sistema ISDN para que los suscriptores tengan acceso al sistema ISDN utilizando redes telefónicas públicas. Los principios básicos y la evolución de ISDN fueron delineador por el Internacional Consultative Commiteé for Telegraphy and Telephony (CCITT) en su recomendación CCITT 1.120 (1984).

PRINCIPIOS DE ISDN.

Una de las características principales es apoyar a un rango amplio de aplicaciones de voz (teléfono) y datos en la misma red usando un numero limitado de facilidades estandarizadas.

La ISDN apoya a una gran variedad de aplicaciones incluyendo conexiones conmutadas o no conmutadas (dedicadas). Las conexiones conmutadas incluyen conexiones de conmutación de circuito y de paquetes así como sus concatenaciones.

Los servicios a una ISDN deben ser compatibles con conexiones digitales conmutadas de 64 kbps. La conexión digital de 64 kbps es el bloque de construcción básico de ISDN.

Una ISDN contendrá inteligencia para proporcionar características de servicio, mantenimiento y funciones de manejo de la red, pues se espera que proporcione servicios más del simple establecimiento de llamadas de circuitos conmutados.

Una estructura de protocolo en capas debe usarse para especificar los procedimientos de acceso a una ISDN y puedan ser mapeados dentro del modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI). Los estándares ya desarrollados para las aplicaciones relacionadas con OSI pueden usarse para ISDN, tal como X.25 capa 3 para acceso a servicios de conmutación por paquetes.

EVOLUCIÓN Y ARQUITECTURA DE ISDN.

La conectividad de extremo a extremo digital se obtendrá por medio de planta y equipo usados en las redes existentes, como una transmisión digital, multicanalización de tiempo y conmutación multiplexada de división espacial.

La ISDN está diseñada para soportar una conexión física completamente nueva para el usuario, un circuito suscriptor y una variedad de servicios de transmisión.

Una interface física común se define para proporcionar una conexión de interface DTE-DCE. Una interface simple será usada para teléfonos, terminales de computadoras y equipo de video.

Se requieren varios protocolos para permitir que la información de control se intercambie entre el aparato del usuario y la ISDN. Hay tres tipos básicos de canales disponibles con ISDN:

- Canal B: 64 kbps
- Canal D: 16 o 64 kbps
- Canal H: 386, 1536 o 1920 kbps

Los estándares de ISDN especifican que a los usuarios residenciales de la red les sea proporcionado un acceso básico que consiste de tres canales digitales multiplexados en división de tiempo a full duplex, dos funcionando a 64 kbps (designando el canal B como portador) y uno a 16 kbps (designado el canal D para datos). Las velocidades del bit B y D fueron seleccionadas para que sean compatibles con los sistemas de portadoras digitales DS1-DS4 existentes. El canal D se usa para llevar la información de señalización y para intercambiar información de control de la red. Un canal B se usa para la voz codificada digitalmente y el otro para aplicaciones como la transmisión de datos, voz digitalizada y codificada PCM y videotex. El servicio de 2B + D es a veces llamado la interface de velocidad básica (BRI). Los sistemas BRI requieren anchos de banda que puedan acomodar dos canales B de 64 kbps y un canal D de 16 kbps más las tramas, sincronización y otros bits de encabezado para una disponibilidad total de 192 kbps. Los canales H se usan para proporcionar velocidades de bits más alta para servicios especiales tal como un facsímil rápido, video, datos de alta velocidad y audio de alta calidad.

Hay otro servicio llamado servicio primario, acceso primario o interface de velocidad primaria (PRI) que proporcionará múltiples canales de 64 kbps intencionados para usarse por los suscriptores de volumen más alto a la red. En Estados Unidos, Canadá, Japón y Corea la interface de velocidad primaria consiste en veintitrés canales B de 64 kbps y un canal D de 64 kbps (23B + D) para una velocidad de bit combinada de 1.544 Mbps. En Europa, la interface de velocidad primaria utiliza treinta canales B de 64 kbps y un canal D de 64 kbps para una velocidad de bit combinada de 2,048 Mbps.

La intención de que ISDN proporcione un canal B de circuito conmutado con el sistema telefónico existente, pero los canales B de paquetes conmutados para la transmisión de datos en velocidades no estandarizados se tendrán que crear.

El circuito suscriptor y el cable par trenzado que se utiliza para teléfono común, proporciona la trayectoria de la señal física del equipo del suscriptor a la oficina central de ISDN. El circuito del suscriptor debe ser capaz de soportar la transmisión digital de full-duplex para velocidades de datos básicas y primarias. Conforme crece la red, los cables de fibra óptica reemplazarán a los cables metálicos por sus propiedades.

La tabla muestra los servicios propuestos para ser usado por los suscriptores ISDN. BC asigna un canal B de circuito conmutado, BP indica un canal B de paquetes conmutador y D asigna un canal D.

INTERFACE Y CONEXIONES ISDN.

Las unidades e interface del suscriptor son definidas por su función y referencia dentro de la red. Los suscriptores deben tener acceso a la red por medio de dos diferentes tipos de dispositivo de entrada, equipo de terminal de tipo 1 (TE1) y equipo de terminal de tipo 2 (TE2). El equipo de TE1 aporta interfaces de estándares ISDN y, por lo tanto, no requiere de traslación de protocolos. Los datos entran a la red e inmediatamente se configuran al formato del protocolo ISDN. El equipo TE2 se clasifica como no-ISDN y las terminales de computadoras están conectadas al sistema por medio de interfaces físicas tal como el RS-232C y las computadoras hosts con X.25. La traslación entre un protocolo de datos no-ISDN y un protocolo ISDN se realiza en un dispositivo llamado adaptador de terminal (TA). Los adaptadores de terminal convierten datos del usuario en el formato del canal B ISDN de 64 kbps o el canal D de 16 kbps y los paquetes X.25 se convierten a formatos de paquete ISDN. Si se requiere de cualquier señalamiento adicional, se agrega por medio del adaptador de la terminal. Los adaptadores de las terminales también pueden soportar teléfonos

analógicos tradicionales y señales de facsímil usando un canal de servicio de audio de 3.1 kHz. Las señales analógicas son digitalizadas y puestas en el formato ISDN antes de entrar a la red.

Los datos del usuario en puntos asignado como punto S de referencia (sistema) actualmente está en el formato ISDN y proporcionan los datos 2B +D a 192 kbps. Estos puntos de referencia separan el equipo de terminal de usuario de las funciones del sistema relacionadas con la red. Las ubicaciones de punto T de referencia (terminal) corresponden a una terminación mínima de la red ISDN en la ubicación del usuario. Estos puntos de referencia separan el equipo proveedor de la red del equipo del usuario. El punto R de referencia (velocidad) permitirá una interface entre el equipo del usuario compatible no-ISDN y los adaptadores de la terminal. La terminación de red (NT1) proporciona las funciones asociadas con la interface física del usuario y la portadora común y se designa por la letra T (estas funciones corresponden a OSI capa 1). El NT1 es una frontera a la red y puede controlarse por el proveedor de ISDN. El NT1 realiza funciones de mantenimiento de línea y apoya a múltiples canales a nivel físico (2B + D). Los datos de 4 todos los canales están juntos multiplexados por división de tiempo. Los dispositivos de la terminal 2 de la red son inteligentes y pueden realizar funciones de concentración y conmutación (OSI capa 3). Las terminaciones de NT2 también pueden usarse para terminar varias conexiones de punto S y proporcionar funciones de conmutación local y conversiones de dos hilos a cuatro hilos y de cuatro hilos a dos hilos. Los puntos de referencia U se refieren a los interfaces entre el circuito del suscriptor de portadora común y el conmutador de la oficina central. Un circuito U es el punto de interface del medio entre un NT1 y la oficina central. La terminación de la red 1,2 (NT12) constituye una pieza de equipo que combina las funciones de NT1 y NT2. Los circuitos U son terminados en la oficina central por una unidad de terminación de línea (LT), la cual proporciona funciones de interface de capa física entre la oficina central y las líneas del circuito.

SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN SOPORTADOS POR ISDN

CONCEPTOS DE SERVICIO

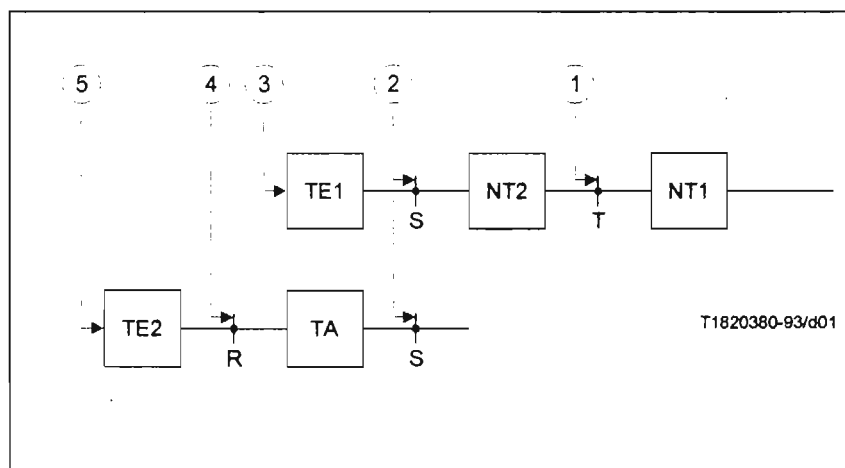
Los servicios soportados por una RDSI son las capacidades de comunicación ofrecidas a los clientes por los proveedores de servicios de telecomunicación. Una RDSI proporcionará un conjunto de capacidades de red que vienen definidas por protocolos y funciones normalizados y que permiten que se ofrezcan servicios de telecomunicación a los clientes.

La prestación de un servicio, por un proveedor de servicios de telecomunicación a un cliente conectado a una RDSI puede comprender la totalidad o sólo una parte de los medios necesarios para soportar totalmente el servicio. El concepto de servicio incluye los aspectos comerciales y operacionales asociados a la provisión del servicio.

La clasificación y descripciones de servicios que siguen a continuación son independientes de las diversas disposiciones que se adopten con respecto a la propiedad y a la provisión al cliente de los medios necesarios para soportar un servicio. Por tanto, la Administración puede ofrecer al cliente servicios o medios de soporte de servicios.

Según las configuraciones de referencia definidas en la Recomendación I.411, los clientes pueden acceder a los distintos servicios de telecomunicación por puntos de acceso diferentes. La Figura siguiente se muestran estos puntos de acceso.

Esta figura tiene en cuenta el hecho de que el proveedor de la red puede ofrecer a un cliente conectado a una RDSI la totalidad o sólo una parte de los medios necesarios para soportar totalmente el servicio.



Acceso del cliente a los servicios soportados por una RDSI

Las definiciones de los puntos de acceso representados en la Figura 1 son las siguientes:

- i) Los puntos de acceso 1 (punto de referencia T) y 2 (punto de referencia S) son los puntos de acceso para los servicios portadores soportados por una RDSI. La elección entre los puntos de acceso 1 (T) y el 2 (S) depende de la propiedad y de la forma de prestación (al cliente) del equipo de comunicaciones en los locales del cliente. En lo que sigue, la clasificación y la descripción de los servicios son independientes de las diferentes disposiciones que puede adoptar esa provisión.
- ii) En el punto de acceso 4 (punto de referencia R), según el tipo de adaptador de terminal provisto, puede accederse a otros servicios normalizados por el CCITT, como por ejemplo servicios conformes a las Recomendaciones de las series X y V.
- iii) En los puntos de acceso 3 y 5 (interfaz usuario-terminal) se accede a teleservicios. El concepto de teleservicio incluye las capacidades del terminal.

En los puntos de acceso 1 y 2 pueden conectarse las siguientes entidades de cliente:

- terminales de cliente;
- sistemas de cliente: por ejemplo, centralitas automáticas privadas (PABX), redes de área local (LAN), sistemas de venta de servicios;
- redes privadas.

NOTA – Los terminales y sistemas de cliente pueden ser privados o proporcionados por las Administraciones.

Todos los equipos de cliente conectados a una interfaz de RDSI en uno de estos puntos de acceso deberían cumplir las especificaciones de los protocolos aplicables en esa interfaz para todas las capas comprendidas en la definición del servicio de telecomunicación utilizado.

En el caso de algunos servicios de telecomunicación, la definición del servicio abarca también algunas funciones y características del terminal además de las especificadas por los protocolos en la interfaz. Esto se relaciona en particular con los teleservicios, y también con los servicios suplementarios

CLASIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ISDN DE BANDA ANCHA

En esta subcláusula se clasifican los servicios de banda ancha, se definen las clases de servicios y se presentan ejemplos de los servicios de cada clase que, según lo propuesto, podría soportar la RDSI de banda ancha.

Esta clasificación no tiene en cuenta el lugar en que se realizan las funciones, es decir, en la red o en los terminales. Para esta clasificación se considera principalmente el punto de vista de la red y no el del usuario.

Según sus funciones de comunicación y sus aplicaciones, los servicios que ha de soportar la RDSI-BA pueden normalizarse internacionalmente, y la Administración puede ofrecerlos como servicios portadores o teleservicios.

Atendiendo a las diferentes formas de la futura comunicación de banda ancha y a sus aplicaciones, se han distinguido dos categorías principales de servicios, los servicios interactivos y los servicios de distribución. Los servicios interactivos se dividen en tres clases, servicios conversacionales, servicios de mensajería y servicios de consulta. Los servicios de distribución están integrados por los servicios de distribución sin control de la presentación por el usuario y servicios de distribución con control de la presentación por el usuario

DEFINICIÓN DE CLASES DE SERVICIO.

servicios conversacionales: Los servicios conversacionales proporcionan en general los medios para una comunicación bidireccional con transferencia de información en tiempo real (sin almacenamiento ni retransmisión) de extremo a extremo, entre usuarios o entre un usuario y un ordenador principal (por ejemplo, para tratamiento de datos). El flujo de la información de usuario puede ser bidireccional simétrico, bidireccional asimétrico y, en ciertos casos concretos (por ejemplo, en la vigilancia por vídeo), unidireccional. La información es producida por el usuario o usuarios emisores y se dirige a uno o más coparticipes de la comunicación situados en el lado receptor.

Son ejemplos de servicios conversacionales de banda ancha la videotelefonía, la videoconferencia y la transmisión de datos a alta velocidad.

servicios de mensajería: Los servicios de mensajería ofrecen la comunicación de usuario a usuario entre usuarios individuales por medio de unidades de almacenamiento con funciones de almacenamiento y retransmisión, de buzón electrónico y/o tratamiento de mensajes (por ejemplo, edición, tratamiento y conversión de información).

Son ejemplos de servicios de mensajería de banda ancha los servicios de tratamiento de mensajes y los servicios de correo electrónico para imágenes en movimiento (películas), imágenes de alta resolución e información audio.

servicios de consulta: El usuario de los servicios de consulta puede consultar la información almacenada en centros de información para uso público. Esta información se enviará al usuario solamente si la solicita. La información puede consultarse individualmente. Además, el usuario controla el instante en que debe comenzar una secuencia de información.

Como ejemplos pueden mencionarse los servicios de consulta de banda ancha para películas, imágenes de alta resolución, información audio e información de archivos.

servicios de distribución sin control de la presentación por el usuario: Estos servicios abarcan los servicios de difusión. Proporcionan un flujo continuo de información que es distribuido desde una fuente central a un número ilimitado de receptores autorizados conectados a la red. El usuario puede acceder a este flujo de información, sin la posibilidad de determinar en qué instante debe comenzar la difusión de la cadena de información. El usuario no puede controlar el comienzo ni el orden de presentación de la información difundida. Dependiendo del momento en el que se produce el acceso del usuario, puede que la información no sea presentada desde el comienzo.

Son ejemplos de estos servicios los servicios de radiodifusión de programas de televisión y de audio.

servicios de distribución con control de la presentación por el usuario: Los servicios de esta clase distribuyen también información desde una fuente central a un gran número de usuarios. Sin embargo, la información se proporciona como una secuencia de entidades de información (por ejemplo, tramas) con repetición cíclica. Por tanto, el usuario puede tener acceso individual a la información distribuida cíclicamente, y controlar el instante de comienzo y el orden de presentación. Debido a la repetición cíclica, las entidades de información seleccionadas por el usuario se presentarán siempre desde el comienzo.

Un ejemplo de estos servicios es la videografía con difusión por canal completo.

ASPECTO MULTIMEDIO

La mayoría de los servicios de banda ancha entrañan inherentemente más de un tipo de información. Estos servicios se denominan servicios multimedia (véase la Recomendación I.374). Por ejemplo, la videotelefonía incluirá audio, video y posiblemente alguna forma de datos. Otros tipos de información pueden ser, por ejemplo, texto y gráficos. Se recomienda un método estructurado para el desarrollo de los servicios multimedia con el fin de asegurar:

- la flexibilidad para el usuario;
- la simplicidad para la operadora de red;
- el control de las situaciones de interfuncionamiento;
- la comunidad de diseño de los terminales y de los componentes de la red.

La RDSI-BA proporciona facilidades de control independiente de la comunicación y de la conexión que deben explotarse para facilitar el logro de los objetivos mencionados anteriormente. La RDSI-BA permitirá, dentro de una misma comunicación asociada con un servicio específico, establecer varias conexiones, cada una de las cuales podrá estar asociada con un tipo de información específico. La RDSI-BA permitirá la adición y/o supresión de tipos de información adicional facultativos durante una comunicación.

Por tanto, se recomienda que los servicios multimedia se desarrollen con arreglo a los siguientes principios:

- deberá existir un conjunto limitado de tipos de información normalizados;
- deberá controlarse la asociación de servicios y tipos de información normalizados, pero de manera flexible.

DEFINICIÓN DE TELESERVICIOS

Los valores de atributo de transferencia de información y de acceso para teleservicios indicados en las descripciones de servicio son los valores propuestos cuando se utilizan capacidades portadoras en modo circuito y en modo paquete de la RDSI. En el caso de la telefonía sólo se utiliza el modo circuito. Se permiten realizaciones en que se utilizan otros valores de atributo de capa inferior, pero quedan para ulterior estudio. Desde el punto de vista del interfuncionamiento de servicios conviene que las posibles combinaciones de valores atributos de capa inferior de los teleservicios sean los mismos que los de las capacidades portadoras de los servicios portadores definidos en las Recomendaciones de la serie I.230.

Hasta el presente se han identificado los siguientes teleservicios que habrán de ser soportados por la RDSI:

- I.241.1 Telefonía
- I.241.2 Teletex
- I.241.3 Telefax 4
- I.241.4 Modo mixto
- I.241.5 Videotex
- I.241.6 Télax

Definiciones textuales de teleservicios

Telefonía

El «servicio telefónico» permite a los usuarios la conversación en tiempo real, en ambos sentidos de transmisión, a través de la red.

Teletex

El teletex es un servicio internacional que permite a los abonados intercambiar correspondencia de oficina en forma de documentos que contienen información con codificación teletex, automáticamente, de memoria a memoria, a través de la RDSI.

Telefax 4

Servicio internacional que permite a los abonados intercambiar automáticamente a través de la RDSI, correspondencia de oficina en forma de documentos que contienen información con codificación facsímil.

Modo mixto

Servicio que permite la comunicación combinada de texto y facsímil (modo mixto) para la transferencia de extremo a extremo de documentos que contienen información mixta de texto e imágenes fijas. Los atributos de capa superior se basan en las Recomendaciones para el teletex y el telefax 4.

Videotex

El servicio videotex en la RDSI es una modalidad mejorada del servicio videotex existente, con funciones de recuperación y apartado (o buzón) de correo para información textual (alfabética) y gráfica.

Télex

Servicio que permite la comunicación interactiva de textos. La señal digital en el punto de referencia S/T se ajusta a Recomendaciones aprobadas a nivel internacional para el télex por encima de la capa física de la RDSI.

SISTEMAS ÓPTICOS.

RESEÑA HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS.

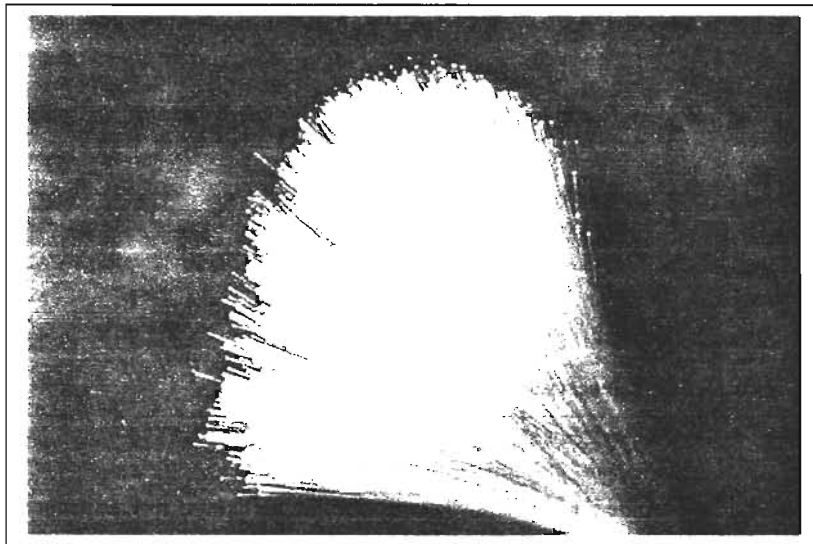


Figura 3.12. Fibra Óptica.

Desde épocas muy remotas han existido sistemas de transmisión óptica. Durante la revolución francesa, en la década de 1790, se construyó un sistema de telegrafía que se extendía por toda Francia y que utilizaba semáforos contruidos en las cimas de las colinas. Las fuentes de luz, los detectores luminosos y los medios de transmisión eran lentos y poco confiables.

A finales del siglo XIX, en 1880, Alexander Graham Bell inventó el "Fotófono", que es un aparato gracias al cual se comprueba que la luz puede servir para transportar la voz humana.

Para esto, A.G. Bell enfoca la luz proveniente del sol por medio de un pequeño espejo fijado sobre la membrana vibrante de un micrófono. Las vibraciones acústicas del espejo provocan que el haz de luz reflejado fuera más o menos divergente, de esta forma Bell había producido un haz de luz modulado en amplitud, el cual recuperó, 200 m más lejos, con la ayuda de un gran espejo parabólico en cuyo centro colocó un detector de selenio. Este detector, cuya resistencia eléctrica es función de la cantidad de luz que incide sobre él, se colocó en serie con una batería y un audífono.

Gracias al descubrimiento de fuentes luminosas de gran intensidad, se han empleado sistemas que portan mensajes luminosos codificados en clave Morse como medio de comunicación entre barcos, en un periodo que incluye hasta la Segunda Guerra Mundial. La invención del láser -fuente de luz potente, coherente y direcciones hizo nacer la esperanza de aumentar el alcance de esas comunicaciones. Sin embargo, las dificultades se originan en el mismo medio en donde se efectúa la propagación, es decir, en la atmósfera.

LA FIBRA ÓPTICA COMO CANAL DE TRANSMISIÓN.

Las primeras telecomunicaciones ópticas en la atmósfera libre tropezaron con los mismos inconvenientes que las transmisiones por microondas. Así como se utilizaron guías de onda con atmósfera controlada para limitar la atenuación de las microondas, se visualizó la idea de controlar el medio de propagación de la luz. Las ondas luminosas se propagan dentro de un cilindro de vidrio extremadamente puro y o absorbente. La fibra como un medio de transmisión, se caracteriza entre otras cosas por:

- Apertura numérica, NA ($0 \leq NA \leq 1$)
- Atenuación, A (dB/km.)
- Dispersión, y (ns/km.)

En 1884 un físico irlandés, John Tyndall, demostró que la luz podía ser guiada por un chorro de agua, aun cuando estuviese curvado, mostró que la luz que se propaga en un medio con alto índice de refracción no puede penetrar en un medio que tiene un índice más bajo, cuando esta luz llega con un ángulo suficientemente pequeño, este principio, conocido con el nombre de reflexión total interna es la base del funcionamiento de una fibra óptica, ya que permite confinar la luz al medio de más alto índice. Sin embargo, no fue sino hasta 1927 que el inglés J. L. Baird y el americano C. W. Hansell, al registrar sus patentes, dieron la posibilidad de transmitir imágenes empleado fibras de silicio.

Más tarde, las fibras de plástico se utilizaron en medicina para alumbrar lugares de difícil acceso; sin embargo, estas fibras eran poco eficaces. Gracias a los trabajos de A. C. S. van Heel y de N.S. Kapany a fines de la década de 1950, la introducción de la fibra de una cubierta protectora de menor índice y la utilización de haces de fibras, permitieron que esta tecnología evolucionara y llegara a aplicarse sobre todo el campo en el campo de la medicina. La endoscopia fue el beneficio más grande que se obtuvo de estos procesos.

No fue sino hasta el año de 1966 que, gracias a una publicación científica de K.C. Kao y G.Z. Hockhan, se consideró seriamente la posibilidad de utilizar fibras como canal de transmisión en las telecomunicaciones. Sin embargo, esta utilización necesitaba el logro de procesos tecnológicos tanto en el ámbito de las fibras como las fuentes de la luz.

La primera fuente coherente de luz se inventa a principios de la década de 1960. Esta fue el **láser**; el invento tuvo el mérito de revivir la idea de utilizar la luz para transportar la información. Sin embargo, los primeros rayos láser de gas eran demasiados voluminosos como para utilizarlos fácilmente en las telecomunicaciones mediante fibra óptica.

La invención del láser y del diodo semiconductor electroluminescente de pequeñas dimensiones, permitió considerar el futuro con optimismo. Antes de 1970, estas fuentes semiconductoras presentaban mayores inconvenientes. Por una parte, su vida era corta y, por la otra, como estaban hechas de arseniuro de galio, la emisión era 0.95 mm, que es una longitud de onda en la que las fibras son poco transparentes. El desarrollo, después de 1970, de fuentes que utilizaban semiconductores de arseniuro de galio y de aluminio y que permitían entre 0.8 y 0.9 mm (para estas longitudes de onda la fibra es transparente) produjo grandes esperanzas. Estas fuentes se perfeccionaron a tal grado que su vida pasa de dos

horas a un millón de horas en el año de 1979. Durante este tiempo, la tecnología de las fibras experimenta también un progreso considerable.

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR FIBRA ÓPTICA.

Los recientes progresos de la tecnología en rayos láser semiconductores y fibras ópticas de baja atenuación hacen posible la realización de sistemas de telecomunicación mediante fibras ópticas como canal de transmisión.

Descripción General.

En su forma más simple, un sistema de comunicación por fibra óptica está constituido por tres elementos:

- Un módulo de emisión, que tiene por función transformar la información en forma de señal eléctrica a información en forma de luz. A este módulo se le llama **Emisor Óptico**.
- Un canal transmisión de la luz, que es la **Fibra Óptica**.
- Un módulo de recepción que tiene por función transformar la información óptica recibida en información con la forma de señal eléctrica; se le llama **Receptor Óptico**.

Las transmisiones a distancias demasiado grandes pueden necesitar la utilización de uno o varios repetidores, cuya función es amplificar la señal óptica. Un repetidor está constituido por un receptor óptico seguido por un emisor óptico.

El emisor óptico contiene la fuente de luz, que puede ser un diodo electroluminescente o un diodo láser. El receptor óptico contiene el detector óptico, el cual puede ser un fotodiodo o un fototransistor.

El emisor y el receptor ópticos están dotados de conectores que permiten acoplar la fuente y el receptor de la luz a la fibra. El canal de transmisión puede contener conectores que le permitan acoplar dos fibras entre sí.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS EN FIBRA ÓPTICA.

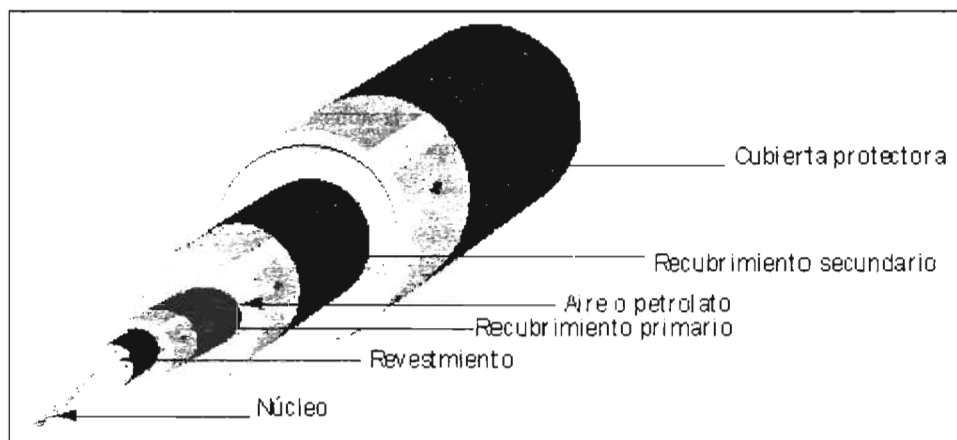


Figura 3.13. Características físicas de la fibra óptica

El núcleo que consiste de vidrio de cuarzo, tiene un índice de refracción más alto que el revestimiento de vidrio, cuarzo o plástico que lo rodea. A su vez la superficie del revestimiento está protegida por una cubierta primaria de acrilato. La fibra está protegida contra esfuerzos mecánicos debidos al cableado, instalación, cambios de temperatura, etc., ya que usualmente se coloca libre en el tubo que forma la cubierta secundaria.

- La velocidad de transmisión más rápida, ya sea en datos, voz o vídeo.
- El más bajo porcentaje de error de transmisión.
- Total inmunidad a interferencia de electromagnética o de radio frecuencia.
- Resistencia a la corrosión, fuego y químicos.

VENTAJAS POTENCIALES.

Con respecto a los sistemas tradicionales de comunicación, los sistemas por fibra óptica poseen:

Baja Atenuación: Gracias a la baja atenuación de las fibras actuales se puede acrecentar la distancia entre las repetidoras en un sistema de comunicación por fibra óptica. De esta forma, si se disminuye el número de repetidoras se aumenta la confiabilidad del sistema.

Aislamiento Eléctrico: Las fibras se hacen de materiales aislantes eléctricos (vidrios, plásticos). Esto hace que las interferencias electromagnéticas externas no perturben la transmisión en la fibra. La transmisión será de muy alta calidad sin que se necesite una protección costosa contra el ruido electromagnético externo. Esto es una gran ventaja en lugares donde se producen variaciones bruscas de tensión y de corriente. Las fibras ópticas no sufren centelleos ni cortocircuitos, lo que las hace seguras en las fabricas de explosivos o de productos químicos y petroquímicos.

Peso y Dimensiones: Un cable de fibra óptica es, por lo menos, 10 veces más ligero y más compacto que un cable coaxial clásico. Esta reducción de peso y dimensiones permite economizar el transporte y la instalación de cables; constituye también una ventaja neta para la instalación en aviones, barcos y en cualquier lugar donde el espacio sea limitado.

Gran Banda de Paso: Una fibra óptica, gracias a su gran capacidad de banda pasante, permite reemplazarla en varios canales de transmisión clásicos, lo que es un importante logro económico.

Diafonia: Como una fibra óptica no radia ni capta radiación externa, esta completamente exenta de diafonía, lo que proporciona una transmisión con muy buena calidad.

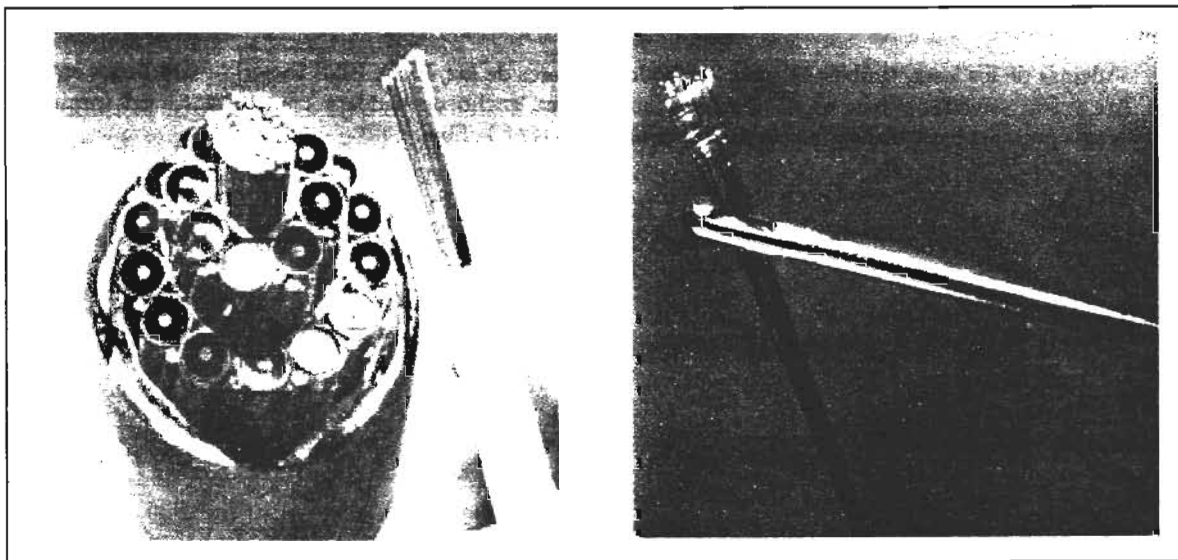


Figura 3.14. Comparación del cable coaxial con cable fibra óptica.

CAMPOS DE APLICACIÓN DE FIBRA ÓPTICA.

Los campos de aplicación de las fibras ópticas son numerosos. A continuación se listan los principales:

Telefonía:

Enlaces sin repetidora entre centrales telefónicas.

Enlaces interurbanos con repetidoras.

Enlaces transoceánicos por cable óptico submarino.

Transmisión de datos.

Distribución de gran capacidad entre los abonados de servicios telefónicos, videofónicos y de transmisión de datos.

Televisión:

Distribución por cable.

Enlaces cámara-estudio.

Teleconferencias.

Sistemas de seguridad

Informática:

Enlaces entre computadoras.

Enlaces entre computadoras y periféricos.

Conexión de material de oficina.

Enlaces internos de material informático.

Área militar:

Comunicaciones tácticas.

Aviación (helicópteros, interceptores).

Marina (submarino, barcos).

ENLACE POR FIBRA ÓPTICA.

La razón por la cual la fibra óptica se volvió económicamente viable en los comienzos de la década de los 80's fue en parte que el LÁSER, construido en 1959, había alcanzado cualidades suficientemente buenas en lo que a expectativa de vida y precio se refiere y por otra parte, que las fibras ópticas habían alcanzado bajos valores de atenuación.

Muchas de las propiedades del láser no pueden aun ser explotadas, por ejemplo, el pequeño ancho de banda y la coherencia de la luz del mismo. En la actualidad los láser son usualmente fabricados a partir de materiales semiconductores (Diodo láser, LD).

Además de los láser, también se usan los diodos emisores de luz, LED. Ellos fueron desarrollados en la década de los 70's y son sencillos y baratos. Emiten una luz de gran ancho de banda y como irradian en forma esférica, solamente una pequeña parte de la potencia puede ser introducida en la fibra.

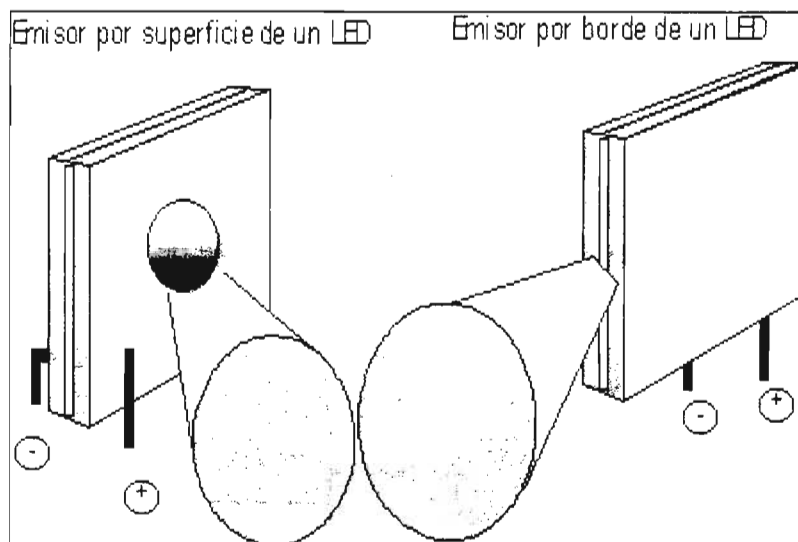


Figura 3.15. Emisores ópticos.

FIBRAS ÓPTICAS Y CABLES.

Gracias a los trabajos de Charles Kao, la técnica de procesamiento de la fibra óptica se incremento drásticamente hacia la mitad de la década de 1960, por lo que la pureza de la materia prima aumento y la atenuación disminuyo. De una atenuación de 5 dB/km. (Al rededor de 20 dB/km. a las más altas frecuencias usadas en la actualidad).

No solo se ha mejorado el comportamiento óptico de los cables de fibras, sino también su comportamiento mecánico, es decir, su capacidad para soportar tirones, compresiones y flexiones.

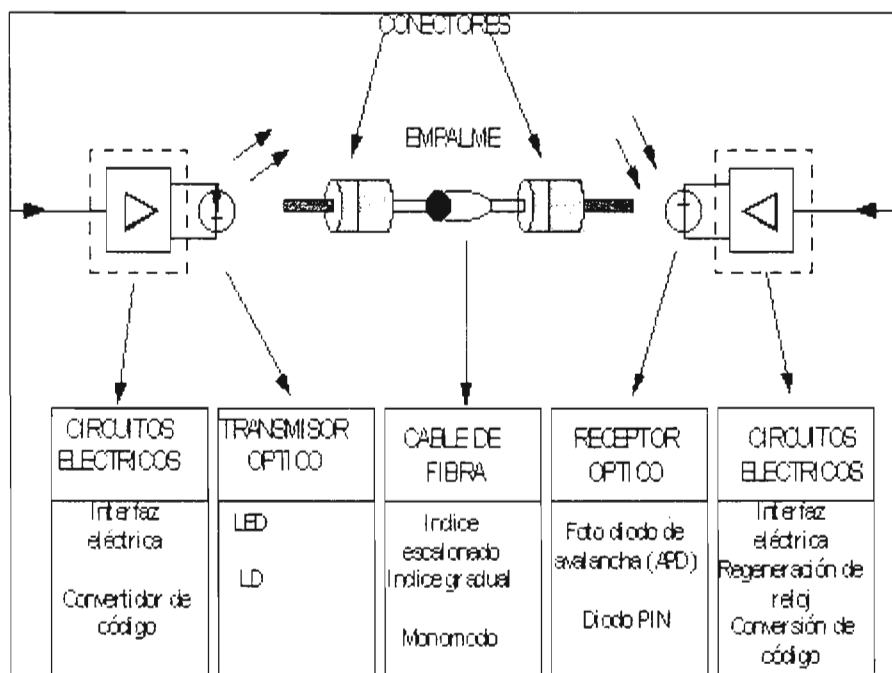


Figura 3.16. Empalme fibra Óptica.

TRANSMISORES ÓPTICOS.

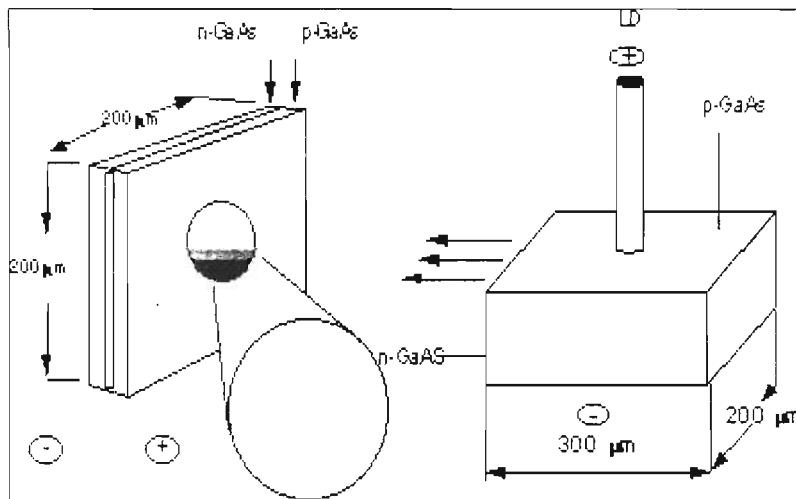


Figura 3.17. Transmisores Ópticos.

RECEPTORES ÓPTICOS.

En las comunicaciones por fibra óptica se usan como detectores de luz, principalmente los diodos PIN y APD. El comportamiento de estos semiconductores ha sido constantemente mejorado, especialmente en los que se refiere al tiempo de elevación del pulso y sensibilidad. En la actualidad se presentan en tamaños adecuados para ser acoplados en las fibras ópticas.

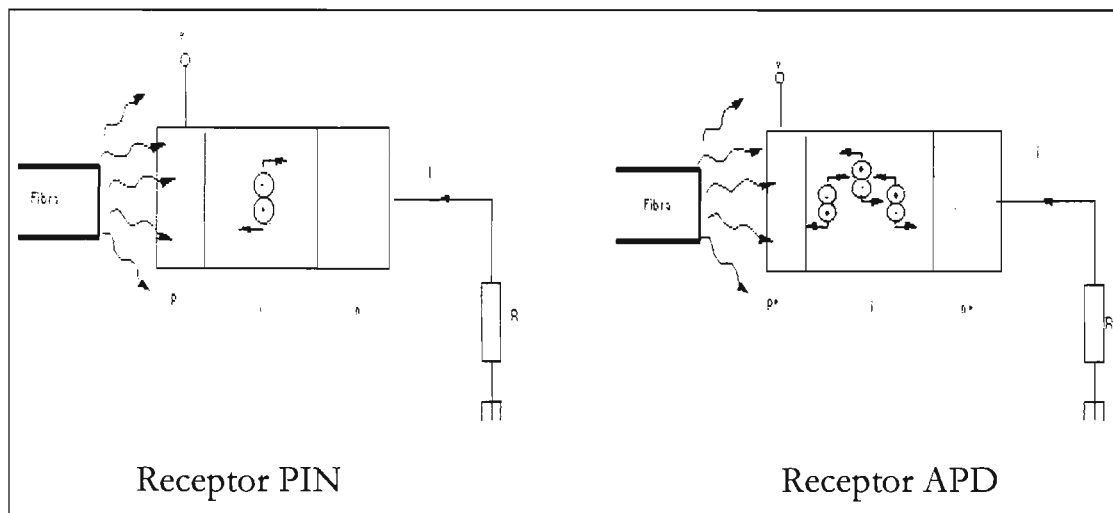


Figura 3.18. Receptores de Fibra Óptica

TRES PRINCIPALES TIPOS DE FIBRAS

La fibra clásica cuya fabricación es mas fácil, es la **Fibra Multimodo** de índice escalonado. Esta tiene una gran dispersión para reducirla se crearon otros tipos de fibras.

Fibra de índice escalonado: Tiene dispersión reducido ancho de banda y son de bajo costo, dado que resultan tecnológicamente sencillas de producir. La fibra de índice escalonado puede no tener cubierta; es la mas simple, pero también la de menor eficiencia. Esta fibra puede tener un diámetro $2a$, hasta de un milímetro o mas. La fibra de índice escalonado de buena calidad posee cubierta.

Estas fibras, utilizadas por lo general para uniones de corta distancia, tienen diámetros del núcleo $2a$ que varían de 10 a 200 μm y diámetros de cubierta $2b$ que varían de 150 a 250 μm . Su apertura numérica es de alrededor de 0.3. Para un kilómetro de fibra el retraso Dt varia de 20 a 2ns y la banda pasante de 20 a 200 Mhz.

La fibra de índice gradual: Mas costosas pero de gran ancho de banda. Se puede disminuir la dispersión haciendo variar lentamente el índice de refracción entre el núcleo y el recubrimiento. La fibra de índice gradual es mas difícil de fabricar y se utiliza en los enlaces de mas alta capacidad de información. El perfil del índice es pseudoparabólico. El diámetro del núcleo $2a$ es generalmente de 50 μm y el de la cubierta de 125 μm . La apertura numérica es alrededor de 0.2. El retraso esta en una función de la optimización del perfil del índice, del ancho de banda espectral y de la longitud de onda de la fuente luminosa utilizada. Para un kilómetro de fibra, el retraso Dt varia de 800 a 200 ps y la banda pasante de 500 a 1500 Mhz.

La fibra monomodo: Las dimensiones del núcleo son comparables a la longitud de onda de la luz, por lo cual hay un sólo modo de propagación y no existe dispersión. Este tipo de fibra que promete en las telecomunicaciones a gran distancia con elevada eficiencia, todavía permanece en el campo de las investigaciones. En la fibra monomodo el diámetro del núcleo es tan pequeño que solo existe un modo de propagación, el diámetro del núcleo $2a$ es alrededor de 6 a 8 μm , mientras que el diámetro de la cubierta es de 125 μm . La diferencia relativa de índice D es del orden de 0.005. Para este tipo de fibra se consideran posibles bandas pasantes a los 50 Ghz por kilómetro.

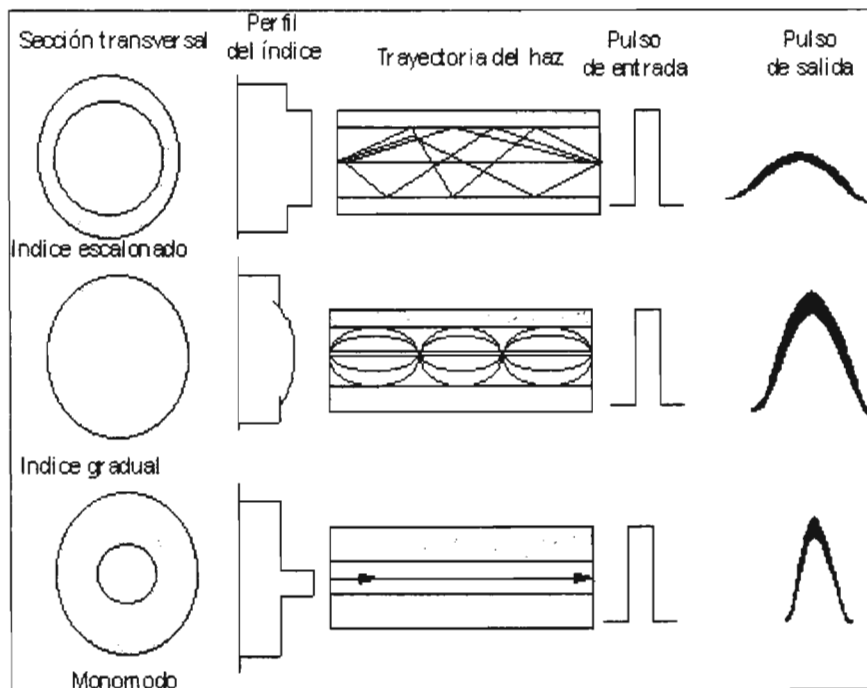


Figura 3.19. Pulsos entrada salida de la señal en fibra óptica.

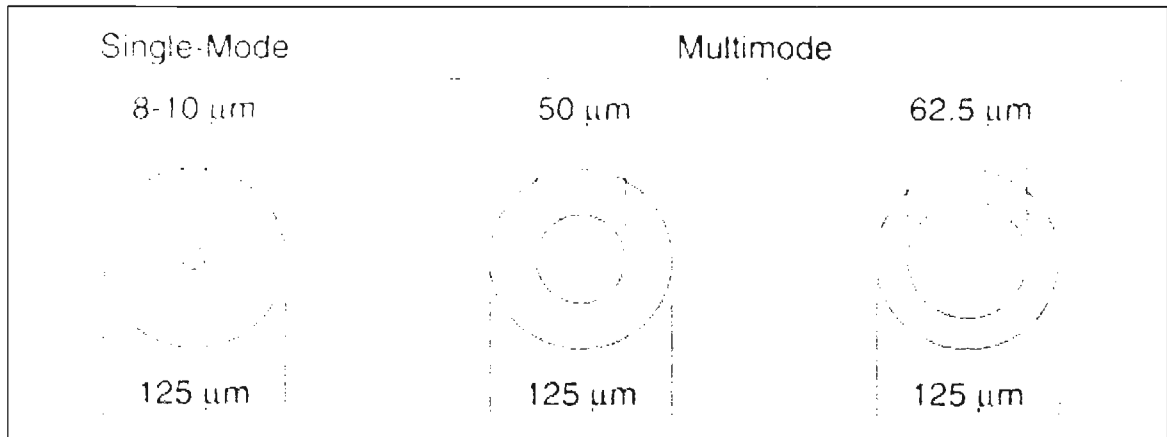


Figura 3.20. Dimensiones físicas de la fibra óptica monomodo y multimodo

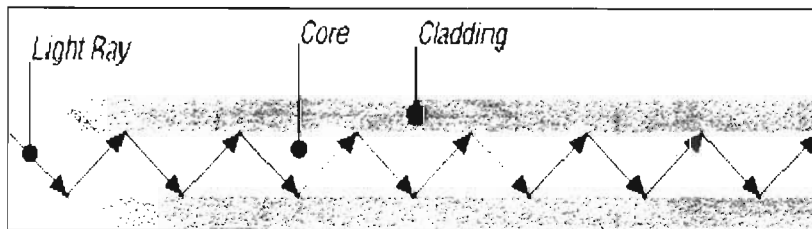


Figura 3.21. Fibra óptica transportando un haz de luz.

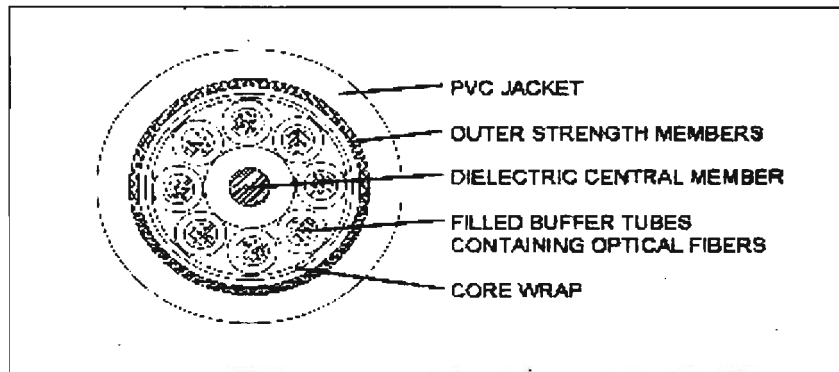


Figura 3.22. Constitución del cable fibra óptica con membrana dieléctrica central.

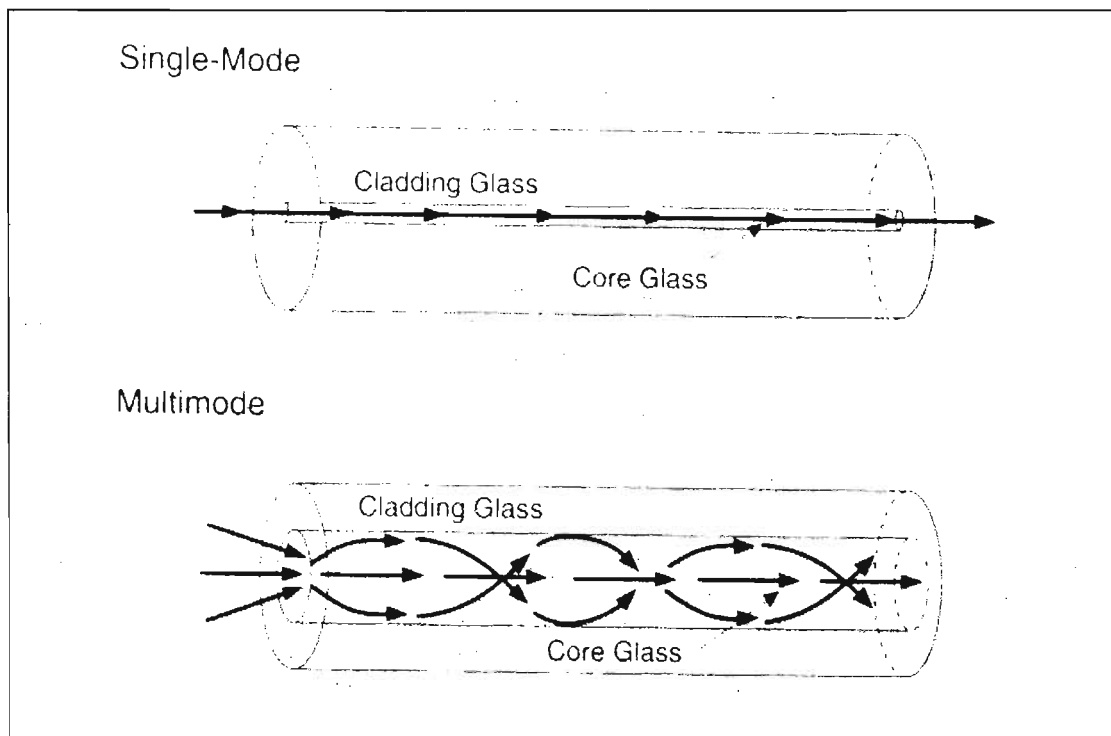


Figura 3.23. Comportamiento del haz de luz en fibra óptica monomodo y multimodo

MEDIOS DE TRANSMISIÓN.

UTP: 8 hilos, Unshielded Twisted Pair.

RDI: Corresponde a un modelo de redes superpuestas; en una variante de la RDSI. Está formada por 3 grandes redes de transporte: la red digital terrestre, la satelital multiusuario y la red de conmutación de paquetes de datos. El servicio de RDI es proporcionado actualmente por teléfonos de México (TELMEX).

La Red Digital Terrestre: Permite establecer conexiones digitales desde el domicilio del usuario por medio de fibra óptica y radios de microondas urbanos. También es posible obtener servicios de troncales digitales, números de grupos de gran capacidad, marcación directa a extensión, circuitos digitales de alta velocidad punto a punto y se pueden formar grupos cerrados con circuitos digitales privados (nacionales e internacionales) sin pasar por la red pública.

La Red Satelital: Multiusuario cubre las áreas que no cuentan con servicio de la red terrestre. Actualmente la red satelital de TELMEX cuentan con estaciones terrenas maestras en las ciudades de México, Monterrey, Guadalajara, Tijuana, Pto. Vallarta y Hutulco.

Por medio de estas estaciones es posible ofrecer servicios de enlaces punto a punto con velocidades de transmisión de 9.6 Kbps hasta 2.048 Mbps, utilizando protocolos de transmisión estandarizados y con gran disponibilidad.

La red de conmutación de paquetes de datos permite la transferencia electrónica de datos, acceso a bases de datos (videotexto) y el uso de correo electrónico entre empresas o instituciones.

TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN.

Elección de Materiales.

Una fibra óptica esta constituida por dos cilindros concéntricos de materiales dialécticos. Para que haya propagación de la luz por reflexiones internas totales, el índice de refracción del material que constituye el cilindro interior (núcleo de la fibra) debe ser ligeramente superior al índice de refracción del material que constituye el cilindro exterior (cubierta de la fibra). El perfil del índice puede variar bruscamente en la interfaz nucleo-cubierta (fibra de índice escalonado) o aumentar gradualmente de la cubierta hacia el centro (fibra de índice gradual).

Estos materiales deben ser elásticos para tomar la forma de fibra. También deben ser transparentes para las longitudes de onda luminosa que se inyecten a la fibra. A causa de las fuentes y de los detectores de luz que se utilizan, esta gama de longitudes de onda varia de 0.6 a 1.6 mm.

Los vidrios transparentes dentro de la gama de longitudes de onda entre 0.6 y 1.6 mm, están constituidos por mezclas de óxidos metálicos. Los principales óxidos que pueden tomar un estado vítreo, es decir, no cristalino, son los óxidos de silicio (SiO_2), de germanio (GeO_2), de fósforo (P_2O_5) y de boro (B_2O_3). A estos óxidos los cuales pueden formar estructuras amorfas (no cristalizadas), los vidrieros les llaman *elementos formadores*. Al mezclar los óxidos formadores con otros óxidos metálicos, llamados *elementos modificadores*, se pueden modificar ciertas propiedades físicas (temperaturas de fusión, índice de refracción) o químicas (solubilidad). Los principales óxidos modificadores son el oxido de sodio (Na_2O), el oxido de calcio (CaO), el oxido de bario (BaO) y el oxido de potasio (K_2O), son óxidos de metales alcalinos. Por medio de la mezcla de óxidos formadores con los modificadores, se puede crear una infinidad de vidrios que tienen todos diferentes propiedades físicas.

Fabricación de la Fibra.

La fibra ideal debe tener las características siguientes:

- Poseer un núcleo y una cubierta con índices diferentes .
- Tener un núcleo y una cubierta concéntricas .
- Tener un diámetro del núcleo constante en toda su longitud.
- Tener un diámetro de la cubierta constante en toda su longitud .

- Tener un perfil del índice optimizado lo que conduce a la mínima dispersión posible .
- Tener una atenuación muy baja .
- Ser lo mas larga posible .
- Tener la mayor resistencia mecánica posible.
- Ser lo mas barata posible.

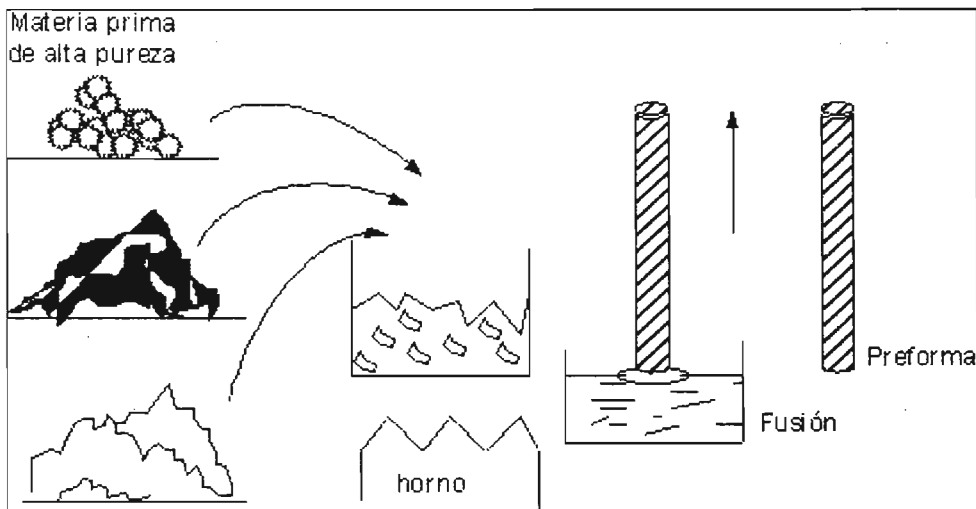


Figura 3.24. Fabricación de la fibra óptica, materia prima, horno, fusión y preforma.

La tecnología de fabricación, tiende a optimizar todas las características según la utilización que se haga de la fibra, algunas de estas características tienen mayor o menor importancia. Es de esperar que haya diversa técnicas de fabricación, que respondan a las exigencias mencionadas con anterioridad.

Una Fibra Óptica se presenta en forma de un cilindro de material con índice de refracción n_1 (el núcleo) rodeado de otro cilindro concéntrico de material de índice n_2 (la cubierta). Esta estructura cilíndrica debe tener además la forma de una fibra, es decir, poseer un diámetro muy pequeño (generalmente 125 μm) y una longitud muy grande. Existen varios métodos para fabricar fibras ópticas, pero todos se derivan de la llamada "Preforma", que es una varilla o tubo de aproximadamente 1 m de largo de cuarzo de alta pureza u otro tipo de vidrio. El cuarzo (silicio, SiO_2) existe en grandes cantidades en la tierra como la arena.

MÉTODOS PARA FABRICAR LA FIBRA.

Deposición de vapores químicos, método interno (CVD): Este método produce fibras con baja atenuación y gran ancho de banda y es por lo tanto apto para la fabricación de fibras para telecomunicaciones.

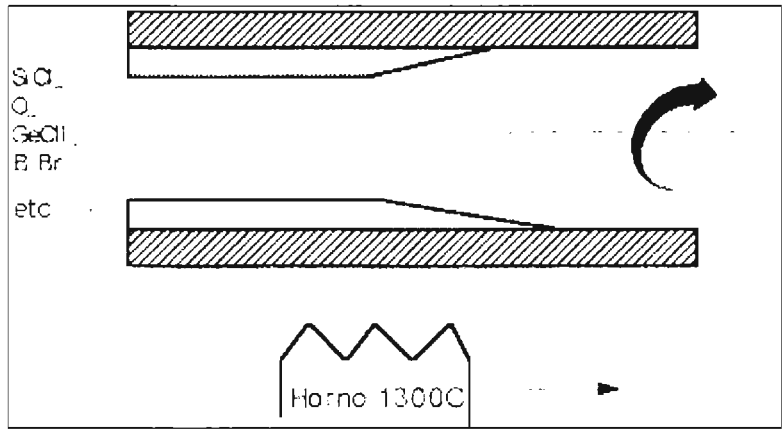


Figura 3.25. Fabricación de fibra óptica, método interno.

El material de inicio es un tubo de cuarzo de alta pureza que es calentado y se mantiene en rotación mientras es atravesado por oxígeno, cloruros de silicio, germanio y bromuro de boro en fase gaseosa.

En la zona calentada tienen lugar las reacciones químicas y el cuarzo con impurezas controladas se deposita en el interior del tubo. El perfil de índice deseado para la fibra de índice gradual se obtiene por el nivel de impurezas controladas.

En un segundo calentamiento el tubo internamente recubierto, es colapsado transformándose en una varilla. Luego la fibra es estirada y provista de un recubrimiento primario de acrilato.

DEPOSICIÓN DE VAPORES QUÍMICOS, MÉTODO EXTERNO (OCVD).

Por deposición en el exterior de la varilla, se puede producir la fibra con similar comportamiento.

MÉTODO EXTERNO (OCVD).

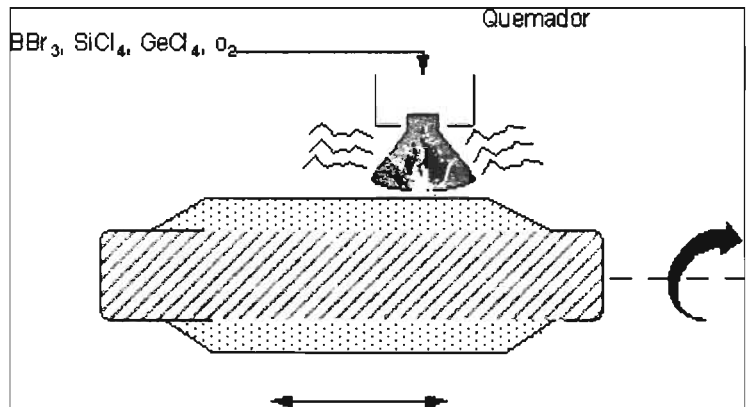


Figura 3.26. Fabricación fibra óptica método externo.

Mediante un quemador se agregan los metales halogenados. Por rotación y por movimientos hacia atrás y hacia adelante, la varilla será recubierta por una capa que semeja un polvo.

Luego la varilla es sinterizada en un horno. Y por ultimo es estirada, por fusión al diámetro final de la fibra.

Método del doble crisol (DC). Por este método se obtienen fibras mas económicas del tipo de índice escalonado. También se obtendrán fibras de índice gradual si se difunden los dos tipos de vidrio, uno dentro del otro.

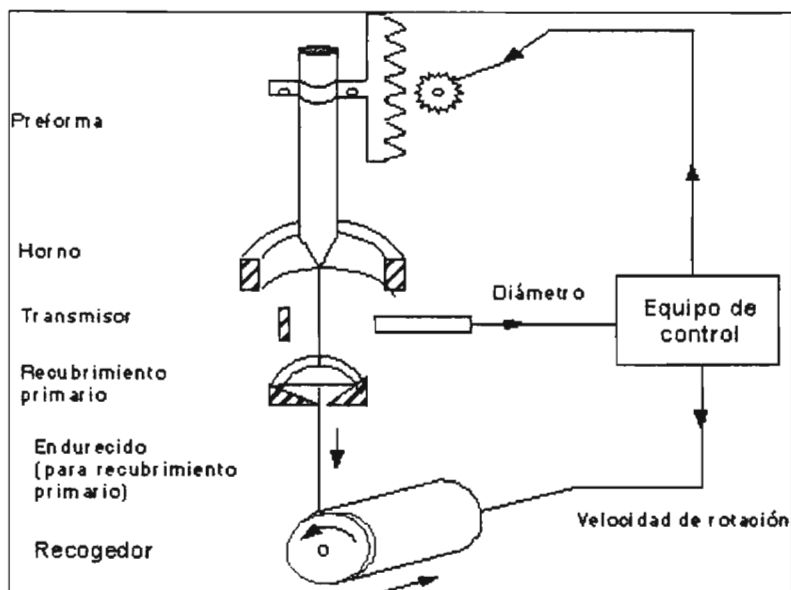


Figura 3.27. Estirado de la fibra

El método del doble crisol es consecuencia de las técnicas vidrieras clásicas. Esta se compone de dos etapas sucesivas:

La preparación de vidrios y el conjunto de fibras:

Preparación de vidrios compuestos. Los vidrios utilizados son vidrios compuestos. Para fabricar una fibra, son necesarios dos diferentes vidrios, el primero sirve para la fabricación del núcleo y el segundo, en donde el índice de refracción es mas bajo, sirve para fabricarla cubierta.

Estos vidrios se fabrican a partir de polvos, que por lo general son de sílice ultra puro y de carbonatos que producen óxidos metálicos cuando se calientan a alta temperatura. Estos polvos de base deben ser muy puros y tener lo menos posible de impurezas metálicas. Los polvos escogidos se mezclan inmediatamente en las proporciones necesarias para obtener el vidrio del índice de refracción deseado. La mezcla se pone en un crisol y se calienta hasta su completa fusión.

Si el crisol es conductor de electricidad (platino), puede calentarse por inducción eléctrica por medio de ondas de radiofrecuencia (100 kHz). También existe otro procedimiento fundado en la propiedad que tiene el vidrio de conducir la electricidad cuando alcanza una temperatura de 650°C. el crisol se pre-calienta, y después el vidrio se calienta directamente por inducción eléctrica; en este caso se utilizan ondas de radiofrecuencia de algunos megahertz. Este procedimiento tiene la ventaja de dejar relativamente frío el crisol, lo que disminuye el traspaso de impurezas del crisol al vidrio. Según la técnica empleada, los crisoles utilizados en general son de sílice ultra-puro o de platino. Cuando la mezcla esta fundida, se agita para obtener un vidrio de composición homogénea. Es importante para limitar la atenuación por difusión en la fibra. A fin de minimizar la acción de las impurezas metálicas en el fenómeno de absorción, se procede a controlar su estado de oxidación, ya sea haciendo borbotar el oxígeno en el vidrio en fusión, o aumentando óxidos de arsénico y de antimonio a la mezcla. Después de esperar que todas las burbujas presentes en el vidrio en fusión se remoten a la superficie, se extrae del crisol el vidrio formado. Para hacerlo, se recurre al método de extracción.

Técnica de extracción.

Esta técnica, igualmente utilizada en la fabricación de monocristales, consiste en templar un germen en la mezcla en fusión y hacerlo subir lentamente. Las fuerzas de capilaridad hacen que el líquido siga al germen hacia una zona más fría en donde se solidifica.

Formación de fibras mediante doble crisol. La conformación de una fibra de vidrio es una operación relativamente simple en principio. Se calienta un vidrio a una temperatura que lo vuelva al estado líquido, en un crisol que se componga de una canal en su base. El vidrio líquido corre por la canal formando un filamento, como la hace la miel. Al contacto con el aire frío, el filamento así obtenido se solidifica y forma una fibra de vidrio que se puede manipular, estirar y enrollar en un tambor. Todas las fibras ópticas se fabrican de esta manera. Para formar una fibra, se debe tener un núcleo y una cubierta. La operación de formación de la fibra que permite obtener en una sola operación el núcleo y la cubierta en la técnica del doble crisol.

MÉTODO DEL DOBLE CRISOL

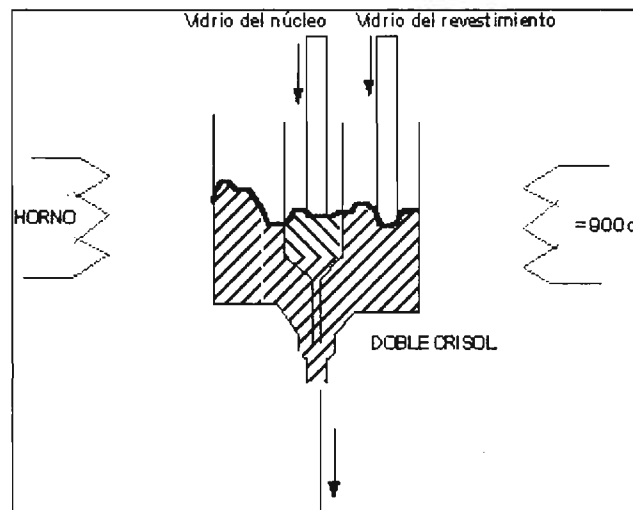


Figura 3.28. Extracción de la fibra óptica, método doble crisol

Se utilizan dos crisoles cilíndricos, rigurosamente concéntricos. Cada uno posee, en el centro de su parte interior, una canal por la cual corre el vidrio fundido. La canal del crisol interior se encuentra ligeramente encima de la del crisol exterior. Se llena el crisol interior del vidrio que constituye el núcleo de la fibra y el exterior del que constituye la cubierta. Cuando los vidrios alcanzan el punto de fusión, el vidrio del núcleo corre por su canal hacia el centro de la canal del crisol exterior donde es empujado hacia el exterior por el vidrio de la cubierta. Así, se obtiene un filamento de vidrio fundido en donde el centro lo constituye el vidrio salido del crisol interior y la parte externa la constituye el vidrio del crisol exterior. Si los alineamientos y las distancias están bien controlados, la simetría cilíndrica se conserva. Las dimensiones del núcleo y de la cubierta dependen de las propiedades físicas de los vidrios (densidad, viscosidad) a la temperatura de formación de la fibra, así como de parámetros geométricos del aparato (grosor de las canales, distancia vertical entre canales, altura de vidrios líquidos en los crisoles). Es de extrema importancia que la temperatura de formación de la fibra sea constante durante toda la extracción de la fibra. Los crisoles utilizados son de platino o de sílice.

El sílice es preferible ya que contamina menos los vidrios. La operación se efectúa en atmósfera controlada para evitar la contaminación de los vidrios en fusión por polvos o por la humedad del aire. La fibra obtenida es una fibra de índice escalonado.

El método de formación de la fibra por el doble crisol presenta la gran ventaja de ser un método continuo, sola hace falta mantener llenos los crisoles para obtener una fibra única de gran longitud. Este método ofrece una gran

amplitud de posibilidades en lo que se refiere a la elección de los vidrios y, por tanto, a la de los índices del núcleo y la cubierta, lo que se traduce en una gran variedad de aperturas numérica. También se puede hacer variar fácilmente los diámetros del núcleo y de la cubierta. Sin embargo, esta técnica de fabricación no permite obtener los perfiles del índice realmente optimizados. Además, como se utilizan materiales en polvo que son difícilmente purificables así como crisoles, este método produce fibras cuya atenuación es relativamente alta. No pueden fabricar fibras de sílice de esta manera debido a la alta temperatura de fusión de este elemento.

Defectos de superficie, corrosión. Si la superficie de la fibra no esta protegida puede ocurrir pequeños defectos de superficie, los cuales, por las fuerzas de tracción, crecen rápidamente. El vidrio es un líquido de muy alta viscosidad de dióxido de silicio a temperatura ambiente. Los iones hidróxidos, del agua por ejemplo, reaccionan químicamente con el vidrio y producen corrosión.

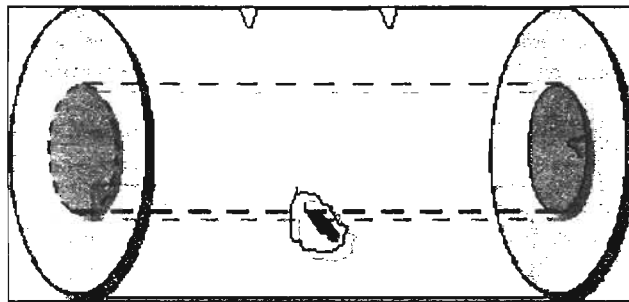


Figura 3.29. Defectos de superficie de la fibra óptica.

Los defectos de superficie pueden ocurrir durante la fabricación, instalación, cambios de temperatura, daños mecánicos y químicos y como un proceso normal de envejecimiento.

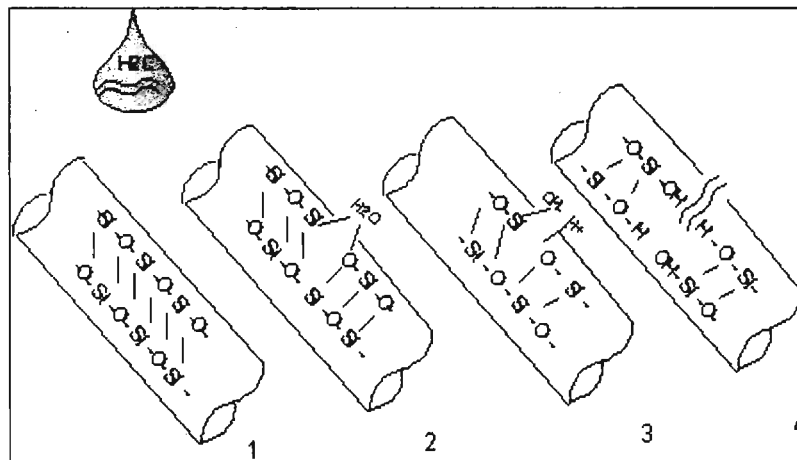


Figura 3.30. Corrosión de la fibra óptica.

LA CONEXIÓN.

En un enlace por fibra óptica existe siempre una fuente óptica por acoplar con una fibra o una fibra por acoplar con un detector óptico. El acoplamiento o la interconexión tiene por objeto transferir el máximo de energía luminosa de un elemento a otro. El acoplamiento fuente-fibra o fibra-detector se hace por medio de conectores llamados *conectores de extremos*. Esta conexión tiene que ser desmontable, en cuyo caso se habla de *conectar fibra a fibra* o debe ser permanente y, en tal caso, se habla de *empalme* o de *unión*.

DIVERSAS INTERCONEXIONES DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN ÓPTICA.

Una unión por fibra óptica debe también permitir la transferencia de información entre varios puntos diferentes. Por ello es necesario que se puedan instalar sobre el enlace óptico cajas de derivación o repartidores que permiten distribuir la información contenida en la fibra a muchas otras fibras (o viceversa). Esto se realiza por medio de acopladores.

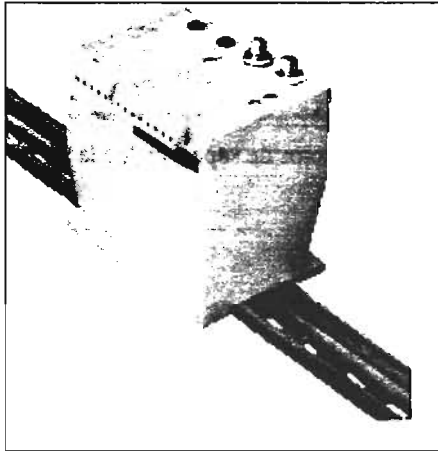


Figura 3.31. Modem fibra óptica punto a punto

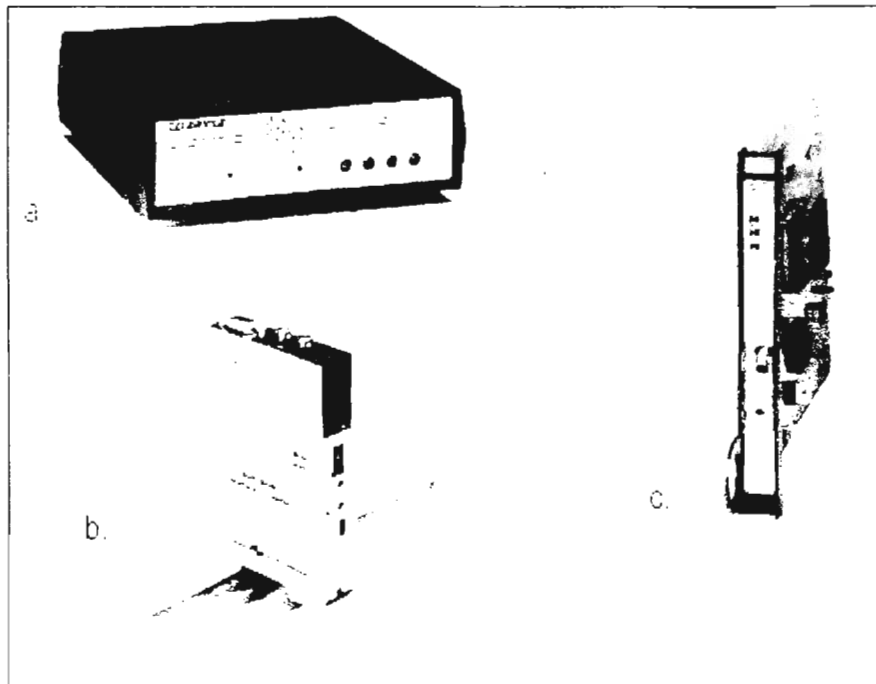


Figura 3.32. a). Unidad standalone. b). Unidad DIN Rail mounted. c). PC Card.

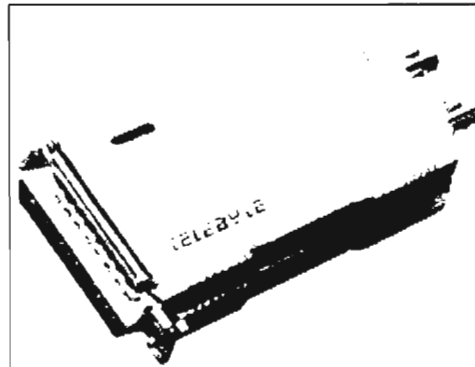


Figura 3.33. Modelo 271 empalme de fibra óptica

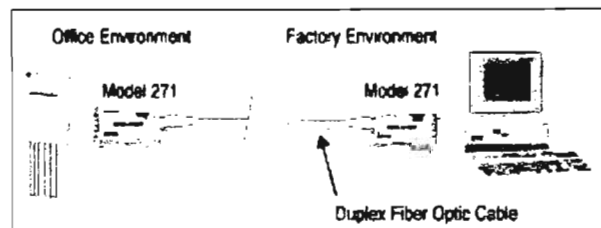


Figura 3.34. Ejemplo de aplicación de empalmes fibra óptica.

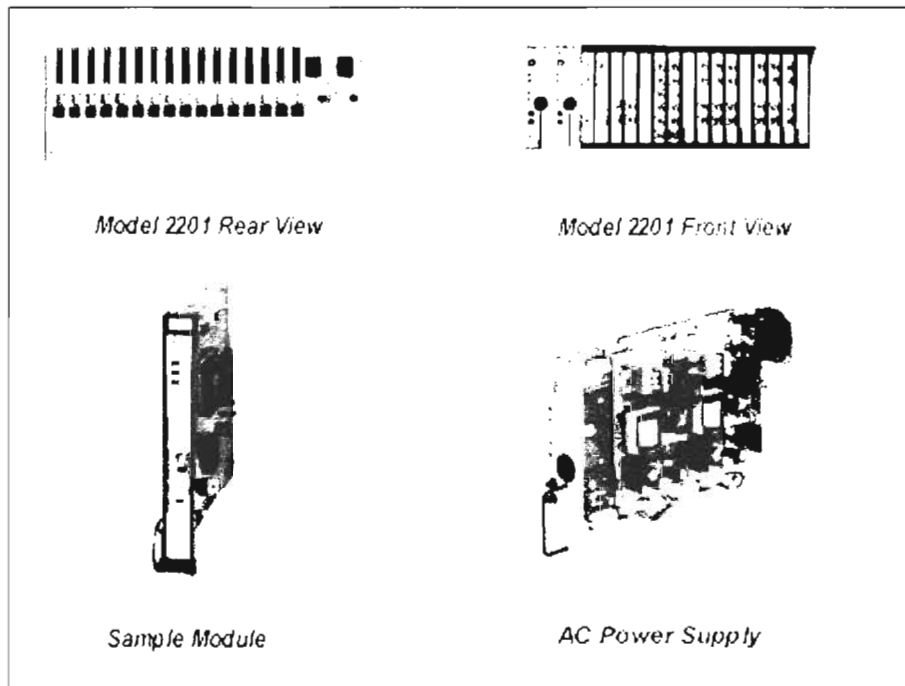


Figura 3.35. Ejemplos de tarjetas serie 2200

EMPALMES Y CONECTORES.

Conectores, empalmes y derivación en un sistema de cable óptico.

Un empalme es una unión permanente de dos fibras ópticas. Las más importantes exigencias para un empalme son:

- Ejecución fácil, rápida y barata
- Baja atenuación

Generalmente el empalme se realiza por soldadura usando aparatos especiales, obteniéndose buenos resultados por medio de la fusión con arco eléctrico.

COMPORTAMIENTO DE EMPALMES FUSIONADOS.

Las dos superficies de la fibra desnudas son acercadas, puestas en íntimo contacto y fusionadas por medio de un arco eléctrico de corta duración. La tensión superficial del vidrio fundido tiende a ajustar el posicionamiento de los extremos de la fibra.

CONECTORES.

Los conectores son uniones removibles que deben cumplir los siguientes requisitos:

- Fácil de ensamblar
- Normalizados

- Baja atenuación

Suponiendo que las fibras a ser empalmadas o conectadas tienen el mismo:

- NA (apertura numérica)
- Diámetro del núcleo
- Diámetro del revestimiento

Causan pérdidas permanentes por defectos en la técnica de empalme:

- Desplazamiento paralelo de los ejes de las fibras
- Error angular entre los ejes de las fibras
- Separación entre las superficies de los extremos de las fibras.

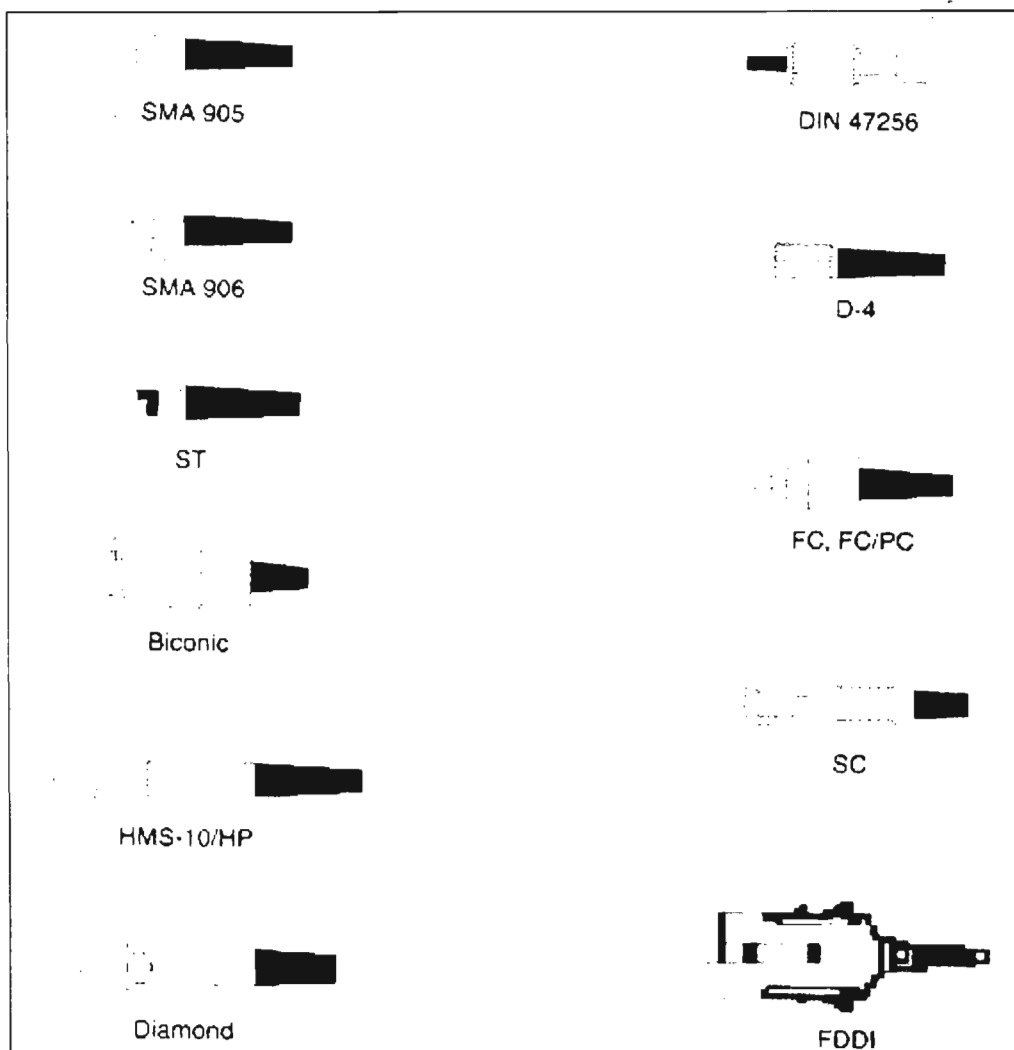


Figura 3.36. Empalmes y conectores fibra óptica

PÉRDIDAS RELACIONADAS CON LAS TÉCNICAS DE LOS EMPALMES / CONECTORES EN UNA FIBRA LARGA.

Una manera de disminuir las pérdidas del conector, especialmente los errores radiales, es usar el así llamado conector de doble excentricidad. Montando las fibras en el conector con una cierta excentricidad y moviendo los ejes del conector lateralmente, si las dimensiones son correctas, existen dos posiciones para las cuales es perfecto el alineamiento de los extremos de la fibra. El ajuste se hace en el campo y tiene la ventaja que las pérdidas por dispersión de potencia puede ser indicadas y minimizadas en ese punto. La atenuación es menor de 0.5 dB.

DISPOSITIVOS DE DERIVACIÓN.

En el conector T la fibra derivada esta en el estrecho contacto con la fibra principal y el acoplamiento se obtiene por fuga. Valores típicos son:

- Atenuación en la transmisión: 2 dB
- Atenuación en la derivación: 10 dB

En el conector estrella la fibra de entrada ilumina un espejo, desde el cual la luz se refleja al deseado numero de fibras. La atenuación de la derivación puede ser de 15-20 dB para 10 derivaciones

La atenuación de derivación es proporcional a la relación que existe entre las superficies de las fibras derivadas y la superficie del conector estrella, y se incrementa en forma logarítmica con el numero de derivaciones.

RECOMENDACIONES.

Precauciones en el manejo de la fibra. Es importante seguir las precauciones de manejo para proteger tanto a la instalación, como al que realiza la instalación.

No estire al máximo el cable.

No doble más de lo permitido el cable o fibra.

El manejar fibras descubiertas, puede causar accidente particularmente cuando se cortan las fibras en el proceso de empalme.

Se debe evitar el contacto con la piel, ya que una vez dentro de la piel, la fibra es difícil de remover. Pedazos sobrantes de fibra, deben ser almacenados en un contenedor para evitar contacto posterior con la piel o ropa. Usar gafas de protección para evitar que pedazos de fibra penetren a los ojos.

Cuidado de los ojos. Es muy importante no apuntar a los ojos propios o de otra persona cuando la fibra esté "viva" (cuando esta contiene luz visible o infrarroja). La densidad de luz emitida en el extremo de una fibra óptica con radiación de Láser, es mayor a la del sol sobre la superficie de la tierra.

Cuando se hagan reparaciones a fibra óptica, asegúrese que ya no exista ninguna señal de luz Láser a través de la misma. Utilice continuamente aparatos de medición:

- Tarjetas IR
- Medidores de potencia.
- Papel blanco, etc.
- Para asegurarse que no existe salida de luz al extremo de la fibra. Apéguese a las precauciones expuestas en las etiquetas de los aparatos que maneje.

APLICACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA EN EL CAMPO DE LA TELEFONÍA.

Para nuestro ejemplo hablaremos de TELECOM cuenta con el asocio tecnológico de empresas tales como: ERICSSON, NORTEL TELECOM., Y SIEMENS.

COBERTURA DEL PROYECTO Y PROGRAMA DE INSTALACIÓN DE LÍNEAS.

Para cumplir el propósito establecido , la Empresa ha dividido al distrito Capital, en cinco (5) zonas para la instalación de sus redes y pretende lograr la extensión de los mismos hasta los diferentes predios de la zona. La delimitación de las zonas y el cronograma de instalación se han diseñado de la siguiente manera:

Línea Tipo A:

Esta líneas sirven para conectar los clientes residenciales que requieran servicios de Telecomunicaciones básicas y de datos de baja velocidad.

La conexión entre el concentrador y el abonado (cliente) es un hilo de cobre con una extensión máxima de 500 mts.

Línea Tipo B

Son líneas que sirven para conectar los clientes no Residenciales, que requieran servicios básicos de Telefonía, servicios especiales y acceso a redes de altas velocidades.

Conexión de la fibra óptica desde la central hasta la caja principal.

Para prestar estos servicios a los clientes se tiende la red en **Fibra Óptica** desde la Central hasta la Cámara o hasta la caja principal si las necesidades del cliente así lo requieren.

TELECOM Y SU TECNOLOGÍA.

Características:

100% Digital: Garantiza con esta característica de su red a clientes residenciales y comerciales (todos los clientes) la posibilidad tecnológica de acceso a todos los servicios de Telecomunicaciones que requieren tecnología de punta, ya se trate de alta calidad de voz, datos e imagen.

Red de Fibra Óptica: Pone a disposición de los clientes de Telecomunicaciones una red de Fibra Óptica. Coloca así a los hogares y a la industria capitalina de manera eficiente en la puerta de Nuestra Autopista Mundial de las Telecomunicaciones.

Tecnología Inalámbrica: Capitel ofrece a los clientes tecnología inalámbrica que les permite comunicaciones no alambradas, para ello se utilizaron radios con línea de vista entre la unidad residencial o empresarial, la estación base y la central telefónica, de esta manera podrán obtener servicios de Telecomunicaciones básicos de larga distancia nacional e internacional.

Seguridad y Gestión: Tendrá implementada una eficiente red de gestión para operación y mantenimiento de la misma, que le permitirá respuesta rápida a los requerimientos y le ofrecerá seguridad en la información a los clientes.

ESTRUCTURA DEL SERVICIO DE TELEFONÍA.

CARACTERÍSTICAS	ATRIBUTOS	BENEFICIOS
Nuevas Tecnologías digital SDH y fibra óptica. Gran ancho de banda	Alta capacidad de transmisión	Posibilidad de ofrecer variedades de servicios: Voz, Datos y Vídeo
Baja Atenuación	Medio de Comunicación	Nitidez en servicios de voz y probabilidad mínima de errores en los datos
Inmunes a interferencias electromagnéticas en las conexiones de Fibra Óptica	Medio de comunicación confiable	Nitidez en servicios de voz y probabilidad mínima de errores en los datos
La Fibra no conduce electricidad	Elimina la posibilidad de cortos circuitos	Se puede utilizar en ambientes de alto riesgo como pozos petroleros, minas, etc.
No permite derivaciones por las dimensiones tan pequeñas de la fibra	Ofrece altos niveles de seguridad	Privacidad garantizada en su servicio
Equipos ligeros y flexibles	Fácil de instalar	Prestación del servicio inmediato a su solicitud.
Funciones automáticas de diagnostico de fallas	Control inmediato de los equipos para su operación y mantenimiento	Porcentaje mínimo de interrupción del servicio.
Anillos autoprotegidos con recuperación automática	Protección a nivel de rutas y equipos	Reduce al mínimo posibilidad de interrupción del servicio.
Transporte de información a diferentes velocidades	Capacidad de transporte de información a diferentes velocidades	Facilidad de utilizar equipos de datos a diferentes velocidades
Utilización de tecnología inalámbrica: a. Acceso a través de equipos de radio b. Posibilidad de transmisión de voz y datos	Solución a problemas último kilómetro: a. No requiere ruptura de andenes ni tendidos de cables b. Posibilidad de conectar aparatos estándar de abonados como teléfonos, fax, módem -	Mínima posibilidad de interrupción del servicio. a. Rápida instalación b. Variedad de servicios en una misma línea.
Red de Acceso a. Su arquitectura punto a punto anillo o estrella en fibra óptica b. Red de distribución con recubrimiento del servicio en un radio de 500 mts. c. El uso de concentradores de acceso remoto	a. Mejor supervivencia de la red b. Facilita desarrollar controles selectivos para el mantenimiento inmediato c. Supresión de los armarios	a. Continuidad en el servicio b. En caso de falla atención inmediata a la reparación c. Seguridad al fraude de llamadas por violación o vandalismo.
Digitalización de la red	Información en software de la infraestructura de la red	Fácil acceso a la ubicación de equipos y sus respectivas fallas.
Centrales con capacidad hasta de	Flexibilidad en el acceso	Facilidad de acceso servicio

25.200 Erl y de tramitar mas de 1'000.000 de llamadas en una hora pico		permanente
Capacidad para conmutar el trafico entrante y saliente hasta 250.000 abonados	Capacidad y flexibilidad en la comunicaci3n	Mayor posibilidad de comunicaci3n
Centrales de conmutaci3n digitalizadas	Nitidez en la comunicaci3n	Comunicaci3n clara y sin ruidos

Cuadro 3.6. Características, atributos y beneficios de la tecnología que ofrece Telecom

Otros Servicios al Cliente.

Servicios de Datos	Servicios Suplementarios RDSI
Conexiones Semipermanentes Enlaces Digitales Dedicados Canales de 64 K	<input type="checkbox"/> Marcaci3n directa extensiones <input type="checkbox"/> Números múltiples de abonados <input type="checkbox"/> Reenvío de llamadas <input type="checkbox"/> Retenci3n de llamadas <input type="checkbox"/> Llamadas maliciosas
Teleservicios RDSI Telefonía Básiaca Fax Videotex Vídeo Teléfono	Servicios Portadores RDSI 64 K sin restricciones Conversaciones a 64 K 3.1 Khz a 64 K

Cuadro 3.7. Servicios suplementarios de la empresa

CAPITULO 4

**FUNDAMENTOS DE TRANSMISIÓN EN
REDES DE TELECOMUNICACIONES**

**APLICACIONES EN
ENLACES A 2 Mbits/Seg.**

APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA TESIS EN ENLACES DIGITALES A 2.048 Mbits/Seg.

CONMUTADOR MERIDIAN 1 OPCION 11C DE NORTEL NETWORKS.

El sistema de comunicaciones Meridian 1 son una familia de equipos de conmutación digital para voz y datos. Meridian 1 proporciona funciones avanzadas de procesamiento de llamadas de voz, una variedad de teléfonos digitales para responder a toda necesidad comercial, y servicios integrados de valor agregado tales como mensajería unificada, telefonía IP, Call Center, Telefonía inalámbrica IP y tradicional (celular).

Meridian es un sistema de comunicaciones con función de mensajes de voz digital y plenamente integrada que proporciona una calidad de voz superior. Meridian 1 permite elegir entre opciones de alimentación por corriente alterna o corriente continua. La opción de corriente alterna, ofrece capacidades de autodetección para voltajes de ingreso de 110/220 VCA.

Con opción 11C se mantiene la filosofía de Nortel Networks "evergreen by design" que permite utilizar siempre los mismos teléfonos y tarjetas (E/M, TRK, DTI, PRI, de extensiones digitales, de extensiones analógicas, etc.) sin importar el tiempo que pase, actualizando solo el software, lo que permite tener un sistema de por vida.

La arquitectura de no bloqueo y el bus universal, pueden apoyar una variedad de tarjetas de líneas y tarjetas de troncal universal, preprogramadas y de alta densidad, lo que permite una fácil instalación y conexión.

Los conmutadores Meridian 1 Opción 11C pueden manejar dos leyes de compensación de señales para la conversión de señales de analógica a digital y de digital a analógica:

- Ley μ que es usada en E.U. y Japón.
- Ley A usada en el resto del mundo.

Los parámetros de transmisión de los equipos NORTEL manejan tanto la ley A como la ley μ . En otros países donde tienen sus propios planes de transmisión se usan tarjetas que han sido ajustadas para manejar estos parámetros de transmisión; estos ajustes se realizan generalmente en ganancia de A/D y D/A.

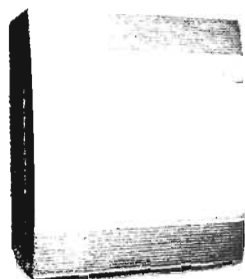


Figura 4.1 Gabinete de PBX Opción 11C

HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA MERIDIAN.

HARDWARE:

EQUIPO COMÚN (CE). Proporciona el control del equipo, la ejecución del software y las funciones de memoria del sistema.

EQUIPO DE RED. (NET). Ejecuta la función de conmutación bajo el control de la unidad central de procesamiento (CPU).

EQUIPO PERIFÉRICO. (IPE). Proporciona las conexiones para los circuitos de líneas y de troncales.

EQUIPO TERMINAL. Se compone por los teléfonos y las consolas de operadora.

EQUIPO DE PODER. Proporciona la alimentación de energía eléctrica requerida para la operación del equipo.

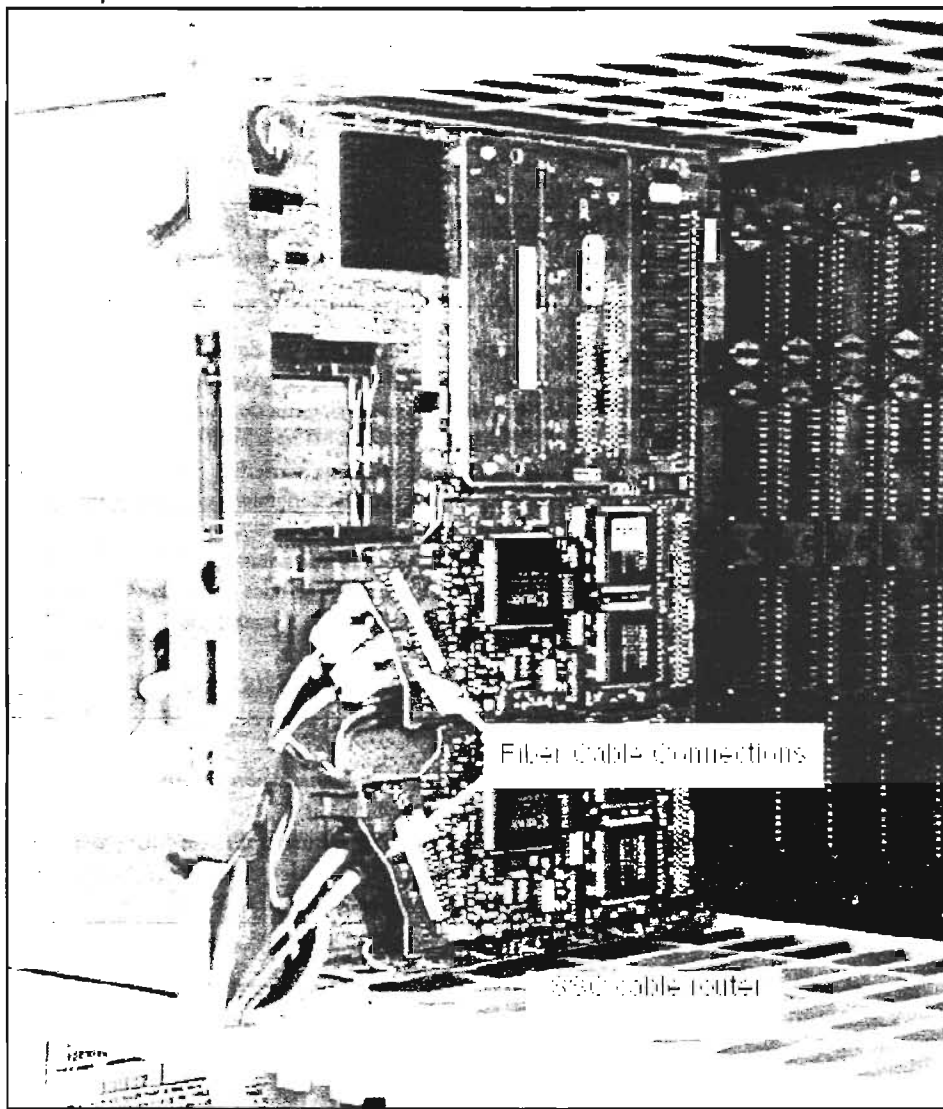
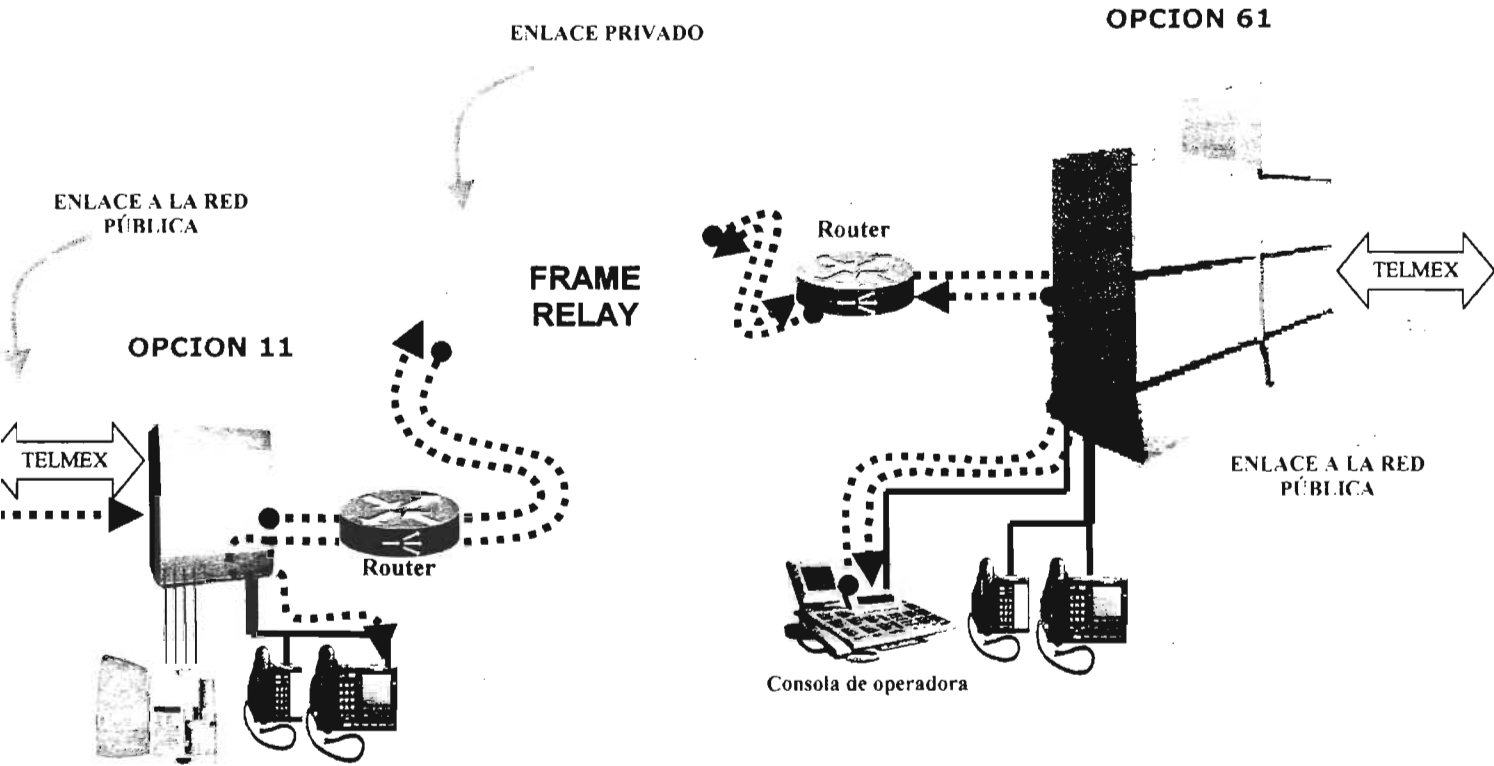


Figura 4 2 Tarjeta SSC (CPU) del gabinete principal.

ENLACES



Correo De voz

Figura 4.4 Tipos de enlaces manejados por los conmutadores Meridian 1 de Nortel

TIPOS DE TRONCALES

Ya que en el conmutador es posible manejar diferentes tipos de enlaces telefónicos, y tomando en cuenta los diferentes tipos de necesidades, a continuación se presentan algunas propuestas y su tipo de operación.

ENLACES A LA RED PÚBLICA.

Las troncales de tipo COT son troncales analógicas comunes que se utilizan para enlaces hacia la compañía proveedora del servicio telefónico de la red pública (Telmex). Se programan con tarjetas XUT (Extended Universal Trunk card), EXUT (Enhanced Extended Universal Trunk), y XCOT (Extended CO trunk card).

Cada una de estas tarjetas tiene características diferentes de programación, por ejemplo: la tarjeta XUT se programa como una Troncal analógica común (sin supervisión); la tarjeta EXUT se programa como Troncal analógica común con supervisión por tonos; la tarjeta XCOT se programa como Troncal analógica común con supervisión por tonos y por batería.

En el caso de enlaces a la red pública con troncales digitales E1 es necesario preconfigurar la interfase de troncal digital asignando el tipo de señalización a utilizar que pueden ser R2MF ó R2MFC

ENLACES PRIVADOS.

ENLACES TIPO E&M.

Este tipo de enlace se puede realizar de dos formas, analógica utilizando tarjetas E&M, o digital con una tarjeta DTI2 programada para operar como una tarjeta E&M analógica.

Las tarjetas E&M analógicas tienen cuatro puertos cada una, en el caso de la tarjeta DTI2, cuenta con 30 canales digitales

La principal característica de este tipo de enlace es la de permitir manejar un plan coordinado de marcación, haciendo más transparentes las comunicaciones, ya que sólo se necesita marcar el número de extensión al que se desea llamar.

ENLACES TIPO ISDN.

Esta es la opción más completa, ya que además de contar con todas las necesidades que ofrece la conexión con enlaces E&M, se pueden operar los dos conmutadores remotos como si fueran uno sólo, ambos pueden usar un solo correo de voz para atender a los dos conmutadores remotos.

También es posible ocupar todas las facilidades que ofrecen los conmutadores, por ejemplo: ver el número de extensión y el nombre de la persona que llama u ocupar la rellamada automática si la extensión se encuentra ocupada.

El enlace ISDN permite optimizar el uso de los recursos porque al manejar señalización por canal común (canal D) es posible verificar el estado de las extensiones antes de intentar ocupar un canal para establecer la llamada.

TARJETAS DE TRONCALES DE LOS EQUIPOS MERIDIAN

TARJETA DE TRONCALES UNIVERSALES.

Descripción funcional.

- Permite que los tipos de troncales se configuren en una unidad base.
- Indica el estado durante una prueba automática o manual.
- Provee identificación de la tarjeta para autoconfiguración.
- Permite la conversión de señales de transmisión analógica a digital y digital a analógica.
- Opera en las leyes de expansión A y μ en un modo base.
- Provee mediante software la selección de impedancia de terminación (600, 900, o 1200 ohm) en una unidad base (1200 ohm soportada solo para troncales tipo RAN)

Tipos de troncales soportadas.

La tarjeta de troncales universales tiene ocho circuitos idénticos se puede configurar cada circuito independientemente. La tarjeta soporta los siguientes tipos de troncales.

- Central Office (CO), conexión al extranjero (FX), y servicio de teléfono de área amplia (WATS).
- Marcación directa interna (DID) y marcación externa directa (DOD).
- Troncales con tono analógico de dos caminos de marcación repetida (DR), y de dos caminos de salida automática y marcación de entrada (OAID).
- Para anunciadoras (RAN).

La tarjeta de troncales universales también puede soportar música, espera automática, y acceso directo al sistema interno (DISA)

TARJETA DE TRONCALES TIPO E&M.

La tarjeta de troncales tipo E&M tiene cuatro circuitos idénticos, cada circuito puede ser configurado independientemente vía software. Los circuitos de la tarjeta soportan los siguientes tipos de troncales:

- Señalización de troncales E&M a dos hilos tipo I (no maneja ESN).
- Troncales de marcación repetida a dos hilos.
- Troncales con tono analógico a dos o cuatro hilos.

La señalización del tipo I utiliza dos hilos para la señal más la tierra. El tipo II utiliza dos hilos para las señales y es utilizada por la mayoría de los sistemas electrónicos.

TARJETA DE TRONCALES DIGITALES A 2Mbits/Seg. (NTAK10 DTI 2.0M).

La tarjeta de troncales digitales NTAK10 puede ser colocada en el gabinete principal y en gabinetes de expansión. Esta tarjeta incluye un reloj controlador que puede ser switchado manualmente o en fuera de servicio.

DESCRIPCIÓN FUNCIONAL.

La tarjeta NTAK10 proporciona los siguientes rasgos y funciones.

- Un reloj controlador que puede ser switchado opcionalmente.
- Selección de operación en ley A o μ vía software.
- Selección de programación por bloque o por canal.
- Detección de alineación de trama y multitrama.

- Transmisión y recepción de CRC-4 (software seleccionable).
- Indicadores del estado de la tarjeta e indicadores de alarmas con LED's en la carátula.
- Periodic Pulse Metering (PPM).
- Transmisión de dígitos en cualquiera de los bist's abcd.
- Tarjeta LAN para mantenimiento de comunicaciones.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS LED'S INDICADORES.

En general los LED's operan de la siguiente manera:

LED	ESTADO	INDICACIÓN
DIS	ON (ROJO)	La tarjeta se encuentra deshabilitada.
	OFF	No está en estado de deshabilitación
OOS	ON (AMARILLO)	La tarjeta se encuentra fuera de servicio.
	OFF	La tarjeta no se encuentra fuera de servicio.
NEA	ON (AMARILLO)	Se detecta una alarma local.
	OFF	Sin alarma
FEA	ON (AMARILLO)	Se detecta una alarma remota.
	OFF	Sin alarma.
LBK	ON (AMARILLO)	La tarjeta trabaja en modo de LOOP-BACK.
	OFF	La tarjeta no trabaja en modo de LOOP-BACK.
CC	ON (ROJO)	El reloj controlador se encuentra switcheado en ON pero está deshabilitado
	ON (VERDE)	El reloj controlador está switcheado en ON y opera correctamente
	FLASHING (VERDE)	El reloj controlador está switcheado en ON pero cerrado con respecto a la referencia primaria.
	OFF	El reloj controlador está switcheado en OFF.

INTERFACES DE SEÑALIZACIÓN.

La interconexión externa es a través de un conector de 50 pines para el MDF.

La conexión al carrier digital externo es a través del cable NT5K85 DTI que convierte los 120 ohm del conector D a 75 ohm del coaxial.

SEÑALIZACIÓN DE CANAL ASOCIADO.

La señalización por canal asociado implica que el tráfico de cada canal tiene su propio canal asociado permanentemente a el. El time slot 16 se usa para transmitir dos tipos de señalización: de supervisión y dirección.

INTERFACE DE PORTADORA.

TRANSMISIÓN.

El multiplexor codificador de HDB3 alimenta al selector de salida, que selecciona la salida PCM o el LOOP de datos lejanos. El HDB3 es convertido de digital a AMI y alimenta a la portadora. Un transformador proporciona aislamiento y acoplamiento de impedancia (75 ohms o 120 ohms).

RECEPCIÓN.

Los datos en AMI del carrier son digitalizados y alimentan al selector de entrada, así como al selector de salida para retorno lejano. La circuitería de recuperación de reloj dentro del dispositivo receptor extrae las 2.0MHz de reloj. Este reloj es usado para generar el conteo de trama y multitrama. Y es enviado al reloj controlador como referencia.

TARJETA A 2.0Mbits/Seg PRI (NTAK79).

DESCRIPCIÓN FUNCIONAL.

La tarjeta NTAK79 proporciona las siguientes características y funciones.

Recuperación de la señal a 2.048Kbits/Seg por el receptor tipo CEPT (Conference of European Postal Communications) a señales que han sido atenuada arriba de 10 dB.

Control de densidad de línea de CEPT usando HDB3 que provee 64 Kbits/Seg por canal.

Monitoreo de recepción del carrier por medio de Bipolar Violations (BPV), Slips, CRC-4 (CRC), and Frame Bit Errors (FBER).

Monitoreo y recepción de alarmas incluyendo AIS, LOS y RAI

Transmisión de alarmas remotas.

Soporte de bits nacionales e internacionales en el Time slot 0.

Reloj controlador propio.

Interfase de canal D propio.

Conversión de leyes de compansión PCM (A-A, u-u, A-u, u-A).

Tarjeta LAN para comunicaciones de mantenimiento.

La tarjeta presenta en la carátula siete LED's, y estos operan como se muestra en la siguiente tabla:

LED	ESTADO	INDICACIÓN.
OOS	ON (rojo)	La tarjeta está deshabilitada o fuera de servicio.
	OFF	La tarjeta no está en estado de deshabilitación.
ACT	ON (Verde)	La tarjeta está en estado activo.
	OFF	La tarjeta no está en estado de deshabilitación. El led OOS estará en rojo.
RED	ON (rojo)	Una alarma roja ha sido detectada, esto representa un estado de alarma local de: Pérdida de carrier (LOS). Pérdida de trama (LFAS). Pérdida de multitrama (LMAS).
	OFF	Sin alarmas locales.
YEL	ON (amarillo)	Ha sido detectada una alarma amarilla. Esto representa la indicación de una alarma remota esta alarma puede ser una alarma cualquiera (AIS) o una alarma remota (RAI).
	OFF	No se ha detectado alarma remota.
BLK	ON (verde)	La tarjeta se encuentra en modo loop-back.

	OFF	La tarjeta no se encuentra en modo loop-back.
CC	ON (rojo)	El reloj controlador esta switchado en ON y está deshabilitado.
	ON (verde)	El reloj controlador está switchado en ON y puede estar sujeto a una referencia o correr en modo libre.
	FLASHEANDO (verde)	El reloj controlador está switchado en ON está intentando atarse a una referencia, si el flasheado se prolonga por un lapso de tiempo, hay que checar el CC STAT en el LD 60. si el CC se encuentra en modo de rastreo, este puede ser un estado aceptable. Si no existen condiciones de error en el reloj controlador y no hay slips esta condición es aceptable, y el falseado se identifica como detección de jitter en la referencia.
DCH	ON (rojo)	El DCH está equipado y deshabilitado.
	ON (verde)	El DCH está equipado y habilitado, pero no necesariamente estabilizado.
	OFF	El DCH esta en OFF.

COMUNICACIÓN CON EL SISTEMA MERIDIAN

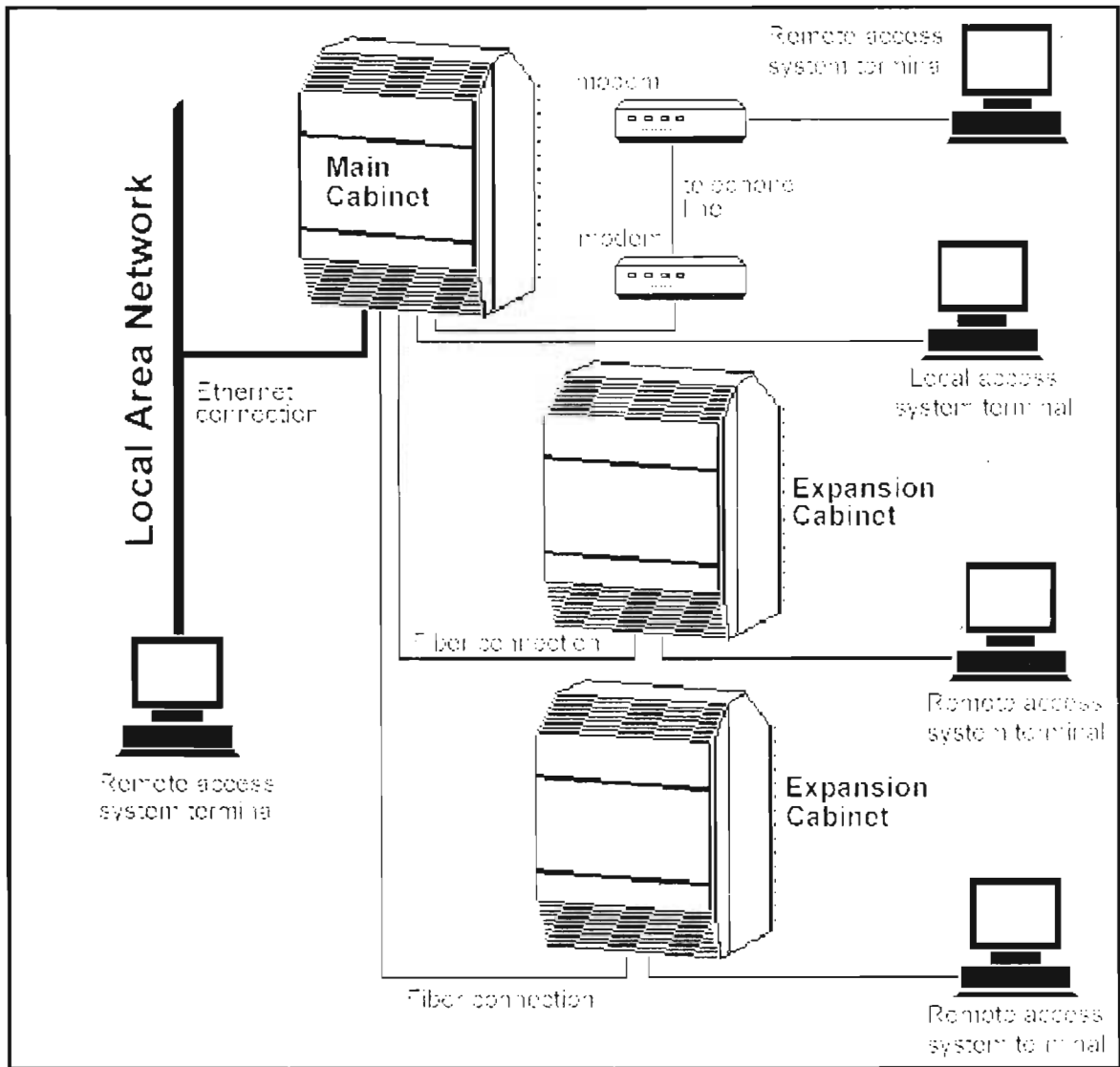
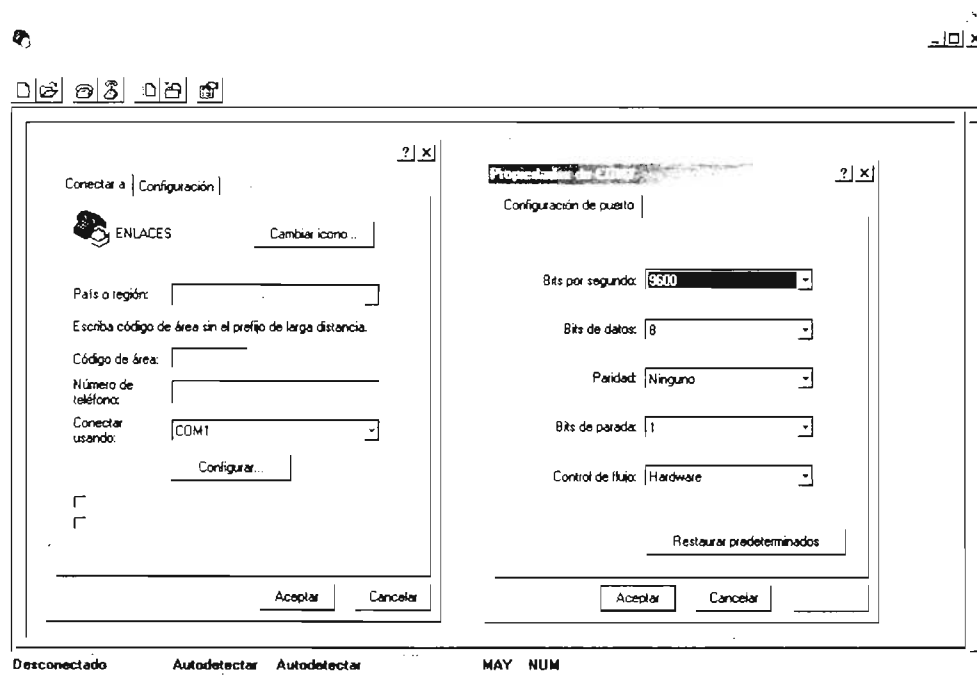


Figura 4. 3 Acceso local y remoto a las terminales del sistema.



La manera en como se operarán los enlaces con troncales digitales, tanto a la red pública como en enlaces privados está dada tanto por la programación de las tarjetas de troncales, como por programación en la base de datos del conmutador

En el conmutador se programan las rutas con que operarán las troncales. Las rutas definen a donde timbrarán las llamadas (consola de operadora, extensiones comunes o privadas, etc.); la manera en como se podrá tomar una troncal para salir a la red pública o a un enlace; los tipos de restricciones que se tendrán en los enlaces, o sea que tipo de llamadas se podrán hacer (locales, larga distancia, celulares, etc.), claves de acceso a tipos de llamada.

Debido a lo extenso de las facilidades de administración con que cuenta el sistema para los diferentes tipos de enlaces sólo se mostrarán la programación de las rutas y troncales para enlaces a la red pública y enlaces privados por medio de troncales digitales E1.

PROGRAMACIÓN DE UNA TRONCAL E1 EN UN CONMUTADOR MERIDIAN 1 CON UNA TARJETA DT12

REQ new 30 (Se crean 30 canales nuevos en la tarjeta)
 TYPE did (Serán de tipo DID)
 TN 1 1 (A partir de que canal se programa)
 DES telmex
 SICA 1 (Tabla de señalización que utilizará)
 PDCA 2
 PCML a (Ley de compasión que manejarán los 30 canales)
 CUST 0
 NCOS
 RTMB 0 1 (Ruta a la que pertenece la troncal primer miembro de la troncal programado)
 INC
 NITE

AST
 CLS mfc (Se indica que utilizará tablas de r2mf)
 MFLI
 MFPD
 TKID
 NEW TRK TN 001 01 RT 0 MB 1 (Inicio del proceso)

DTI000
 .enll 1 (Se inicializa la troncal)

OK
 .stat 1 (Se supervisa el estado de la troncal)

DTI2 LOOP 1 - ENBL (Se encuentra habilitada la troncal)
 REF CLK: ENBL (El reloj se encuentra habilitado)

TRACKING

SERVICE RESTORE: YES

ALARM STATUS: ACCEPTABLE

CH 01 - IDLE DID VOD	CH 02 - IDLE DID VOD
CH 03 - IDLE DID VOD	CH 04 - IDLE DID VOD
CH 05 - IDLE DID VOD	CH 06 - IDLE DID VOD
CH 07 - IDLE DID VOD	CH 08 - IDLE DID VOD
CH 09 - IDLE DID VOD	CH 10 - IDLE DID VOD
CH 11 - IDLE DID VOD	CH 12 - IDLE DID VOD
CH 13 - IDLE DID VOD	CH 14 - IDLE DID VOD
CH 15 - IDLE DID VOD	CH 16 - IDLE DID VOD
CH 17 - IDLE DID VOD	CH 18 - IDLE DID VOD
CH 19 - IDLE DID VOD	CH 20 - IDLE DID VOD
CH 21 - IDLE DID VOD	CH 22 - BUSY DID VOD
CH 23 - IDLE DID VOD	CH 24 - IDLE DID VOD
CH 25 - IDLE DID VOD	CH 26 - IDLE DID VOD
CH 27 - IDLE DID VOD	CH 28 - IDLE DID VOD
CH 29 - IDLE DID VOD	CH 30 - IDLE DID VOD

(Canal 22 en uso)

(El resto de los canales están libres)

.clear bit 13 ipdb_choice:0xc2ff

PROGRAMACIÓN DE LA RUTA USADA POR LA TRONCAL E1

TYPE RDB
 CUST 00
 DMOD
 ROUT 0
 DES TELMEX
 TKTP DID
 NPID_TBL_NUM 0
 SAT NO
 RCLS EXT
 DTRK YES
 DGTP DTI2 (Ruta usada por una troncal digital E1)
 DSEL VOD (Usada para transmitir Voz ó datos)
 PTYP DCO
 AUTO NO

DNIS NO
ICOG IAO (Para entrada y salida de llamadas)
RANX NO
SRCH RRB
TRMB YES (Timbrará la troncal)
STEP
ACOD 7900 (Código de acceso a esta ruta)
TARG 01
BILN NO
OABS
INST
MFC R2MF (Utiliza tables de R2MF)
INDMF NO
MFCI 2
R2MD YES
DIG# 4
SGL NO
BSSU NO
MFCO 1
OPP NORM
SWP NORM
ICIS YES
ICNP UKWN
ICNT UKWN
ICPS YES
OGIS YES
PTUT 0
TIMR MFC 48000
MFO 0
MFID 0
ICF 512
OGF 512
EOD 13952
DSI 499200
NRD 10112
DDL 70
ODT 4096
RGV 640
FLH 510
GTO 896
GTI 896
SFB 3
TFD 0
SST 5 0
DTD NO
SCDT NO
2 DT NO
NEDC ETH
FEDC ETH
CPDC NO
DLTN YES (Usa marcación por tonos)
HOLD 02 02 40
SEIZ 02 02
SVFL 02 02
OPCB NO
DDO NO

DRNG NO
CDR YES
INC NO
LAST NO
QREC YES
OAL YES
AIA NO
OAN YES
OPD NO
NDP INC 32
CDRX NO
NATL YES
SSL
CFWR NO
IDOP NO
MUS NO
MR NO
PANS YES
EQAR NO
FRL 00
FRL 11
FRL 22
FRL 33
FRL 44
FRL 55
FRL 66
FRL 77
TTBL 1
PNNC NO
OHTD NO
PLEV 2
OPR NO
RCAL NO
MCTS NO
ALRM NO
BTT 30
ACKW NO
NCNI 0
CNIE NO
CNIT NO
CTAT YES
ART 0
OPDL 0
PECL NO
DCTI 0
NADT 0
SGRP 0
FRIN NO
RRBS NO
RLSM 0
CCB NO
CCBA NO
AACR NO

PROGRAMACIÓN DE UN CANAL DE UNA TARJETA DTI2 PARA UN ENLACE.

Programación del canal 1 de la tarjeta DTI2 (E1) ubicada en el slot 6 del gabinete principal de un conmutador Meridian 1

Este canal sirve para un enlace privado, se especifica que utiliza la ley A y funciona con señalización de tonos, además se indica la ruta a la que pertenece esta troncal.

```

DES ENLACE
TN 006 01
TYPE TIE      (Ruta Tipo TIE para enlace)
CUST 0
TRK DTI2     (Programada en una tarjeta E1)
SICA 6       (Tabla de señalización que maneja)
PDCA 1
PCML A       (Ley A de expansión)
NCOS 0
RTMB 6 1    (Ruta a la que pertenece y número de canal)
TGAR 1
AST NO
IAPG 0
CLS CTD DTN CND WTA LPR APN THFD XREP BARD      (Señalización por tonos)
  P10 MID
TKID

```

PROGRAMACIÓN DE LA RUTA PARA EL ENLACE.

```

TYPE RDB
CUST 00
DMOD
ROUT 6
DES ENLACE
TKTP TIE      (Ruta para enlace)
NPID_TBL_NUM 0
ESN NO
RPA NO
CNVT NO
SAT NO
RCLS EXT
DTRK YES
DGTP DTI2
DSEL VCE     (Ruta para voz exclusivamente)
PTYP DTT
AUTO NO
DNIS NO
ICOG IAO     (Para llamadas entrantes y salientes)
SRCH RRB
TRMB YES
STEP 11

```

ACOD 51 (Código de acceso a la ruta)
TARG
BILN NO
OABS
INST
IDC NO (No maneja tablas para conversión de dígitos)
DCNO 0 *
NDNO 0
DEXT NO
ANTK
SIGO STD
STYP SDAT
MFC NO
TIMR ICF 512
 OGF 512
 EOD 13952
 DSI 34944
 NRD 10112
 DDL 70
 ODT 4096
 RGV 640
 GTO 896
 GTI 896
 SFB 3
 TFD 0
SST 5 0
DTD NO
SCDT NO
2 DT NO
NEDC ETH
FEDC ETH
CPDC NO
DLTN YES
HOLD 02 02 40
SEIZ 02 02
SVFL 02 02
DRNG NO
CDR NO
NATL YES
SSL
CFWR NO
IDOP NO
MUS NO
PANS YES
RACD NO
MANO NO
EQAR NO
FRL 0 1
FRL 1 1
FRL 2 1
FRL 3 1
FRL 4 1
FRL 5 1
FRL 6 1
FRL 7 1
TTBL 3

OHTD NO
PLEV 2
OPR NO
ALRM NO
ART 0
OPDL 0
PECL NO
DCTI 0
NADT 0
SGRP 0
CCBA NO
AACR NO

FUNDAMENTOS DE TRANSMISIÓN EN REDES DE TELECOMUNICACIONES.

CONCLUSIONES.

La presente tesis se desarrolló con el objetivo de conjuntar la información necesaria para poder comprender cuáles son los principios básicos que rigen a los sistemas de telecomunicaciones.

Los sistemas de telecomunicaciones evolucionan rápidamente adaptándose de igual manera a la enorme demanda de servicios que el mundo dinámico en que vivimos exige día con día. Por tal motivo, para que cualquier persona que se dedique a trabajar en cualquier área de las telecomunicaciones se adapte de manera rápida a los cambios vertiginosos de la tecnología, es necesario que conozca los principios fundamentales en los que se basan las tecnologías de las telecomunicaciones.

En el mundo de las telecomunicaciones se manejan una enorme cantidad de tecnologías diferentes que atienden a cada tipo de necesidad específica.

La diversidad de tecnologías incluyen sistemas alámbricos, inalámbricos, satelitales, de fibra óptica, etc. Que atienden a las necesidades de transmitir voz, datos, video, multimedios, etc. Además de que para cada tipo de tecnología y necesidad existen una enorme cantidad de fabricantes de soluciones y sistemas que ofrecen sus servicios y tecnologías.

Así mismo, a pesar de existir una enorme cantidad de fabricantes de sistemas de comunicación, que a su vez utilizan una gran variedad de tecnologías, y además de existir una gran variedad de demandas específicas de servicios, es indudable que todos los sistemas se deben de comunicar entre si, por tal motivo se crearon instituciones internacionales que normalizan la manera en que todos los sistemas deben interactuar.

Instituciones como UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones); CCITT (Comité Consultatif International de Télégraphique et Téléphonique); IEEE (Institute of Electronic and Electrical Engineers), entre otras son las encargadas de normalizar los sistemas de telecomunicaciones que se rigen en el mundo. Por tal motivo, si se conocen a fondo las normas, las recomendaciones, y los estándares que se utilizan en el mundo para los sistemas de telecomunicaciones será más fácil adaptarse a los cambios que ofrecen los diferentes fabricantes de tecnología.

Con la investigación desarrollada para la presente tesis se pueden comprender muy a fondo el como y por que de la digitalización de la voz, los requerimientos para la multiplexión de múltiples señales de voz en un mismo carrier, su transporte en redes de alta velocidad, además de poder ver aplicaciones prácticas de las aplicaciones de las normas "G" de UIT en conmutadores privados de voz o PBX (Private Voice Exchange) de NORTEL.

Además de la investigación con un enfoque práctico en cuanto a la telefonía, también se tocan otros temas de actualidad como lo son la transmisión de servicios digitales a través de las líneas telefónicas por medio de ISDN, los diferentes servicios de banda ancha soportados por ISDN y ATM, con lo que nos damos cuenta de que las comunicaciones digitales todavía tienen un enorme campo a explotar en el futuro.

Una vez cumplido el trabajo de investigación se pueden comprender muy a fondo los principios fundamentales que rigen a los sistemas de telecomunicaciones con lo que el objetivo de la presente tesis se cumple satisfactoriamente.

Para todas aquellas personas interesadas en el área de las telecomunicaciones pueden utilizar esta tesis como una guía en la que podrán encontrar las bases fundamentales que rigen a las comunicaciones digitales con lo que la incursión a otras áreas de las telecomunicaciones como las de datos, video o multimedios podrán ser mas fáciles de comprender.

Finalmente se aprecia la importancia de conocer las normas y recomendaciones que emiten las instituciones que rigen el mundo de las telecomunicaciones, ya que son las bases del funcionamiento global de los sistemas, pero también es muy importante estar al día en cuanto a los avances que ofrecen los fabricantes de tecnología ya que también tienen una enorme influencia en el desarrollo de las telecomunicaciones, y como ejemplos se pueden apreciar los nuevos servicios de VOZ IP, TELEFONÍA IP, MENSAJERÍA UNIFICADA, SERVICIOS ON DEMAND, que ofrecen las compañías proveedoras de servicio, los integradores de negocios, y las aplicaciones en la industria.

Fuentes de consulta:

Normas de la ITU:

G.702

G.703

G.704

G.705

G.707

G.708

G.709

G.711

G.712

G.732

G.742

G.744

G.745

G.751

G.753

G.754

I.120

I.121

I.130

I.150

I.210

I.211

I.220

I.231

I.240

I.251

www.itu.com

Documento de SDH de NEC:

www.nec.com

Option 11C documents de Nortel Networks.

www.nortelnetworks.com