

Transmisión de Datos

Luis Moreno¹

¹ Gerente Ingeniería Sistemas CMET, Av. Walker Martínez 911, La Florida, Santiago, Chile.

Resumen. El propósito de este artículo es mostrar diferentes aspectos relacionados con la transmisión de datos. Es necesario indicar la gran importancia que tiene la estandarización referente a los sistemas de telecomunicaciones, lo cual permite la comunicación entre equipos de diferentes fabricantes. También es necesario considerar la enorme importancia que tiene – para llegar a comprender en forma ordenada – un modelo de referencia que nos indique los diferentes niveles o capas, que existen en un sistema de comunicaciones.

1. Introducción

Es un hecho, sin lugar a dudas, la importancia que tiene en la actualidad la normalización que se ha realizado hasta ahora y que continúa realizándose en el ambiente de las telecomunicaciones. En Chile el organismo gubernamental que regula las telecomunicaciones es la “SUBTEL”, Subsecretaría de Telecomunicaciones, la cual ha emitido las normas aplicables en las redes chilenas, a través de los denominados Planes Técnicos Fundamentales (PTF), los cuales han sido publicados en el diario oficial. A nivel internacional el organismo más importante es el “CCITT” – Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía -, el cual ha publicado sus recomendaciones a través de diferentes emisiones, la última denominada Libro Azul (1988).

2. Organismos Normalizadores Internacionales

En la figura 1 se muestran algunas de las organizaciones internacionales más importantes en la estandarización de comunicaciones de datos y a continuación una descripción de cada una de ellas.

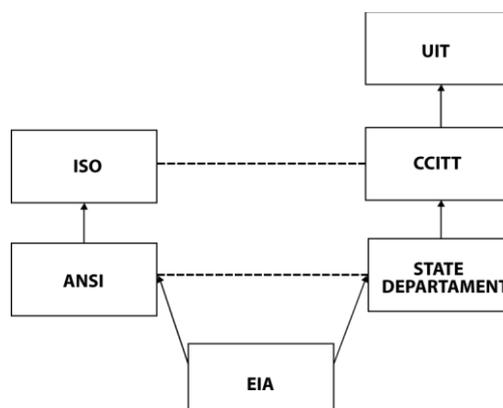


Fig. 1. Principales Organizaciones Internacionales de Estandarización de Comunicaciones de Datos.

2.1. CCITT: Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía

Es una organización de estandarización que está bajo la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, una Agencia de las Naciones Unidas. El CCITT es la Organización Primaria para el desarrollo de estándares aplicables a los sistemas de comunicaciones de datos y telefonía entre los gobiernos participantes.

El CCITT es el responsable del desarrollo de los estándares:

- ❖ x.25 (Red de paquetes)
- ❖ RDSI (Red de Servicios Integrados)

El “CCITT” está estructurado en varios niveles de miembros. En un primer nivel encontramos por ejemplo que Estados Unidos lo hace a través del Departamento de Estado; en un segundo nivel de miembros existen las Organizaciones de Servicio de Telecomunicaciones tales como AT & T y GTE; en un tercer nivel incluyen los miembros de Organizaciones Industriales y Científicas; un cuarto nivel incluye Organizaciones en otros campos y que están interesados en los trabajos del CCITT. La “SUBTEL” Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile se basa en las recomendaciones del “CCITT” para establecer las normas técnicas de la Red Chilena. Estas normativas se encuentran en los denominados “PTF” o Planes Técnicos Fundamentales, los cuales han sido publicados por el Diario Oficial.

2.2. ISO: Organización de Estándares Internacionales.

El ISO es una organización voluntaria consistente en Comités de Estándares Nacionales de cada uno de los países miembros. El ISO coordina sus actividades con el CCITT en emisiones conjuntas. ISO ha producido varios estándares bien conocidos como el HDLC (High Level Data Link Control).

La organización tiene subcomités y grupos trabajando con el “CCITT” y el “ANSI” para desarrollar estándares para encriptación, comunicaciones de datos, redes públicas de datos, y el bien conocido modelo de referencia para interconexión de sistemas abiertos OSI (Open Systems Interconnection).

2.3. EIA: Asociación de Industrias Electrónicas.

La Asociación de Industrias Electrónicas “EIA” es una Asociación Americana que tiene bastante influencia en el desarrollo de Estándares en Norteamérica.

El trabajo de la EIA está enfocado primariamente en la estandarización eléctrica, sus estables más notables incluyen las normas RS232C y RS449.

2.4. ANSI: (American National Standards Institute).

El “ANSI” es una corporación voluntaria en los Estados Unidos y es miembro de la ISO. Este desarrolla estándares por sí mismo y también acepta estándares de otras organizaciones de los Estados Unidos.

Entre sus trabajos esta la estandarización en lenguajes de programación tales como “Cobol” y Fortran y últimamente en lenguaje “C”.

3. Modelo de Referencia para Interconexión de Sistemas Abiertos.

Un modelo es una representación o simplificación que hace a un concepto más comprensible. Para comprender modelos de sistemas complejos, es importante dividir las estructuras en partes fácilmente comprensibles. Los sistemas de transmisión de datos se consideran a menudo estratificados en capas de funciones. En la figura 1.2 se demuestra en forma esquemática un modelo de referencia para interconexión de sistemas (ISA). Aceptados por las principales entidades normalizadoras. Para un estudio más completo se pueden encontrar en las recomendaciones x 200 del CCITT.

4. Conceptos Básicos de Comunicaciones de Datos.

Los datos son almacenados en computadores y transmitidos a través de un sistema de comunicaciones en la forma de dígitos binarios, o Bits. Los dígitos pueden ser unos (1) o ceros (0) y son codificados de acuerdo con el sistema numérico binario (Base 2).

Los Bits binarios internamente en un computador se representan por niveles de tensión eléctrica. Una señal de nivel-alto dentro de un elemento de memoria podría representar en un 1; una señal de nivel-bajo, un cero. Estos elementos son enlazados en grupos para formar números y caracteres; tales como el numero 6 o la letra A, de acuerdo a códigos establecidos.

Los datos son transmitidos a través de los enlaces de comunicaciones (Red Telefónica por ejemplo) en la forma de señales que son secuencias de Bits que representan números y caracteres.

Estas señales pueden ser por ejemplo eléctrica, óptica, etc. en forma general este flujo de Bits puede ser dividido en datos de control y datos de usuario (texto). Los datos de control son usados para controlar la Red y el flujo de datos del usuario.

4.1. Velocidad de Transmisión (BPS) y Razón de Cambio de una Señal (BAUD).

En la figura 3 se muestra una forma particular de transmisión de datos a través de un canal de comunicaciones desde un equipo transmisor hasta un equipo receptor.

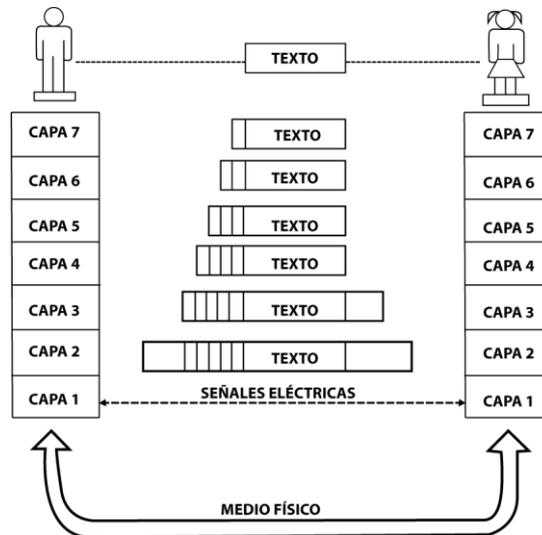


Fig. 2. Modelo de referencia para interconexión de sistemas abiertos.

En comunicación de datos un término bastante común es el “Baud” el cual describe la razón de cambio de la señal en el canal de transmisión, esto es, cuantas veces (por segundo) la señal cambia su patrón. En la figura 3, el dispositivo de transmisión ensambla los Bits en grupos de a dos y entonces modifica la forma de la onda oscilatoria (esto es, cambia el estado de la señal) a una de las cuatro amplitudes para representar cualquier combinación de dos Bits (00, 01, 10, 11). En este ejemplo, la razón de transferencia de Bits (BPS = Bit por segundos) en dos veces la razón de cambio de la señal (BAUD).

4.2. Modem (Modulador – Demodulador).

El proceso de la figura 4, se denomina “Modulación”. Esto simplemente significa que el flujo de datos cambia o modula la señal para adaptarla al canal o enlace de comunicación, en la recepción de señal recibida debe volverse a su patrón digital original, este proceso se denomina demodulación.

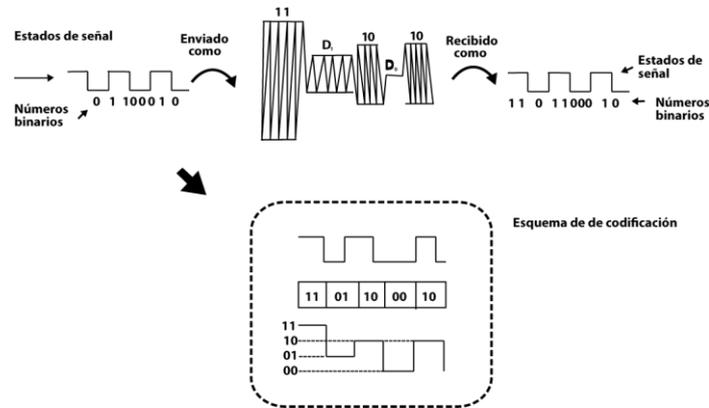


Fig. 3. Transmitiendo datos.

Un dispositivo que tiene la capacidad de realizar dos funciones se denomina Modem.

En la figura 5, se muestran los componentes básicos de un modem. La palabra MODEM está formada por las sílabas iniciales de MODulador y DEModulador. Los módems se clasifican de diversas formas. Hay módems de diferentes tipos de modulación; por ejemplo, FSK y PSK. Hay módems sincrónicos y asíncronos. Hay módems de diferentes normas, como por ejemplo normas del CCITT y BELL.

En la Tabla 3.1, se muestran los valores normalizados de las frecuencias para un modem normas Bell 103.

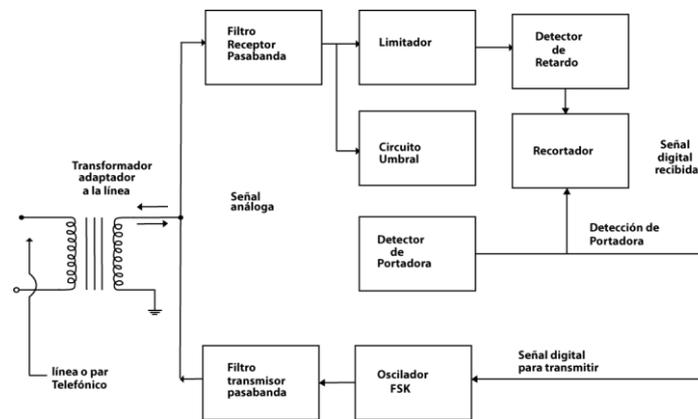


Fig. 4. Diagrama en bloque de un modem modulación FSK.

Tabla 1. Modem 300 Baudios, asincrónico, Normas Bell 103.

<p>Frecuencias de Recepción</p>	<p>A. Respuesta marca 1220 Hz B. Originador marca 2225Hz espacio 2025Hz</p>	<p>Frecuencia de Transmisión</p>	<p>A. Respuesta marca 2225Hz espacio 2025Hz B. Originador marca 1220Hz espacio 1070 Hz</p>
--	--	---	---

El par telefónico está terminado en un transformador adaptador de impedancias. El secundario del transformador está conectado a las partes receptoras y transmisoras como muestra el diagrama. La señal de salida, a transmitir, podría afectar la sección receptora debido a que las frecuencias de transmisión y recepción están en bandas diferentes (modos, origen y respuesta). Los filtros pasabanda rechazan ruidos y frecuencias espúreas. El limitador elimina variaciones de amplitud. Un detector de retardo proporciona una muestra retardada de la señal, compara esta con la señal de salida y entrega una salida que es proporcional a la diferencia de frecuencia. El recortador le da la forma definitiva a la señal digital recibida. El conjunto circuito umbral con el detector de portadora indica la recepción de portadora.

Cuando la información está siendo transmitida, el tren de pulsos digitales en serie se aplica al oscilador de desplazamiento de frecuencias, el cual produce las frecuencias de audios de tonos desplazados que representan los unos y ceros. Estas señales son filtradas de tal forma de eliminar armónicos espúreas, y son pasadas a través del transformador adaptador de impedancias para la línea telefónica.

4.3. Transmisión de datos a través de una red digital (RDSI).

La transmisión de datos se puede realizar en un ambiente completamente digital. En la actualidad existen teléfonos digitales que pueden realizar las funciones de voz y transmisión de datos en forma simultánea y por un solo par telefónico común.

En la figura 6, se muestra un diagrama de bloques de este nuevo tipo de teléfonos digitales que inicialmente se empezó a utilizar en empresas privadas y actualmente se empieza a aplicar en la telefonía pública. Nótese que en este caso el modem empieza a quedar obsoleto.

Una persona puede realizar una llamada de voz a través del teclado del teléfono digital o puede “llamar” o recibir “llamadas” de datos a través del terminal o computador, el cual tiene cargado un Software de Comunicaciones.

La persona puede estar conversando y simultáneamente accediendo un computador “Host” a través de su terminal de datos.

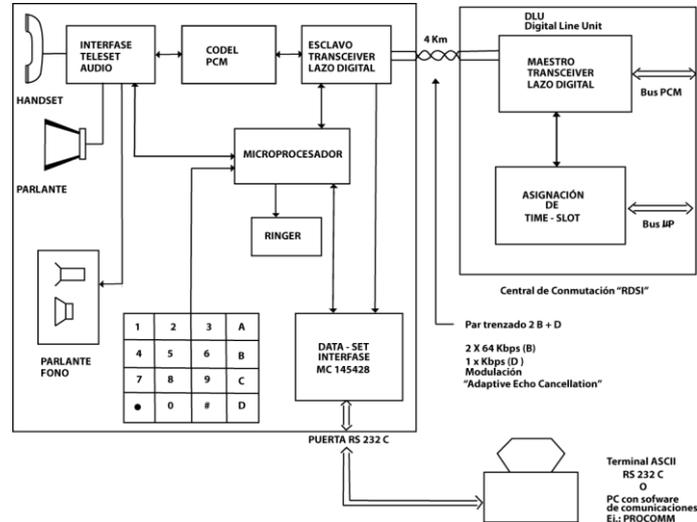


Fig. 5. Diagrama de un Teléfono Digital con voz y datos.

4.4. Modos de operación de datos.

En la Figura 3.4 se muestran los modos de transmisión de datos y sus significados.

Estos modos se utilizan cuando un enlace se realizaba en comunicación análoga y con módems para adaptarse al canal. Actualmente en comunicación digital los datos podrían transmitirse multiplexados en el tiempo y para el usuario percibir la transmisión como Full – Dúplex.

4.5. Formas básicas de transmitir datos.

En la actualidad hay varias formas de transmitir datos:

Uso de circuitos privados (dedicados) en la banda de voz mediante la utilización de módems.

Concepto de virtud del cual las relaciones entre una red y los servicios que esta pueda soportar están representadas por una jerarquía de capas de protocolo. Cada capa contiene una o más funciones, circunscritas entre una frontera lógica superior y una inferior. Cada capa emplea los servicios que se ponen a disposición de las capas más altas.

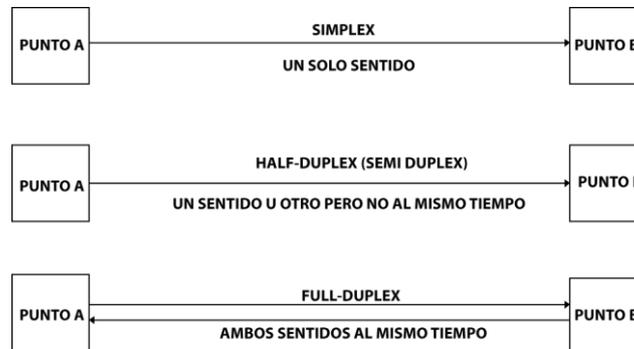


Fig. 6. Modos de Operación de un Enlace de Datos.

Las siguientes designaciones resumen sucintamente las capas del modelo:

- ❖ Capa 1 (Física). Incluye la transmisión de señales y la activación y desactivación de las conexiones físicas.
- ❖ Capa 2 (Enlace). Incluye la sincronización y cierto control de la influencia de los errores dentro de la capa física.
- ❖ Capa 3 (Red). Incluye las funciones de encaminamiento y conmutación.
- ❖ Capa 4 (Transporte). Utiliza las capas 1 a 3 para proporcionar un servicio extremo a extremo de las características requeridas para las funciones de la capa superior.
- ❖ Capa 5 (Sesión). Permite que las entidades de presentación organicen y sincronicen su dialogo y gestionen su intercambio de datos.
- ❖ Capa 6 (Presentación). Incluye el establecimiento del formato de los datos y la conversión de código.
- ❖ Capa 7 (Aplicación). Proporciona los medios para que los programas del usuario accedan al entorno ISA; puede contener partes de los dichos programas de usuario.
 - Uso de circuitos privados (dedicados) en la banda de voz mediante la utilización de Modems.
 - Uso de circuitos privados digitales 64 Kbps ó 2.48 Kbps mediante adaptadores de comunicaciones.
 - Uso de la red digital (RDSI) conmutada mediante la utilización de teléfonos digitales con "DATA" o mediante adaptadores de comunicaciones.
 - Utilización de otros tipos de redes de datos como la red de conmutación de paquetes o la red telex.

5. Medios de transmisión de datos.

5.1. Introducción.

El medio de transmisión es la facilidad física utilizada para interconectar equipos de transmisión de datos. Los medios físicos pueden dividirse en transmisión espacial aérea y física terrestre.

Enlaces físico terrestre.

- Par de cables trenzados
- Cable coaxial banda angosta
- Cable coaxial banda ancha
- Fibra óptica

Enlaces espacio aéreo.

- Microondas
- Infrarrojo
- Láser
- Radio frecuencia

El medio más utilizado es el par de cables trenzados utilizado en telefonía. El medio físico que está creciendo en aplicaciones de data es por fibra óptica. Estos dos medios serán descritos a continuación.

5.2. Par de cables trenzados.

Los conductores son descritos por su tamaño. La normalización americana es el sistema AWG (American Wire Gauge). Valores de AWG mas altos indican conductores de menor calibre. A continuación hay tablas, de las características eléctricas y códigos de colores más importantes.

El bucle del abonado telefónico utiliza calibre que van normalmente del AWG-22 al AWG-26. Líneas troncales entre centrales de conmutación utilizan normalmente AWG-19.

5.3. Fibra óptica.

Los sistemas con fibra óptica ofrecen cuatro ventajas sobre los sistemas típicos de cable metálico:

- Características de comportamiento

- Inmunidad eléctrica
- Tamaño y peso
- Seguridad

❖ **Características del comportamiento**

Los sistemas basados en fibra óptica ofrecen mejor ancho de banda, lo que permite que altos volúmenes de información a una gran velocidad pueden ser transmitidos. Velocidades de información de 90 Mbps y más son indicadores de la ventaja de la fibra. La fibra óptica también introduce pérdidas de potencia en la señal óptica pero son bajas. Lo cual minimiza la necesidad de usar repetidores generativos en aplicaciones de larga distancia.

❖ **Inmunidad al ruido eléctrico**

La fibra óptica es un conductor no metálico. De esta forma no es afectada por emisiones electromagnéticas (EMI) o por interferencia de radiofrecuencia (RFI). De esta forma el “cross-talk” es eliminado.

Tamaño reducido y bajo peso. Un solo cable conductor de fibra óptica pesa cerca de 9 lbs por 1000 pies. Un cable coaxial similar pesa 80 lbs por 1000 pies, cerca de nueve veces más.

Mayor seguridad. Los enlaces de fibra óptica no son fácilmente monitoreables para espiar la información transmitida.

Tabla 2. Características eléctricas de los pares trenzados telefónicos.
Resistencia eléctrica de los conductores medida en corriente continua y corregida a 20°C no excede de:

AWG	OHMS/Km-Par Máxima
19	57,2
22	115,6
24	180,2
26	285,5

❖ **Desbalance de resistencia.**

No excede 4% para calibre 19 y 22 AWG, ni 5% para calibres 24 y 26 AWG como valores individuales entre 2 conductores de un par.

El valor promedio no excede de 1,2% para calibres 19 y 22 y de 1,5% para calibres 24 y 26 AWG.

- **Resistencia de aislación.**

Mínima 5000 Megohms/Km medido aplicando 500 volt de corriente continua a 20°C, durante 1 minuto.

- **Capacidad mutua.**

El valor promedio medido a 1 KHz \pm 10% para cables de 18 pares o más, es de 0,052 \pm 0,004 μ f/Km.

○ **Desbalance de capacidad:**

Los desbalances máximos de capacidad entre pares adyacentes medidos a 1 KHz + 10% no excederán de: par a par promedio máx. 20 F/305 mts. máx. individual 80 μ F/305 mts.

Si la medición se efectúa sobre longitudes diferentes a 305 mts. el desbalance corregido será:

Do = Desbalance original

D = desbalance corregido

L = Largo del cable

$$D = \frac{D_o}{\sqrt{\frac{L}{305}}} \quad (1)$$

Tabla 3. Características eléctricas de los pares telefónicos (Cont.)

○ **Rigidez dieléctrica:**

La aislación soporta una prueba de voltaje continuo entre conductores, durante 3 segundos se:

Tabla 3. Tabla de rigidez dieléctrica

AWG	Volts
19	4500
22	3600
24	3000
26	2400

La aislación entre conductores y pantalla soporta durante 3 segundos la prueba de voltaje continuo de:

Tabla 4. Tabla de aislamiento

AWG	Volts
19	10000
22	10000
24	5000
26	5000

- **Atenuación:** No excede de los valores máximos indicados cuando es medido a: 1 KHz + 10%.

Tabla 5. Tabla de atenuación

AWG	Decibeles/Loop/km
19	0,81
22	1,15
24	1,44
26	1,78

Tabla 6. Tabla de pares extra

Nº pares nominales	Nº pares extras	Nº pares nominales	Nº pares extras
3	-	75	1
6	-	100	1
12	-	150	2
18	-	200	2
25	1	300	3
31	1	400	4
37	1	600	6
50	1	900	9

Tabla 7. Código pentaconta 100/2 pares telefónicos.

Par	Color	Acompañante	Par	Color	Acompañante
1	Azul	Blanco	21	Azul	Rojo-Blanco
2	Amarillo	Blanco	22	Amarillo	Rojo-Blanco
3	Marrón	Blanco	23	Marrón	Rojo-Blanco
4	Negro	Blanco	24	Negro	Rojo-Blanco
5	Verde	Blanco	25	Verde	Rojo-Blanco
6	Azul-Bco.	Blanco	26	Azul-Bco.	Rojo-Blanco
7	Azul-Amar.	Blanco	27	Azul-Amar.	Rojo-Blanco
8	Azul-Mar.	Blanco	28	Azul-Mar.	Rojo-Blanco
9	Azul-Negro	Blanco	29	Azul-Neg.	Rojo-Blanco
10	Azul-Verde	Blanco	30	Azul-Verde	Rojo-Blanco
11	Ama.-Bco.	Blanco	31	Ama.-Bco.	Rojo-Blanco
12	Ama.-Mar.	Blanco	32	Ama.-Mar.	Rojo-Blanco
13	Ama.-Neg.	Blanco	33	Ama.-Neg.	Rojo-Blanco
14	Ama.-Verd.	Blanco	34	Ama.-Verd.	Rojo-Blanco
15	Mar.-Bco.	Blanco	35	Mar.-Bco.	Rojo-Blanco
16	Marg.-Neg.	Blanco	36	Marg.-Neg.	Rojo-Blanco
17	Mar.-Ver.	Blanco	37	Mar.-Ver.	Rojo-Blanco
18	Neg.-Bco.	Blanco	38	Neg.-Bco.	Rojo-Blanco
19	Neg.-Ver.	Blanco	39	Neg.-Ver.	Rojo-Blanco
20	Ver.-Bco.	Blanco	40	Ver.-Bco.	Rojo-Blanco
Par	Color	Acompañante	Par	Color	Acompañante
41	Al Idem	Rojo-Negro	61	Al Idem	Rojo
60	Al Idem	Rojo-Negro	80	Al Idem	Rojo
81	Al Idem	Azul-Rojo			
100	Al Idem	Azul-Rojo			

Tabla 8. Código paso a paso 100/2 de pares telefónicos.

Par	Color	Acompañante	Par	Color	Acompañante
1	Azul	Blanco	16	Azul	Amarillo
2	Naranja	Blanco	17	Naranja	Amarillo
3	Verde	Blanco	18	Verde	Amarillo
4	Marrón	Blanco	19	Marrón	Amarillo
5	Gris	Blanco	20	Gris	Amarillo
6	Azul	Rojo	21	Azul	Lila
7	Naranja	Rojo	22	Naranja	Lila
8	Verde	Rojo	23	Verde	Lila
9	Marrón	Rojo	24	Marrón	Lila
10	Gris	Rojo	25	Gris	Lila
11	Azul	Negro	-	-	-
12	Naranja	Negro	26	Al Idem.	Idem.
13	Verde	Negro	100	Al Idem.	Idem.
14	Marrón	Negro			
15	Gris	Negro			

Nota: El Multipar de 100/2 tiene cuatro grupo de 252 c u, los cuales van separados por cintas.

Grupo 1: Franja Azul; Grupo 2: Franja Naranja; Grupo 3: Franja Verde; Grupo 4: Franja Marrón. A veces se acompañan con franjas blancas.

Tabla 9. Código Stronber Carson de 100/2 de pares telefónicos.

Par	Color	Acompañante
1	Azul-Blanco	Blanco-Azul
2	Naranja-Blanco	Blanco-Naranja
3	Verde-Blanco	Blanco-Verde
4	Marrón-Blanco	Blanco-Marrón
5	Gris-Blanco	Blanco-Gris
6	Azul-Rojo	Rojo-Azul
7	Naranja-Rojo	Rojo-Naranja
8	Verde-Rojo	Rojo-Verde
9	Marrón-Rojo	Rojo-Marrón
10	Gris-Rojo	Rojo-Gris
11	Azul-Negro	Negro-Azul
12	Naranja-Negro	Negro-Naranja
13	Verde-Negro	Negro-Verde
14	Marrón-Negro	Negro-Marrón
15	Gris-Negro	Negro-Gris
16	Azul-Amarillo	Amarillo-Azul
17	Naranja-Amarillo	Amarillo-Naranja
18	Verde-Amarillo	Amarillo-Verde
19	Marrón-Amarillo	Amarillo-Marrón
20	Gris-Amarillo	Amarillo-Gris
21	Azul-Lila	Lila-Azul
22	Naranja-Lila	Lila-Naranja
23	Verde-Lila	Lila-Verde
24	Marrón-Lila	Lila-Marrón
25	Gris-Lila	Lila-Gris

Nota: El multiplexar de 100/2 tiene cuatro grupos de 25 2 cu, los cuales van separados por cintas. Grupo 1: Franja Azul; Grupo 2: Franja Naranja; Grupo 3: Franja Verde; Grupo 4: Franja Marrón, a veces se acompañan con Franja Blanca.

❖ Estructura de la Fibra Óptica.

Núcleo (Core): Esta es el área de transmisión de la fibra, puede ser de vidrio o plástico. Capa (Cladding) de Reflexión. Esta es la zona límite de la fibra. Su función es proporcionar una superficie de índice de refracción diferente a la del núcleo con el propósito de producir la reflexión de la luz dentro de la fibra.

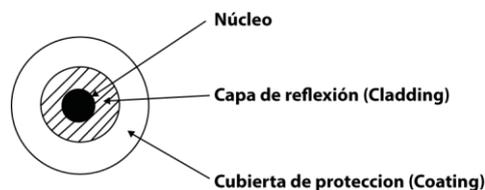


Fig. 7. Estructura de la fibra óptica.

Cubierta (Coating) de Protección. La cubierta de protección generalmente son varias capas de plástico aplicadas con el propósito de proteger la fibra a los esfuerzos que será sometida en su instalación y operación.

○ **Tamaño de la Fibra**

El tamaño de una fibra óptica es generalmente definido por los diámetros externos de núcleo y capa de reflexión.

La cubierta de protección no interesa en este caso, pues no está relacionada directamente a la transmisión de la luz.

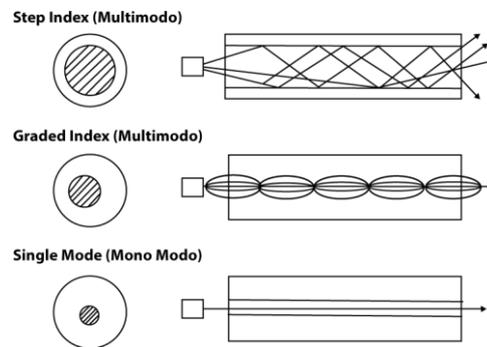


Fig. 8. Representación gráfica de como los rayos viajan en los tres tipos de fibras.

○ **Tipos de Fibra**

Los tipos de fibra son identificados por los caminos que realizan los rayos de luz dentro de la fibra.

Hay dos tipos de fibra multimodo:

- Step Index Núcleo con: 100, 200, 300 μ m
- Graded Index Núcleo con: 50-62,5-85-100 μ m

Y una sola de la categoría monomodo:

- Single Modo Núcleo con: 5-10 μ m

Step Index deriva su nombre debido a que hay un solo cambio abrupto en el índice de refracción al pasar del núcleo a la capa de reflexión.

Graded Index deriva su nombre debido a que hay varios cambios del índice de refracción en el núcleo y finalmente al pasar a la capa de reflexión.

Single Mode permite solamente un solo rayo de luz o un modo de ser transmitido por el núcleo.

La figura muestra en forma gráfica el comportamiento de los rayos de luz a través de la fibra óptica.

- **Ventanas de transmisión**

Las regiones favorables para la transmisión dentro del espectro óptico son denominadas “Windows”, la región de los 800 a 900 nanómetros (longitud de onda) es la primera ventana, de 1100 a 1300 nanómetros es la segunda ventana, y cerca de los 1550 nanómetros se denomina la tercera ventana.

Las menores pérdidas ocurren en la región del infrarrojo cerca de los 1300 nanómetros y nuevamente alrededor de los 1550 nanómetros.

Pérdidas de la potencia para las diferentes longitudes de onda ocurren en la fibra debido a absorción, reflexión y dispersión. Esto ocurre a través de la distancia dependiendo de la fibra específica, su tamaño, pureza e índices de refracción.

La cantidad de potencia óptica perdida se expresa como una razón de atenuación en decibeles de potencia óptica por kilómetro (Db/Km).

Las fibras están optimizadas para operar en ciertas longitudes de onda. Por ejemplo, pérdidas menores que 1 Db/km se obtienen en fibras multimodo de 50/125 n operando a 850 nm.

Estas dos regiones, 850 a 1300 nm, son las aéreas más utilizadas para la transmisión de datos en estos días.

Los instrumentos más utilizados en la instalación de fibra óptica son: medidores de potencia óptica, generadores de luz a 850/1300 nm, conectores adaptadores según la aplicación. Las herramientas especiales a utilizar son las que se aplican para realizar la unión entre dos fibras, en este caso hay herramientas para realizar la unión por fusión denominadas “Splicer” y también conectores especiales y herramientas para realizar la unión mecánica.

- **Funciones realizadas por un sistema de transmisión de fibra óptica**

Cuatro son las funciones genéricas de los sistemas de transmisión por fibra óptica en las redes públicas de telecomunicaciones: Ver figura 10.

- Terminación de canal
- Interfase óptico
- Reencaminamiento de tráfico
- Gestión y mantenimiento

- **Terminación de Canal**

Proporciona el interface eléctrico para los canales de menor velocidad (de 64 Kbps o 2 Mbps) que transporta el sistema. La terminación de canal realiza las siguientes funciones:

- Sincronización de señales fuentes
- Multiplexación y conversión de códigos
- Monitoreo y protección
- **Interface Óptico**

Adapta las señales procedentes de la terminación de canal. Para su transporte por la fibra óptica. El interface óptico realiza las siguientes funciones:

- Conversión eléctrico/óptica y viceversa
- En algunos casos Multiplexación
- Mantenimiento

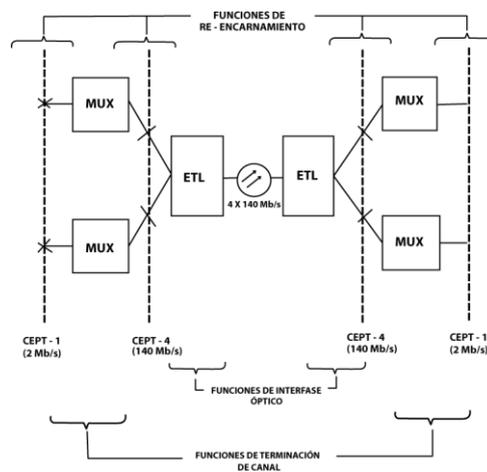


Fig. 9. Funciones de un sistema de transmisión por fibra óptica.

- **Reencaminamiento**

Ejecuta el Reencaminamiento de canales a nivel eléctrico debido a restauraciones de un enlace fuera de servicio. Las funciones realizadas en este nivel son:

- Conmutar canales ofreciendo un canal alternativo frente a las condiciones de tráfico.
- Reiniciación de funcionamiento de canales cuando entra un servicio algún canal.

- **Gestión y Mantenimiento**

Permite reconocer el estado y tomar acciones sobre los elementos de la red, sus funciones incluyen:

- Mantenión (alarmas, diagnósticos, informar al bloque de reencaminamiento)
- Administración

6. Disciplinas de Comunicaciones.

6.1. Introducción.

Esta sección presenta un resumen de las principales disciplinas de líneas o protocolos de comunicaciones.

El termino protocolo, en forma básica, define como los componentes de una red establecen una comunicación, intercambian datos y terminan las comunicaciones, tal como un protocolo diplomático define las reglas de una conversación social.

El cuadro 5.1 muestra un resumen de algunos de los protocolos de transmisión de datos más importantes.

En general, una primera división originada por la capa física en la de transmisión en paralelo y en serie siendo esta última subdividida en transmisión serie asincrónica y transmisión serie sincrónica.

- ❖ Transmisión paralela
 - Centronics
 - Buses Asincronos
 - Transferencia entre registros de memorias y CPU.
 - Engral. Utilizada para transmisión a distancias cortas (2 mts.)
- ❖ Transmisión serie:
 - Asíncrona
 - Télex Loop 20 miliamper código Baudot
 - EIA RS 232 C
 - Código ASCII
 - Sincrónica
 - Orientados al Bit
 - ✓ IBM SDLC (SNA)
 - ✓ ISO HDLC
 - CCITT X.25

 - Orientados al Byte
 - ✓ IBM BSC
 - ✓ DEC DDCMP
 - ✓ DMI AT & T

DEC : Digital Equipment Corporation
DDCMP : Digital Data Communication Message Protocol
ANSI : American National Standards Institute
ISO : International Standards Organizations
CCITT : Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico
DMI : Digital Multiplexed Interfase
AT & T : American Telephone and Telegraph Company

6.2. Transmisión en paralelo

En la figura 11, se muestra la forma en que se realiza la transmisión en paralelo bajo el protocolo "Handshake". El sistema transmisor primero coloca el dato en el Bus y después de un tiempo envía un pulso de enganche (Strobe), el cual es utilizado de reconocimiento (Acknowledge) de recepción de información. Este último pulso a veces no es utilizado. Este protocolo es utilizado por la mayoría de las interfases de impresoras paralelas.

6.3. Transmisión serie asincrónica

En la figura 12, se muestra la forma en que se realiza la transmisión de un carácter bajo el protocolo serie Asincrono. Los niveles de tensión utilizados son los que encontramos en las interfases serie RS 232-C. La "Sincronización" de la información se realiza con los hits de partida y de parada.

Cuando no se está transmitiendo datos el nivel que toma la línea es aproximadamente: -12 volts. Los tiempos mostrados son los que encontraríamos si la velocidad de transmisión es 300 Bps, para la transmisión de un carácter se necesita 10 Bits = 1 Bit de partida + 8 Bits del carácter + 1 Bit de parada. De esta forma a 300 Bps podemos transmitir 30 caracteres por segundo.

6.4. Transmisión serie sincrónica.

La figura 13, se muestra la forma en que se puede transmitir un carácter en forma serie sincrónica. Nótese la señal adicional de sincronización denominada clock se puede ir almacenando los Bits en el receptor. Nótese que aquí no se informa dónde comienza y termina un carácter, por lo cual es necesario definir esta sincronización. De esta última necesidad se origina los protocolos orientados al Bit y los orientados al Byte.

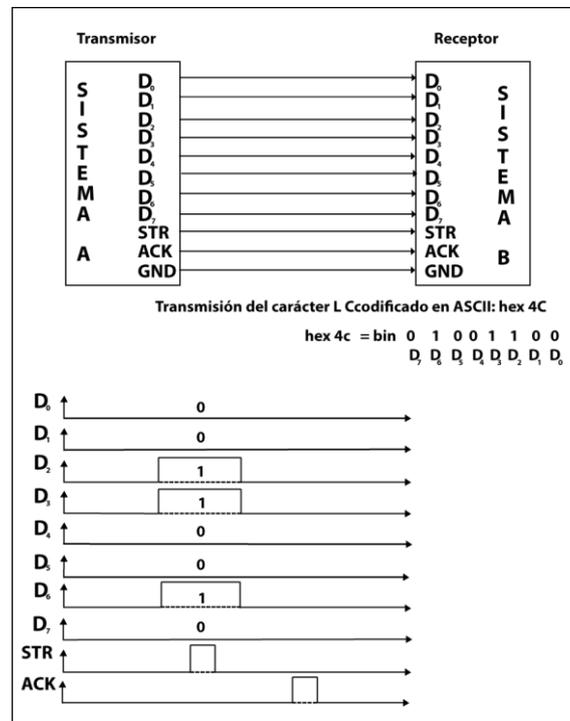


Fig. 10. Transmisión paralela protocolo Handshake.

6.5. Protocolo de Comunicaciones sincrónica binaria (BSC).

El protocolo de comunicaciones sincrónicas más utilizado hasta hace poco tiempo, se conoce como “BSC” Binary (Sincardnous) el cual fue desarrollado por la IBM. En un comienzo fue diseñado para usar código “EBCDIC” pero luego se le agrego el código “ASCCI”. En la figura 12, se muestra el formato típico de un mensaje “BSC”. En la figura 13, se muestra la forma general de la transmisión completa de un mensaje “BSC”, en las tablas 10 y 11 hay una explicación de los significados de los diferentes tipos de caracteres.

6.6. Protocolo de comunicaciones sincrónicas “SDLC”.

Este protocolo sincrónico fue introducido por la IBM el año 1973. Este es bastante similar como el “HDLC”.

El mensaje “SDLC” se transmite a través de línea en un formato específico denominado trama (frame). La figura 5.6 muestra la estructura de un mensaje SDLC.

Los Flags de comienzo y de término consisten de patrones de 8 Bits de la forma 01111110. Estos campos sirven como referencias para el comienzo y el término de la trama. El Flags de término puede servir de comienzo para la próxima. Múltiples Flag pueden ser repetidos para mantener el estado de la línea activa cuando no está transmitiendo mensaje.

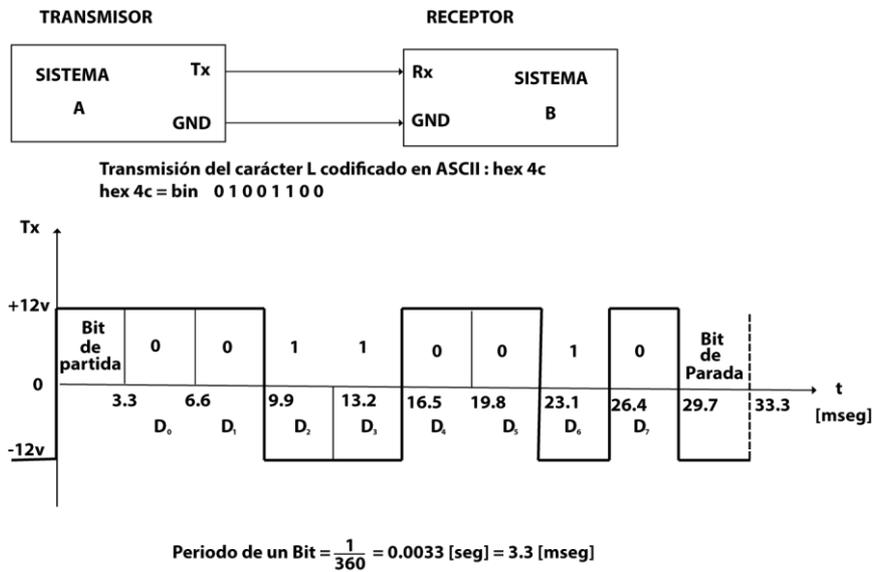


Fig. 11. Transmisión serie asíncrona (transmisión 300 BPS).

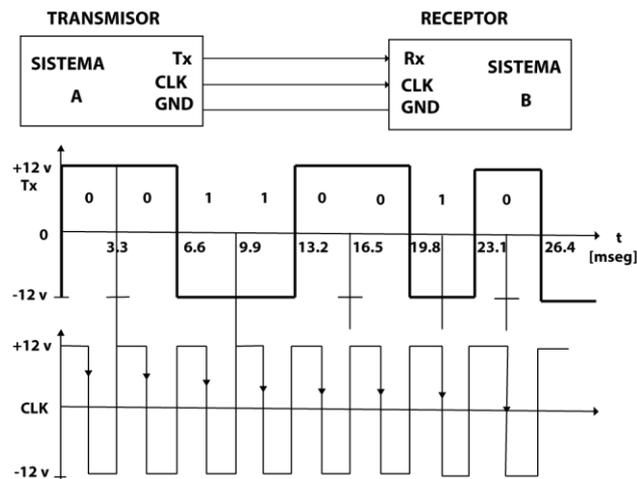


Fig. 12. Transmisión serie sincrónica (transmisión 300 BPS).

Tabla 10. Caracteres de control de transmisión de BSC.

Carácter	Nombre	Propósito
SYN	Sincronización	Provee un patrón de bits requerido para la sincronización de la estación receptora. También se usa para relleno.
ENQ	Inquiere	Requerimiento de respuesta; solicitud de control de línea y a veces fin anormal de texto.
SOH	Encabezamiento	Inclusión de datos auxiliares precediendo al texto del mensaje.
STX	Comienzo de texto	Comienzo de los datos en el bloque.
NAK	Reconocimiento negativo	Detección de un error en un bloque de datos. También significa condición “no listo”.
ETB	Fin de la transmisión del bloque	Fin de un bloque... y sigue mas.
ETX	Fin de texto	Como ETB, pero no sigue mas bloques.
EOT	Fin de la transmisión	La estación no tiene datos.
DLE	Escape de enlace	Uso múltiple como carácter modificador del control.
ITB	Fin de bloque intermedio	Como ETB, salvo que la estación receptora no hará reconocimiento luego del chequeo de error.

Tabla 11. Caracteres de control de secuencia en BSC.

Carácter	Nombre	Propósito
ACKØ	Reconocimiento positivo.	Usados alternativamente para reconocer la recepción correcta de bloques de datos. ACKØ para bloques pares, ACK1 para impar. ACKØ También se usa como respuesta positiva a un intento de control de línea.
DLE EOT	Desconexión Obligatoria.	Usado en una línea discada para indicar que la estación transmisora está “colgando” y por lo tanto la receptora debe hacer lo mismo.
TTD	Demora temporaria del texto.	Cuando la estación emisora, el control, no tiene aún listo el siguiente bloque para envío. Evita el “TIEMPO CUMPLIDO”.
WACK	ACK y espere antes de transmitir.	Transmitido por una estación receptora como reconocimiento positivo y para indicar que aún no está disponible para aceptar otro bloque
RVI	Interrupción de reversión	Transmitido en lugar de un reconocimiento positivo, indicando la necesidad de evitar un mensaje de alta prioridad a la estación que tiene el control de la línea.

6.7. 5.6. Protocolo de comunicaciones “HDLC”.

El “HDLC” es soportado por muchos grupos de estándares (ejemplos: CCITT, ISO, ANSI), y es utilizado por muchos fabricantes de equipos. En la Figura 5.7 se muestra la trama del formato de un mensaje HDLC.

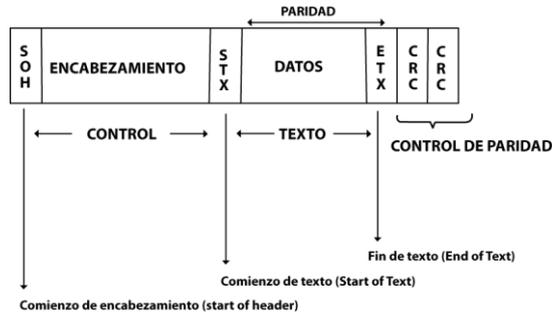


Fig. 13. Ejemplo de un mensaje BSC.

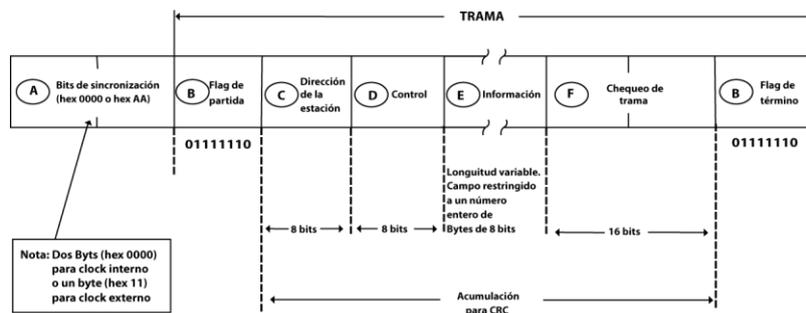


Fig. 14. Formato de un mensaje SDLC: Synchronodus data link control.

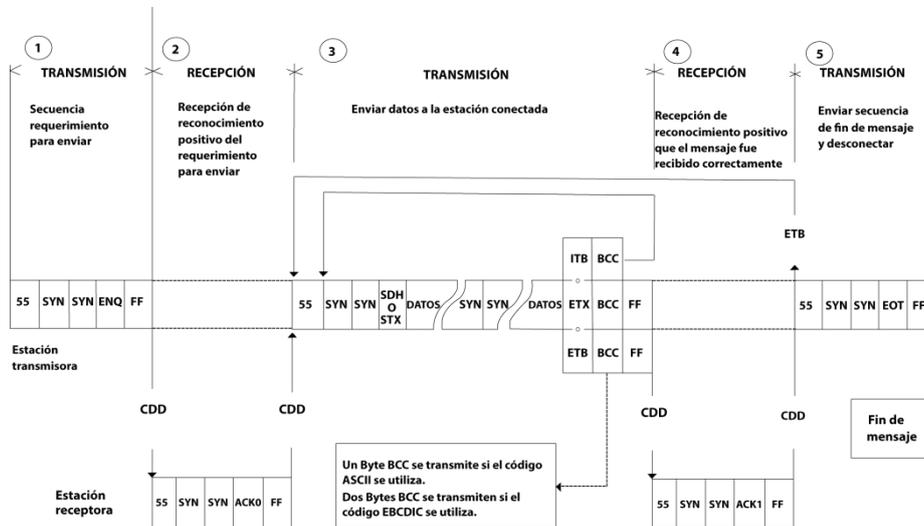


Fig. 15. Formato transmisión completa mensaje BCS: Binary synchronous communications.

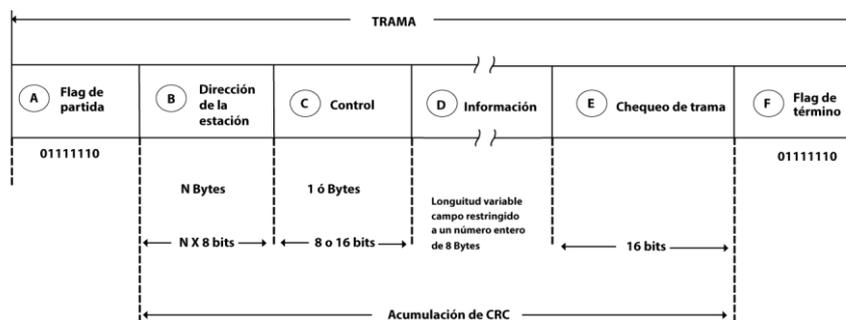


Fig. 16. Formato de una trama HDLC: High level data link control (150). Disciplina utilizada para implementar sistemas de conmutación de paquetes: (CCITT-X.25).

6.8. Protocolo de comunicaciones “DMI” (Digital Multiplexed Interfase).

Este protocolo fue licenciado por la AT & T y promovido por fabricantes como Hewlett-Packard, Wang y Rockwell.

Además de las versiones americanas del “DMI” existen las versiones para los estándares europeos. La versión europea soporta “30B+D” donde cada uno de los 30 canales “B” permite una velocidad de 64 Kbps. Esta es una definición para la transmisión de datos a través de un “RDSI” (Red Digital de Servicios Integrados) mediante el nivel de acceso primario. El “DMI” proporciona ya sea señalización orientada al BIT (Bos) o señalización orientada al mensaje (Mos) en la modalidad de señalización por canal común.

En la figura 18, se muestra la trama típica del formato de acceso primario para la transmisión de 30 canales de voz. La cual bajo el protocolo DMI se utiliza para la transmisión de 30 canales de datos de 64 KBps.

7. Estado de avance de las comunicaciones.

7.1. Introducción.

El avance tecnológico ha permitido un gran desarrollo en las comunicaciones en los últimos años. Con la incorporación de la fibra óptica se aumento el ancho de banda de los enlaces de comunicaciones y por lo tanto la necesidad de multiplexar los enlaces básicos y primarios con el propósito de utilizar en forma adecuada los anchos de bandas disponibles. Junto con esto está la normalización desarrollada para ser aplicada a toda esta nueva tecnología. Una de las normalizaciones más importantes y que va a ir en aumento en los próximos años es la "RDSI" (Red de Servicios Integrados). Las características generales del "RDSI" son explicadas más adelante.

Con el aumento del ancho de banda, de los enlaces de fibra óptica, ha surgido la necesidad de una normalización en la jerarquía de multiplexación de este tipo de enlaces. Esta normalización está orientada a la unificación de las normalizaciones dispares existentes en la actualidad principalmente entre la europea y americana.

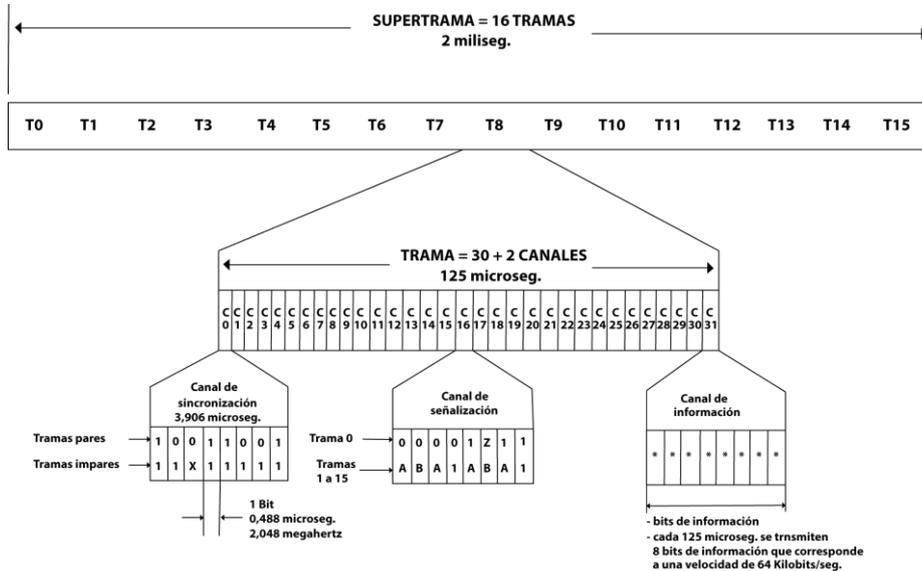


Fig. 17. Estructura PCM acceso primario.

7.2. RDSI (Red de Servicios Integrados).

Muchas organizaciones utilizan seis a diez redes superadas para manejar sus requerimientos de comunicaciones de datos (telefonía conmutada, telefonía dedicada, télex, teletex, telégrafo, red pública de datos, red privada de datos, etc.). La intención de la "RDSI" es utilizar una tecnología al servicio de todos estos sistemas dispares.

La estructura básica del ISDN se ilustra en la figura, la cual muestra tres importantes aspectos de este estándar: grupos funcionales, puntos de referencia, y puntos de acceso. Grupos funcionales son las funciones que pueden ser necesarias para soportar un arreglo de acceso de usuario específico. Puntos de referencia son los puntos conceptuales dividiendo los grupos funcionales y generalmente consisten de interfases conectores físicos. Los puntos de acceso establecen cual de las siete capas "ISO" son utilizadas en los grupos funcionales o puntos de referencia.

El CCITT una organización de las naciones unidas, que define directrices para las telecomunicaciones ha definido cinco puntos de referencia; R, S, T, U, YV. Hay lugares en la red donde una o más interfases para aplicaciones específicas pueden tomar lugar.

Puntos de acceso RDSI. Puntos de acceso 1 y 2. Estos puntos describen los servicios portadores invocados desde las capas 1 a 3 de la "ISO".

Actualmente varios servicios portadores están completamente o parcialmente definidos en la "RDSI", como por ejemplo:

- Un servicio modo circuito a 64 Kbit/s para soportar voz digitalizada.
- Un servicio modo circuito a 64 Kbit/s para soportar datos.
- Un servicio modo paquete para soportar una llamada virtual X.25.

Puntos de acceso 3 y 5. Describen los teleservicios invocados desde las capas número 4 a 7 de las "ISO". Estos servicios incluyen funciones de soporte que están en otros estándares del CCITT, tales como equipo terminal, servicios de telemática y gráfico.

Punto de acceso y utiliza los servicios de otros servicios estandarizados por el CCITT, tales como la serie de recomendaciones "X" y "V".

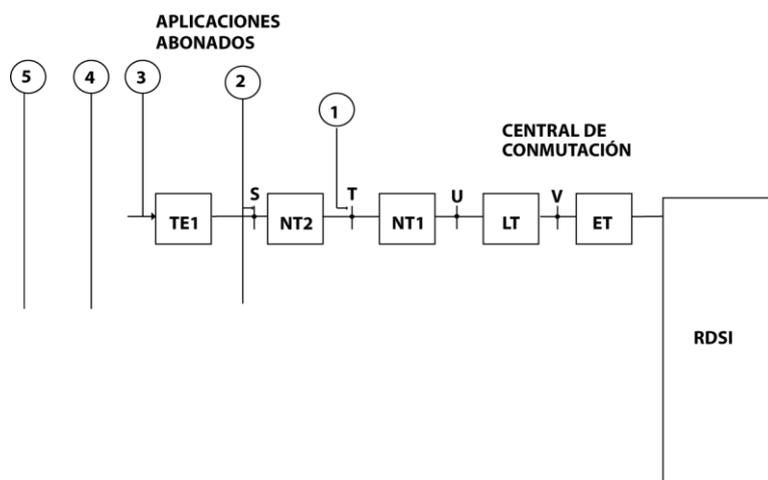


Fig. 18. Estructura básica del RDSI.

Interfases RDSI. La interfase “R”. Es un punto de acceso para equipos no compatibles con la “RDSI” denominados “TE2”. Estos equipos requieren algún tipo de adaptador o convertidor denominado “TA”. Ejemplo de estos equipos son: el teléfono convencional, todos aquellos equipos que se comunican a través de puertos RS232-C, etc. Estos convertidores de protocolos proliferarán en esta década con la expansión de la “RDSI”. Un adaptador de terminal “TA” transforma a un terminal NO-“RDSI”, PC o Modem en un equipo compatible ISDN con interfase de acceso básico (2B+D, con dos canales B a 64 Kbit/s y un canal D a 16 Kbit/s) teléfonos análogos y máquinas fax también pueden ser conectadas a algún “TA” a través de un conector telefónico tipo RJ11.

Las funciones de un “TA”, entre otras, incluyen: adaptación de velocidades de transmisión y conversión de formato de datos por un canal B, interfase por canales “B” y “D” para conmutación de paquetes X.25, digitalización de instrumentos análogos por un canal “B”, señalización fuera de banda en el canal D (de acuerdo a los estándares CCITT Q.931 y Q.921), y la interfase a cuatro hilos capa física RDSI S/T (de acuerdo al estándar CCITT 1430).

Para comprender las funciones de terminales adaptadores es necesario comprender los puntos de referencia y grupos funcionales del RDSI.

La interfase “S”. Es un punto de acceso para equipos compatibles con la “RDSI” denominados “TE1” o para equipos no compatibles con la “RDSI”, pero que lo hacen a través de un convertidor R/S denominado “TA”. El punto “S” es un punto de acceso básico para acceder a los servicios portadores prestados por una RDSI. Este punto es de acceso utiliza dos pares trenzados (4 hilos) y permite la transferencia “Full-Duplex” de los canales “B” a 64 Kbit/s y un canal “D” a 16 Kbit/s, denominado “2B+D”. La interfase “T”. Es donde el equipo de conmutación basado en los requerimientos del “RDSI” se conecta al lado portador de la terminación de Red “NT1”.

La interfase “U”. Es la conexión entre el usuario “RDSI” y el equipo oficina central de conmutación “RDSI”.

El uso de técnicas de cancelación de eco permite operación “FULL-DUPLEX” sobre un solo par trenzado.

Esta interfase básica de dos canales B a 64 Kbit/s cada una y un canal D a 16 Kbit/s denominada “2B+D”.

La interfase “V”. Permite la conexión de la oficina central al resto de la “RDSI”.

La “RDSI” está estructurada en el concepto de señalización para conmutación de circuito, mientras que otros canales (por ejemplo canal V) lleva el flujo de información de usuario. El canal “D” puede también llevar datos de conmutación de paquetes. La “RDSI” permite varias estructuras de interfases para canales. Las mas como interfases entre oficina centrales son: interfases primarias de:

1544 Mbit/s para 2B + D (Americano + 1)

2048 Mbit/s para 3B + D (CEPT – 1 Europeo Latino America).

6.1.3. Funciones RDSI: NT1 (terminación 1 de Red). Influyen funciones asociadas con la terminación física de la red (por ejemplo, transferencia de alimentación, temporización, chequeo, mantención).

NT2 (terminación 2 de Red). Incluye funciones comúnmente encontradas en PBXS, redes de área local (LANS y controladores GLUSTER/TERMINAL).

TE1 (equipo terminal tipo 1). Es un dispositivo de usuario final que cumple con las recomendaciones de la “RDSI”.

TE2 (equipo terminal tipo 2). Es un dispositivo de usuario final que no cumple con las recomendaciones de la “RDSI”.

TA (adaptador de terminal). Es el conversor que adapta equipos que no son compatibles a la “RDSI”.

Para un estudio completo de “RDSI” referirse a los libros azules de la UIT (CCITT).

8. Estandarización del CCITT para la interfase de nodo de redes de la jerarquía digital sincrónica.

Debido al aumento de la demanda de servicios de banda ancha a nacido la necesidad de tener una normalización que sea aplicable universalmente y se ha denominada NNI (Network Node Interfase) aplicable para una nueva jerarquía digital sincrónica (SDH: Synchronus Digital Hierarchy), la cual se denomina Sonet (Synchronus Optical Network) en Norte America.

Las características principales para una nueva red digital sincrónica son:

- Que soporte varias señales, tales como los canales de “B” hasta “Hy” (desde 64 kbps hasta 135 mbps).
- Interconexión internacional simple entre jerarquías basadas en 1.5 Mbps y 2 Mbps.
- Reducir los costos de los nodos de la red por la utilización de multiplexación sincrónica.
- Avanzadas capacidades de operación y mantención de la red.

- Utilización de las facilidades existentes para permitir una evolución desde las redes existentes a todas aquellas basadas en estas nuevas interfases.
- Flexible acomodación de los posibles servicios futuros debido al avance tecnológico.

En la figura 20, se muestra la nueva jerarquía digital que se empezó a aplicar en la fabricación de equipos en norte América y otros países.

En la figura 21, se muestran los interfaces actuales que se están usando en el mundo, las nuevas interfases sincrónicas mediante las cuales se están fabricando los nuevos equipos y finalmente el sistema unificado sobre el cual está trabajando actualmente el CCITT.

Un estudio acabado del desarrollo de la jerarquía digital sincrónica se encuentra en la revista IEEE "COMMUNICATIONS" August 1990.

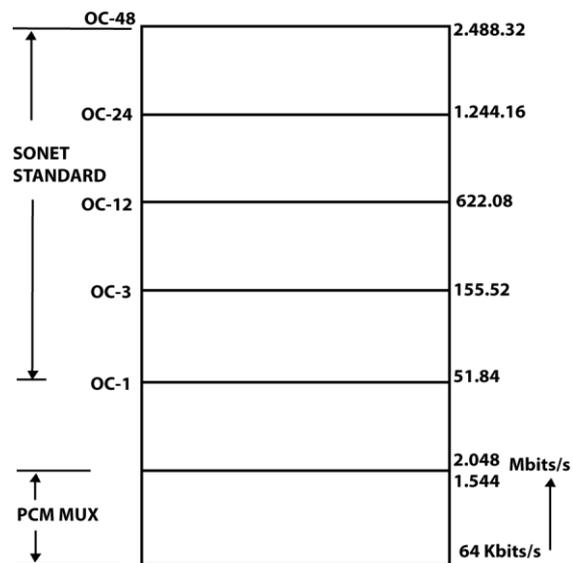


Fig. 19. Jerarquía digital sincrónica SONET

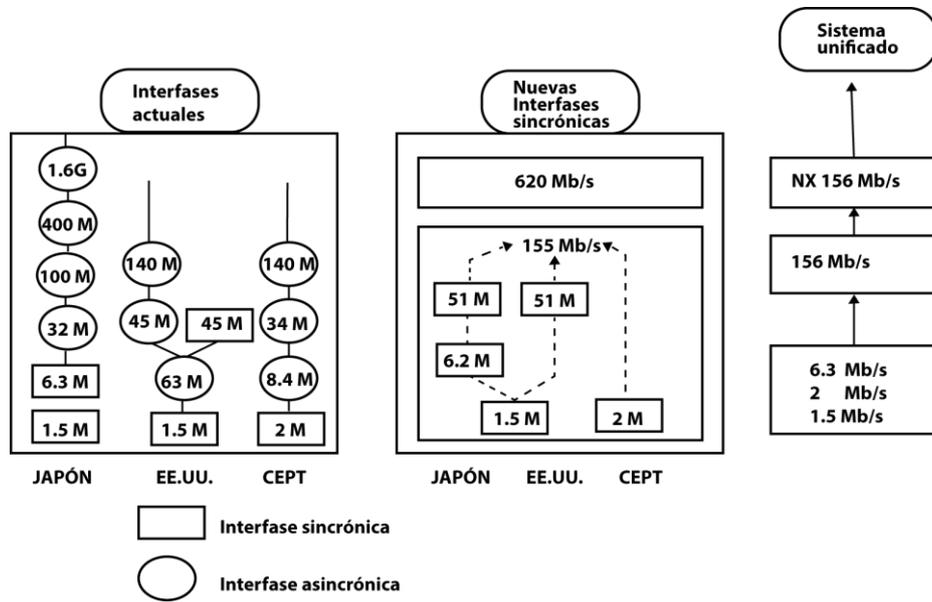


Fig. 20. Sistema Universal NNI