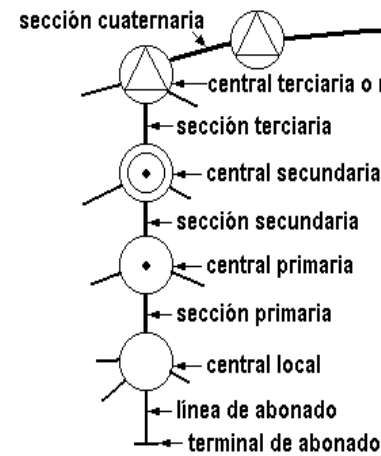


La red Telefónica

- Interconexión de N usuarios
 - Conexiones directas: $\frac{N \cdot (N-1)}{2}$ conexiones
 - A través de una central (estrella): N conexiones
 para 10.000 usuarios: 50 millones de conexiones frente a 10.000
- Necesidad de centrales:
 - Ahorro de conexiones
 - Centralización de circuitos
 - Ubicación de la inteligencia de la red telefónica
- Jerarquía
 - Muchas centrales -> no se pueden unir todas con todas
 - Unión a través de centrales de rango superior -> jerarquía de centrales

Red jerárquica



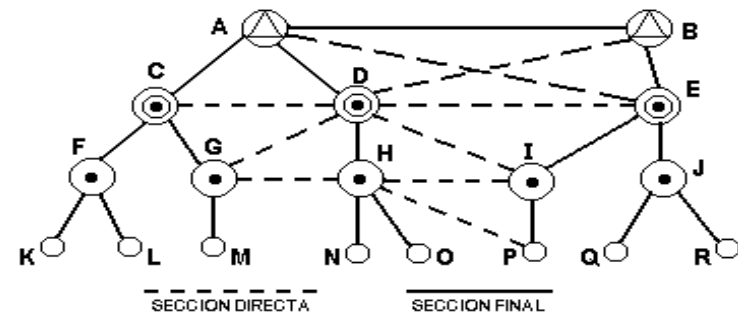
Cada central define un área de servicio (local, primaria, etc)

- Cada central depende de una única central superior
- Centrales locales -> conexión directa de abonados
- Centrales primarias
 - Conexión de centrales locales
 - Admiten conexión directa de abonados (algunas)
- Centrales secundarias -> sólo interconexión
- Centrales nodales (6)-> interconectadas con otras nodales (todas con todas)

Red complementaria

- Uniones:
 - Línea de abonado = par de hilos (par de abonado)
 - Secciones = múltiples ENLACES (circuitos individuales)
- Red jerárquica
 - Las uniones entre centrales se llaman secciones finales
 - La ruta se denomina ruta final -> es única
- Red complementaria
 - Conexiones “añadidas” a la red jerárquica -> secciones directas
 - Entre centrales de del mismo grado
 - Entre centrales que sólo difieren un grado
 - Sólo se realizan algunas de estos enlaces
 - Múltiples rutas directas
 - Encaminamiento más corto: se encamina la llamada por secciones directas, y sólo si no se puede, por secciones finales

Encaminamiento del tráfico



1ª alternativa: N-H-P

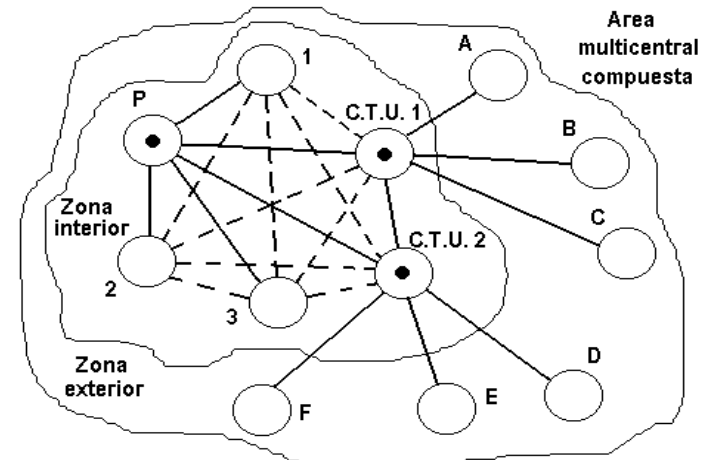
2ª alternativa: N-H-D-I-P

3ª alternativa: N-H-D-A-E-I-P

ruta final : N-H-D-A-B-E-I-P

Tipos de redes telefónicas

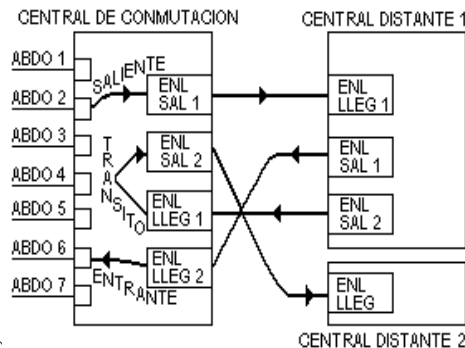
- Redes rurales
 - Divididas en sectores (aprox. 7 por provincia)
 - Pequeñas **Centrales Terminales** (centrales locales)
 - Cabecera de sector = central primaria
 - **Central Sectorial** -> permite conexión directa de abonados en su población
 - **Central de Tránsito Sectorial** -> sólo interconexión entre centrales terminales
- Redes urbanas
 - Área unicentral -> sólo una central para toda la población
 - Área multicentral simple ->
 - Varias centrales locales
 - Una central primaria para interconexión jerárquica
 - Secciones directas entre todas las centrales secundarias



- Área urbana multicentral compuesta -> dos zonas:
 - Zona interior = RUMS (casco antiguo de la ciudad)
 - Zona exterior =
 - Centrales locales
 - Interconexión mediante **Centrales de Tránsito Urbano**. Se les llama centrales tándem. No tienen abonados. Tienen categoría de primarias.

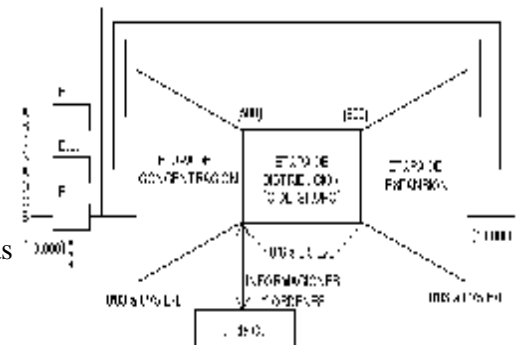
Enlaces

- Tipos de conexiones de una central
 - Líneas de abonado (abonados)
 - Enlaces (otras centrales)
- Tipos de enlace
 - Bidireccionales
 - Entrada
 - Salida
- Tráfico (tipos de llamadas)
 - Local => tráfico local
 - Entrante (desde otra central)
 - Saliente (hacia otra central)
 - De tránsito -> tráfico de tránsito



Redes de conexión

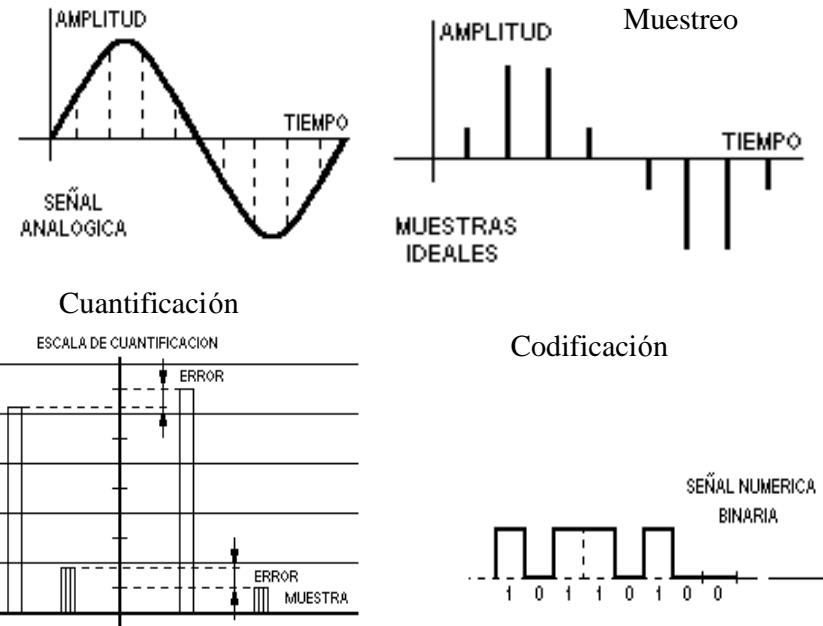
- Equipo de línea
 - Individual para cada abonado
 - Detecta "descolgado"
- Etapa de concentración/expansión
 - Ahorro de circuitos
 - Limita el nº de conexiones simultáneas (grado de servicio)
- Etapa de distribución
 - Realiza la conmutación
 - Mismo nº de entradas que salidas
- Unidad de control
 - Controla la central
 - Se comunica con otras centrales



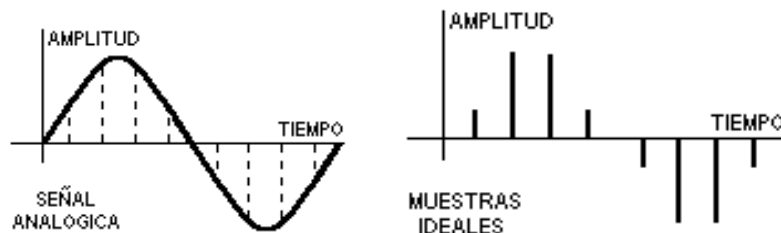
Sistemas MIC-MDT

- Los sistemas MIC son el resultado de la asociación de tres técnicas fundamentales:
 - La modulación por impulsos codificados (MIC)
 - La multiplexación por distribución en el tiempo (M.D.T.)
 - La transmisión digital
- En conjunto:
 - MIC -> conversión de la señal analógica de voz en muestras digitales
 - MDT -> transmisión de las muestras por el mismo medio intercaladas en el tiempo
 - Transmisión digital -> permite transmisión con regeneración de la señal

El proceso de Modulación por Impulsos Codificados

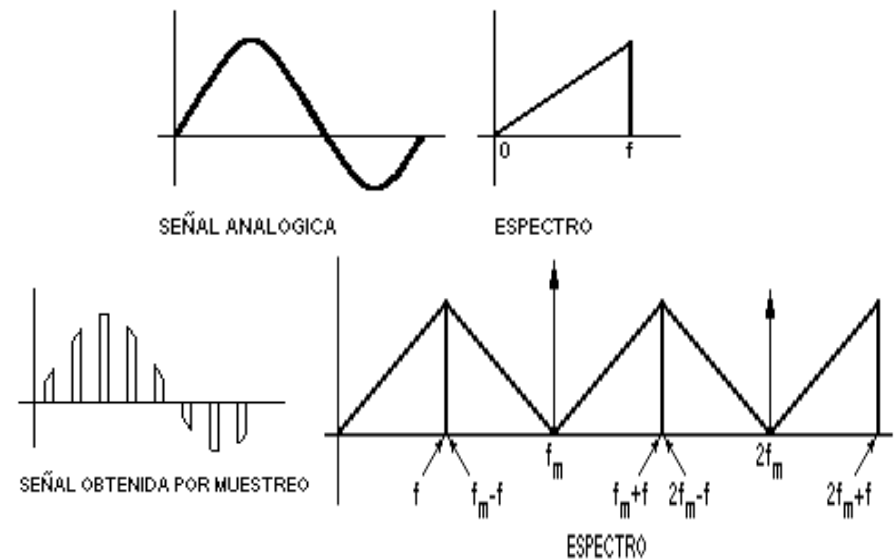


El muestreo



- Consiste en tomar muestras de la señal a intervalos regulares (periodo de muestreo)
- Será posible reconstruir la señal original si la frecuencia de muestreo es $f_m \geq 2W$
- Señales de voz = 3400Hz. Se deja una banda de guarda de 600Hz y se muestrea a 8Khz -> $T_m = 125\mu s$

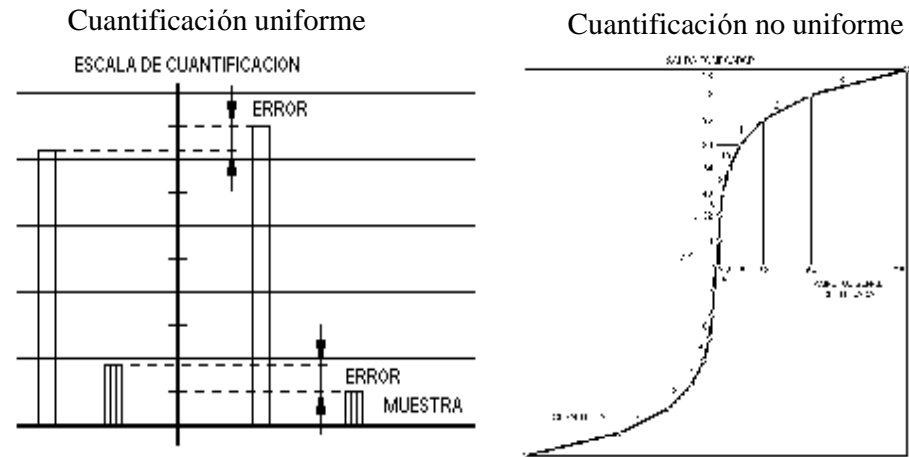
El muestreo visto en frecuencia



La cuantificación

- No se pueden codificar infinitos valores => aproximación
- Se introduce un “error de cuantificación” irre recuperable -> ruido de cuantificación
- Tipos:
 - Según cómo se aproxime:
 - Por redondeo
 - Por truncamiento
 - Según el tamaño del intervalo:
 - Uniforme
 - No uniforme

Cuantificación no uniforme



Cuantificación uniforme -> mucho ruido para señales débiles

Cuantificación no uniforme -> se utiliza un compresor

Codificación

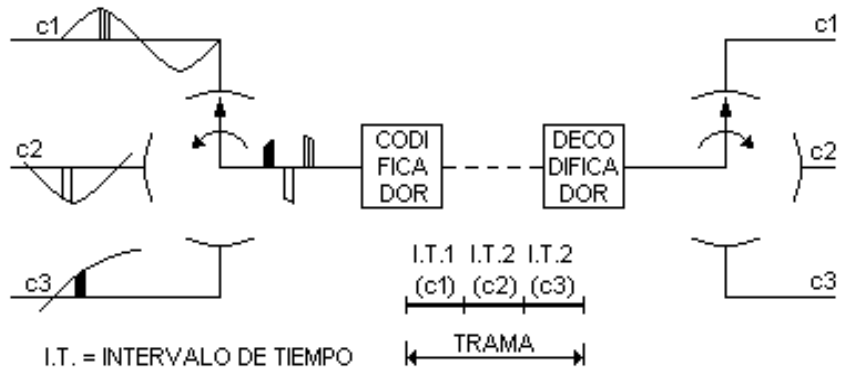
- Es el proceso mediante el cual se representa una muestra cuantificada, mediante una sucesión de "1's" y "0's", es decir, mediante un número binario.
- En telefonía se utilizan 256 intervalos de cuantificación para representar todas las posibles muestras => 8 bits
- Un grupo de ocho bits, constituye una palabra MIC.
- Intervalo -> Código

1	0000
2	0001
3	0010
4	0011

Recuperación de la señal

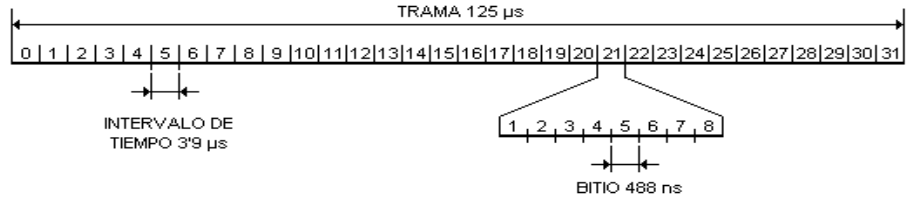
- Decodificación -> proceso inverso a la codificación. Se recupera la muestra cuantificada
- Expansión -> si se utilizó cuantificación no uniforme, el proceso inverso a la compresión es la expansión
- “Descuantificación” -> no existe. No se puede recuperar el error de cuantificación
- Recuperación de la señal analógica -> mediante el filtrado en frecuencia se recupera la señal analógica original

Multiplexación por división en el tiempo

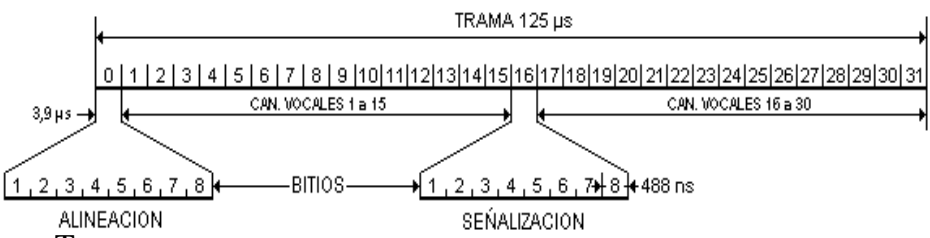


- Origen -> varias canales. Toma de muestras en distintos instantes de tiempo. Multiplexación
- Trama = Envío de los canales alternados
- Destino -> Demultiplexación. Recuperación de los distintos canales

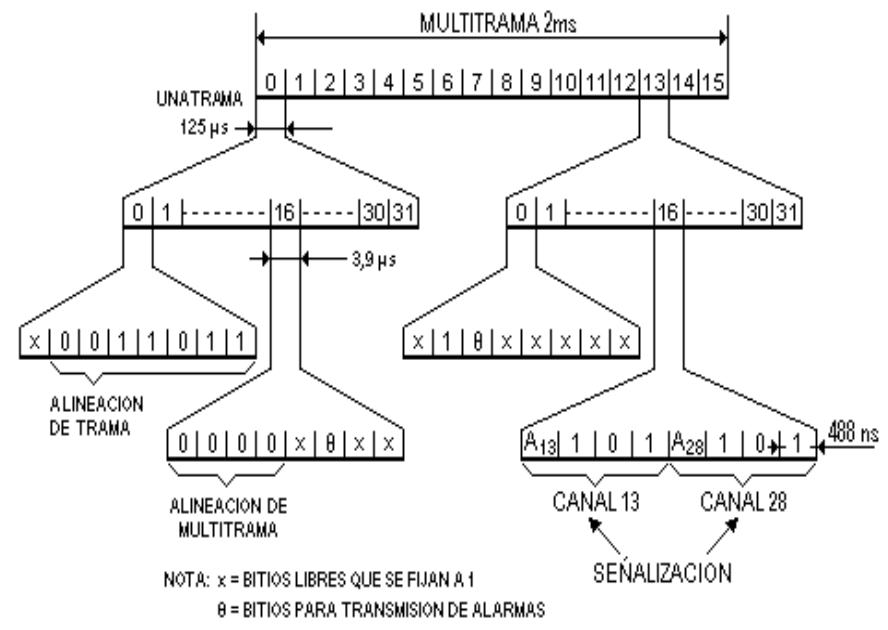
- Intervalo de canal = intervalo de tiempo entre un canal y otro
- Intervalo de trama = intervalo de tiempo entre dos muestras de un mismo canal (125us para señales MIC de voz)
- Sistemas MIC
 - Europa: 32 canales por trama (3.9us para cada canal, 488ns por bit). Sólo 30 canales de voz.
 - EEUU, Canadá y Japón: 24 canales por trama
- Velocidad de transmisión
 - Por canal: 8Kmuestras/s x 8bits/muestra = 64Kbps
 - Total: 64Kbps/canal x 32 canales = 2048Kbps



Estructura de trama y multitrama



- Trama:
 - Canal 0 = alineamiento de trama -> palabra x0011011
 - Canal 16 = señalización. Dos tipos: canal asociado y canal común
- Multitrama = agrupación de 16 tramas
 - CRC de la multitrama completa (para monitorización de errores)
 - Señalización a nivel de multitrama
 - Intervalo de multitrama = 125us/trama x 16 tramas = 2ms

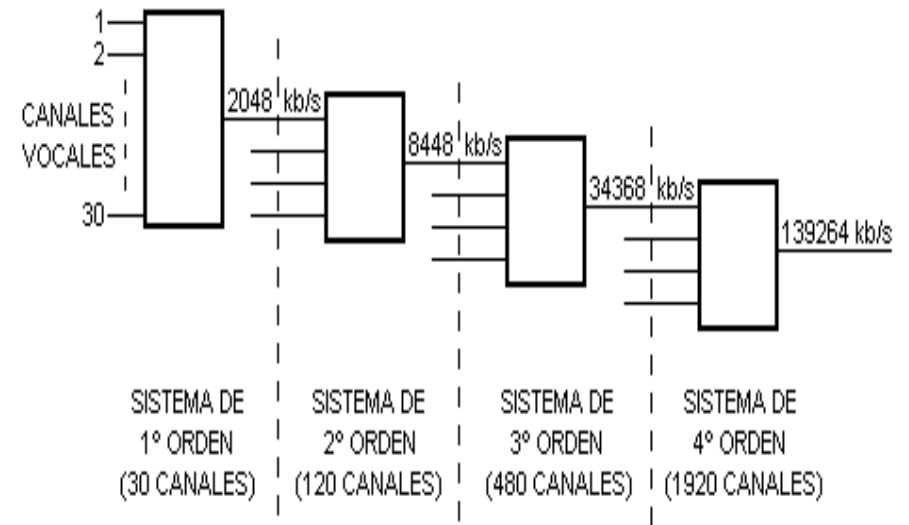


NOTA: x = BITIOS LIBRES QUE SE FIJAN A 1
 θ = BITIOS PARA TRANSMISION DE ALARMAS

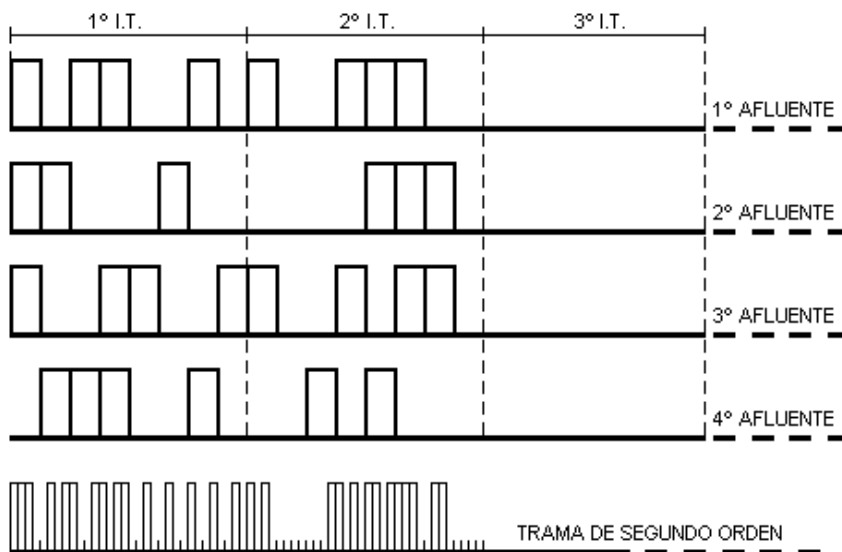
Multiplex de orden superior

- Áreas pequeñas (poco tráfico)
 - Puede ser suficiente con una banda base digital de 2Mbps (30 canales) o varias
 - Se transmite por uno o más enlaces de cable de pares, fibra o radioenlaces
- Mayor cantidad de tráfico
 - No es eficaz la transmisión directa
 - Se agrupan varias bandas base para transmisión conjunta
- Dos jerarquías:
 - Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)
 - Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

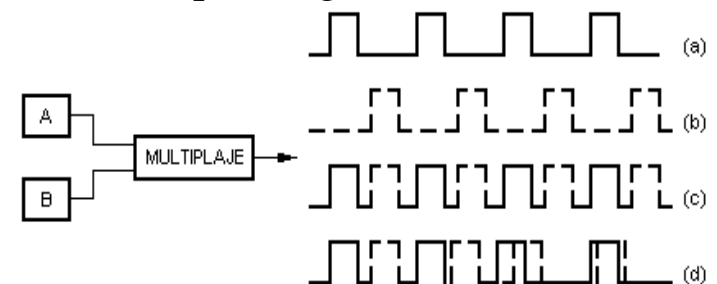
Jerarquía digital Europea



Multiplexación



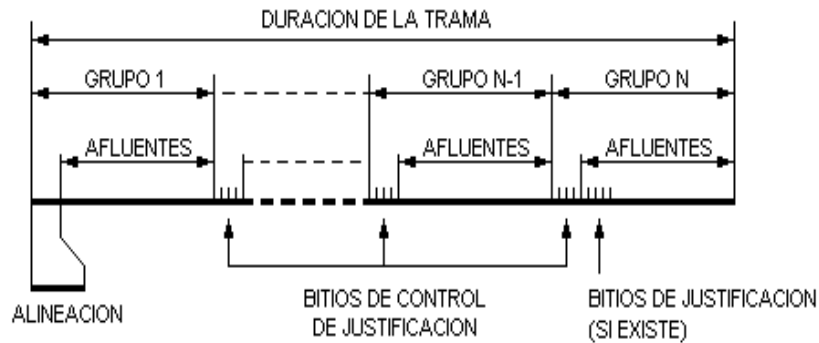
Jerarquía Digital Plesiócrona



C= multiplexación cuando A y B tienen la misma frecuencia
 D= multiplexación cuando A y B tienen distinta frecuencia

- Afluentes con relojes ligeramente distintos
- Se añaden bits de justificación en las señales más rápidas para ajustar las velocidades
- Se añade también información de control de justificación

Formación de tramas con afluentes plesiocronos



- División de la trama en grupos
- 4 bits al inicio de cada grupo:
 - Grupo 1= información de alineación
 - Resto de grupos = control de justificación
- Ultimo grupo -> “bits de justificación”. Pueden ser de justificación o de información

La Jerarquía Digital Síncrona

- Limitaciones de la JDP
 - No es posible identificar una señal de orden inferior (un canal, por ejemplo) sin demultiplexar completamente la señal de línea
 - La trama no dispone de capacidad adicional para el transporte de control
 - Distintas jerarquías a nivel mundial (incompatibles)
- Jerarquía Digital Síncrona (JDS)
 - Estándar mundial definido por la UIT-T: recomendaciones G707, G708, G709
 - Soporta el transporte de la mayoría de velocidades de JDP, ATM, etc.
 - Parte de una velocidad básica: 155'52Mbps en Europa y 51'84Mbps en EEUU.

- Las velocidades superiores se obtienen por multiplexación síncrona del nivel anterior.
- En la actualidad hay normalizadas tres señales, cada una de ellas multiplexa 4 tramas de nivel inferior:
 - STM-1 -> 155'52Mbps
 - STM-4 -> 622'080Mbps
 - STM-16 -> 2.488'32Mbps
- La multiplexación se realiza por bytes en vez de por bits como en JDP
- Dispone de mayor capacidad para el transporte de información de control (dentro de algunos campos específicos de las tramas)

Ventajas de la SDH frente a la PDH

- Estructura de multiplexación más sencilla -> abaratamiento + integración
- Posibilidad de acceder a cualquier tributario de una señal STM en paso (“al vuelo”, sin demultiplexar la señal)
- Capacidad adicional para explotación eficiente de la red
- Permite la interconexión, a nivel internacional, de las jerarquías de 2Mbps y 1'5Mbps (EEUU y Japón)
- Normalización de equipos e interfaces
- Transporte de PDH y ATM en contenedores -> muy útil para el transporte ATM.