

DEPARTAMENTO INGENIERIA EN SISTEMAS DE INFORMACION

COMUNICACIONES

GUIA DE TRABAJOS PRACTICOS

AÑO 2021

TRABAJO PRÁCTICO N° 8

Modulacion, multiplexacion digital: PDH,SDH y SONET..

1. Se tiene que transmitir una señal analógica que pasa a través de un filtro de 4000 Hz de ancho de banda. Dicha señal entra a un modulador PCM donde se toman muestras cada 125 microsegundos, codificándose cada muestra según un proceso de cuantificación de 128 niveles. Hallar la capacidad que debe tener el vínculo de salida del modulador. Cuál sería dicha capacidad si fueran 256 niveles cuánticos?
2. Se dispone de un modem que trabaja con el tipo de modulación 16-PSK
Calcule el desfasaje entre estados que adopta la señal modulada.
3. Qué relación hay entre la velocidad de transmisión V_t y la velocidad de modulación V_m , con respecto al ejercicio anterior?
4. Se tiene un modem cuyo tipo de modulación es 8-PSK. Indicar:
 - De la señal moduladora, portadora y modulada, cuáles son analógicas y cuáles digitales?
 - Proponer una asignación de fases a secuencias de bits y realizar el diagrama de fases.
 - Qué relación existe entre la velocidad de modulación y la velocidad de transmisión?
5. Se quiere transmitir por un canal telefónico a 9600 bps y se cuenta con un modem de 2400 baudios que opera con transmisión multinivel y modulación PSK. Hallar:
 - Qué tipo de modulación PSK debe emplearse para transmitir a la velocidad de transmisión requerida.
 - El diagrama vectorial y la asignación de fases correspondiente.
6. Una portadora de 100 Mhz se modula en frecuencia con una señal sinusoidal de 10 KHz (fm) de manera tal que la desviación máxima de frecuencia (Δf) es de 1 Mhz. Determinar el ancho de banda aproximado de la señal de FM en este caso.



7. Confeccione un cuadro resumen de los tipos de modulación especificando para cada uno si la señal moduladora, portadora y modulada son analógicas o digitales.
8. Qué tipos de modulación se ven menos afectados por el ruido y por qué?
9. Qué tipo de señales (analógicas o digitales) se obtienen después de un proceso de multiplexión FDM y TDM?
10. Confeccione un cuadro comparativo entre el multiplexor con sus variantes FDM, TDM y STDM.



UD N° 8

Modulación y Multiplexación

MODULACION

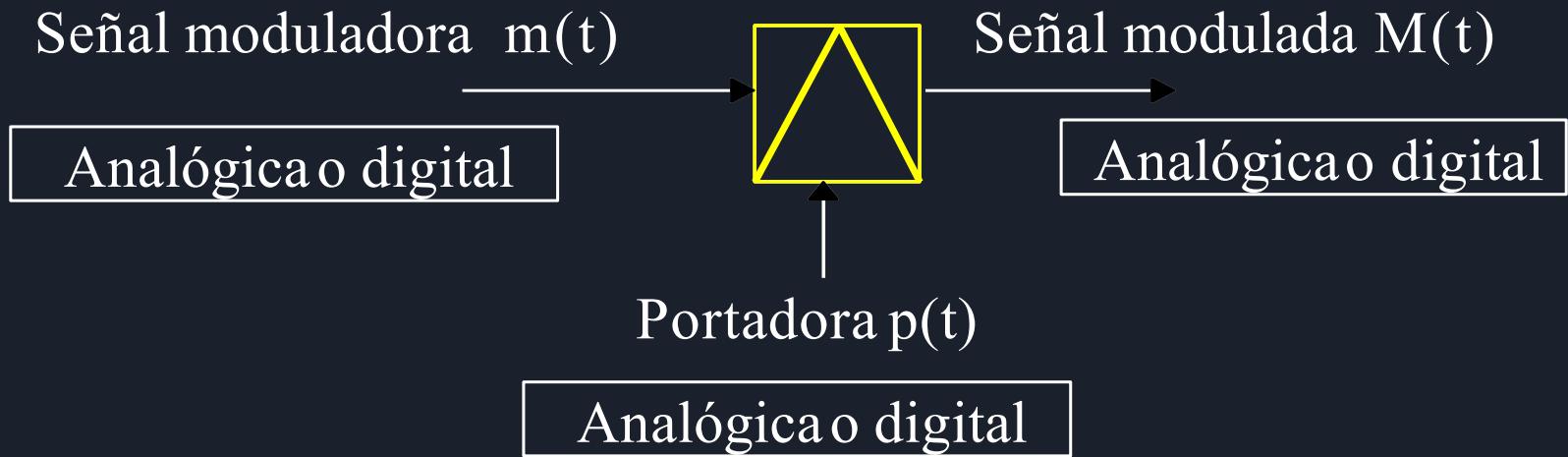
La modulación es un proceso que consiste en transformar una señal (que representa información) en otro tipo de señal adecuada para su transmisión por un medio de comunicación, sin modificar sustancialmente la información que ella representaba.

SEÑALES INTERVINIENTES

Mediante un **modulador**, una señal llamada **portadora** $p(t)$ (oficial de transporte) es transformada por una señal llamada **moduladora** $m(t)$ (**la que contiene la información**), obteniéndose como producto una señal que se conoce como **modulada** $M(t)$.

La operación de recuperación de la señal original es llevada a cabo por un **demodulador**.

ESQUEMA BÁSICO DE MODULACIÓN





METODOS DE MODULACION

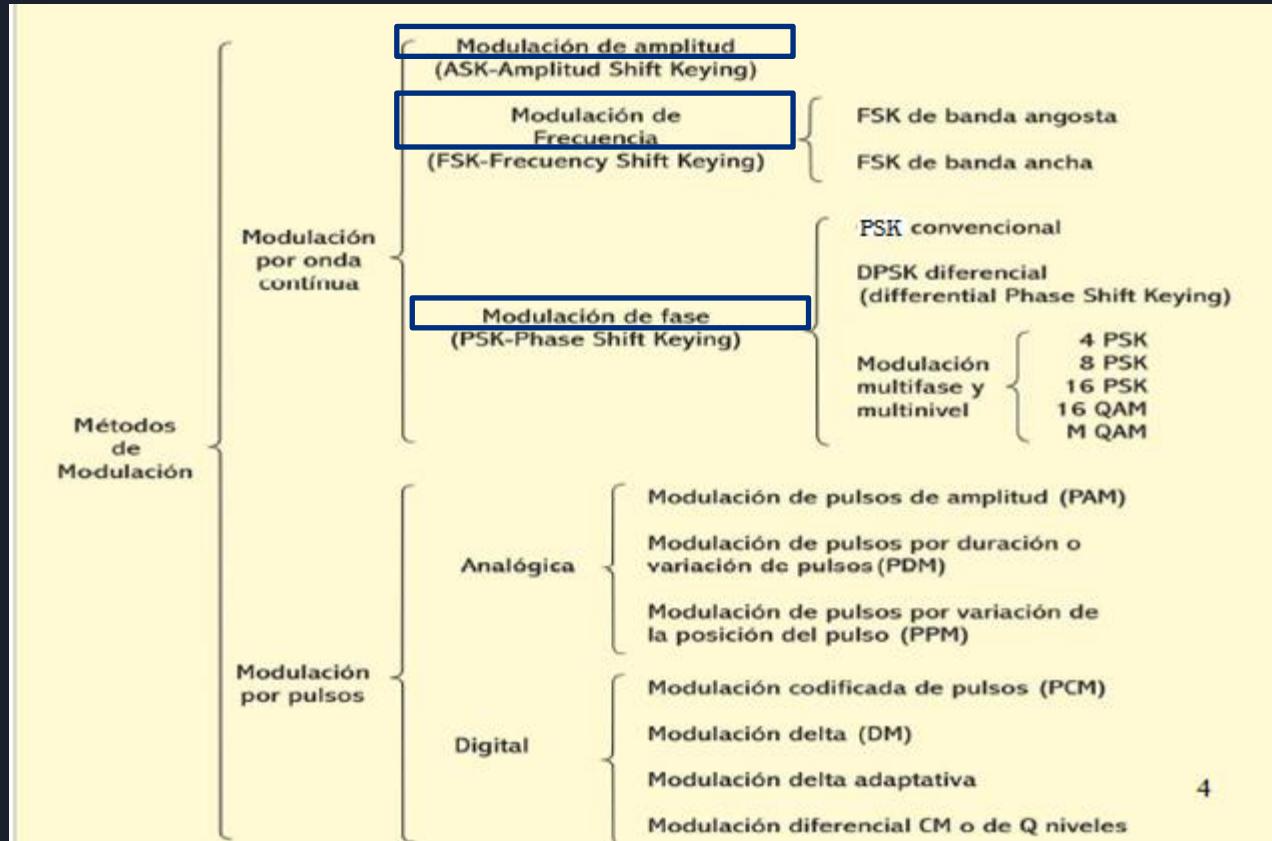
MODULACION POR ONDA CONTINUA

Es aquel proceso por el cual la señal portadora (se caracteriza por ser una señal sinusoidal), va a ser modificado alguno de sus parámetros característicos (A, fr, fase), por medio de la señal moduladora, siendo esta A o D. Según el parámetro a modificar, será el tipo de modulación.

MODULACION POR PULSOS

Es aquel proceso por el cual la señal portadora (se caracteriza por ser un tren de pulsos), va a ser modificado alguno de sus parámetros característicos (A, Duración o Posición), por medio de la señal moduladora, siendo esta A o D. Según el parámetro a modificar, será el tipo de modulación.

Clasificación de las Técnicas de Modulación

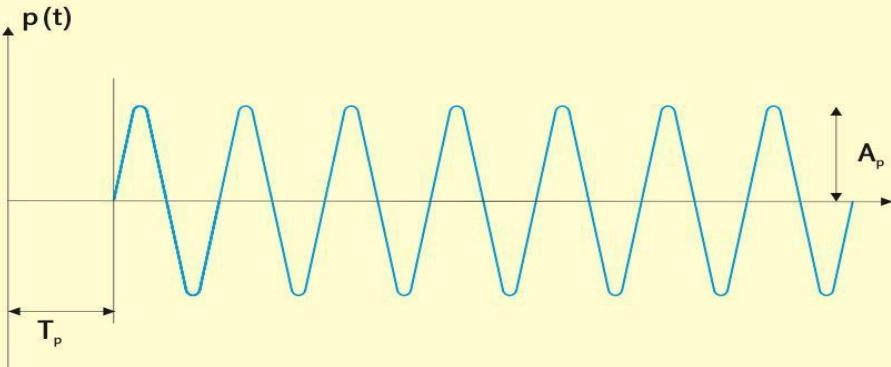


TIPOS DE MODULACION

Tipo de modulación	Moduladora	Portadora	Modulada	Nombre de la modulación
Continua	Analógica	Analógica	Analógica	AM FM PM
Continua	Digital	Analógica	Analógica	ASK FSK PSK DPSK M- PSK M-QAM
Por pulsos	Analógica	Digital	Analógica	PAM PDM PPM
Por pulsos	Digital	Digital	Digital	PCM (MIC) DPCM DELTA DELTAADAPTIVA

MODULACIÓN POR ONDA CONTINUA

PORTADORA $p(t) = A_p \operatorname{sen}(\omega_p t + \theta_p)$



$f_p = \frac{1}{T_p}$ = frecuencia de la portadora

A_p = amplitud máxima de la portadora

T_p = período de la portadora

$\omega_p = 2\pi f_p$ = pulsación de la portadora

θ_p = fase de la portadora

$p(t)$ = amplitud máxima de la portadora

CON LA MODULACIÓN SE MODIFICAN ALGUNO DE LOS SIGUIENTES PARÁMETROS DE LA MODULADORA:

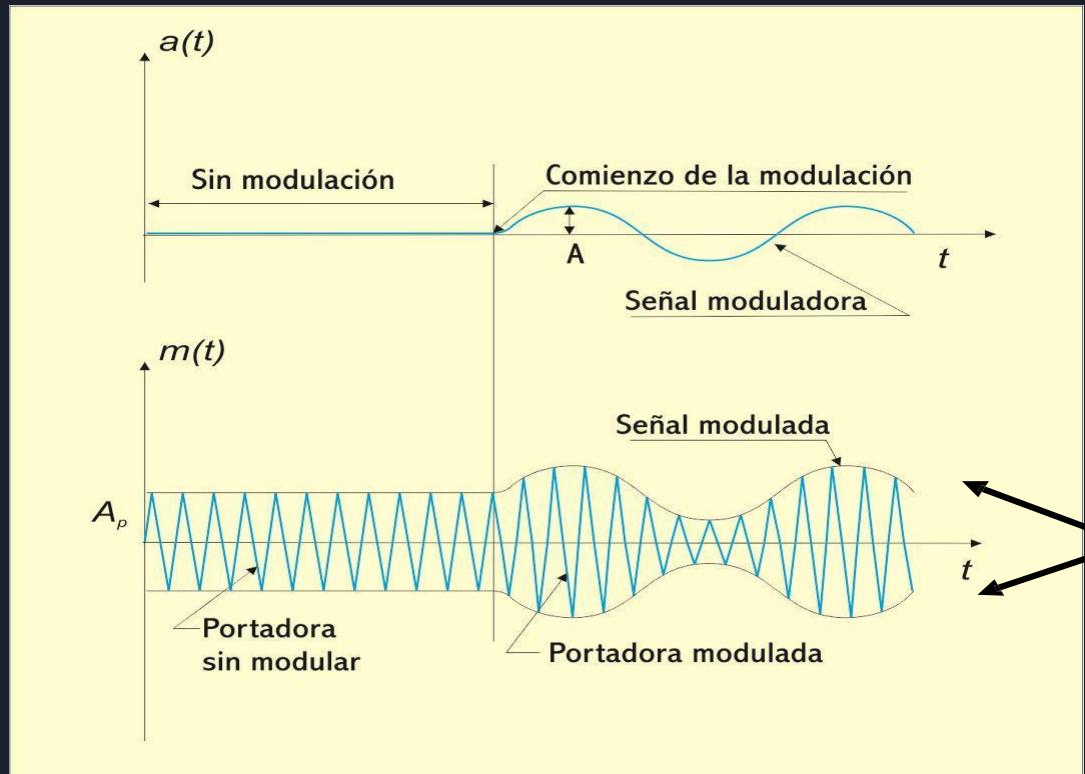
- **AMPLITUD**
- **FRECUENCIA**
- **FASE**

MODULACION - AM

MODULADORA: $a(t) = A \operatorname{sen}(\omega_a t + \theta_a)$

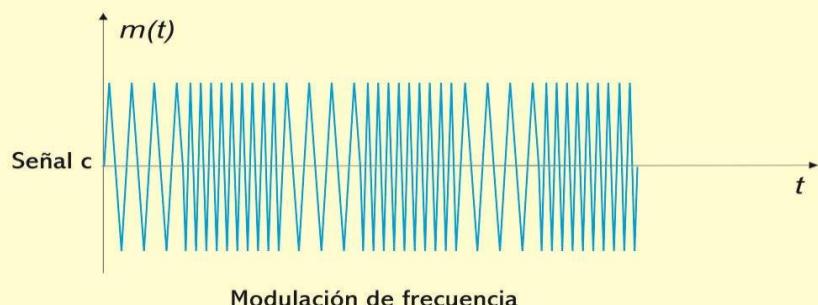
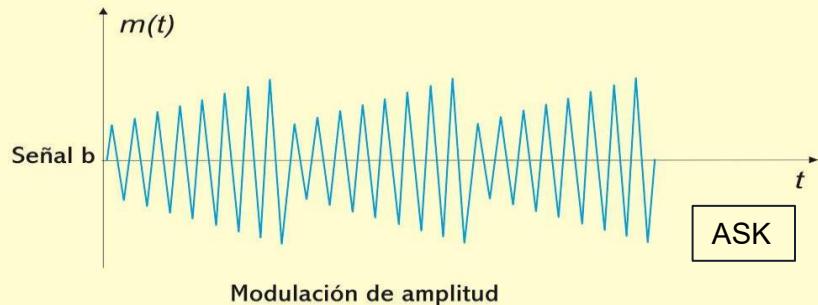
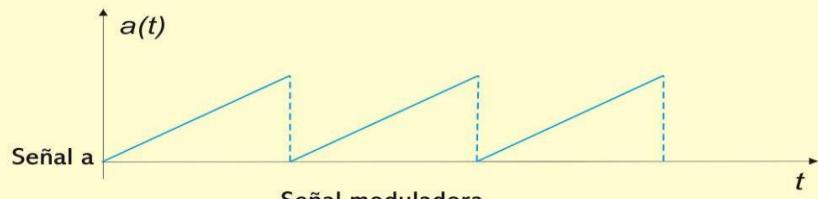
PORTADORA: $p(t) = P \operatorname{sen}(\omega_p t + \theta_p)$

$$\omega_a \ll \omega_p$$



Envolvente de modulación

MODULACION - FM



SEÑAL MODULADA

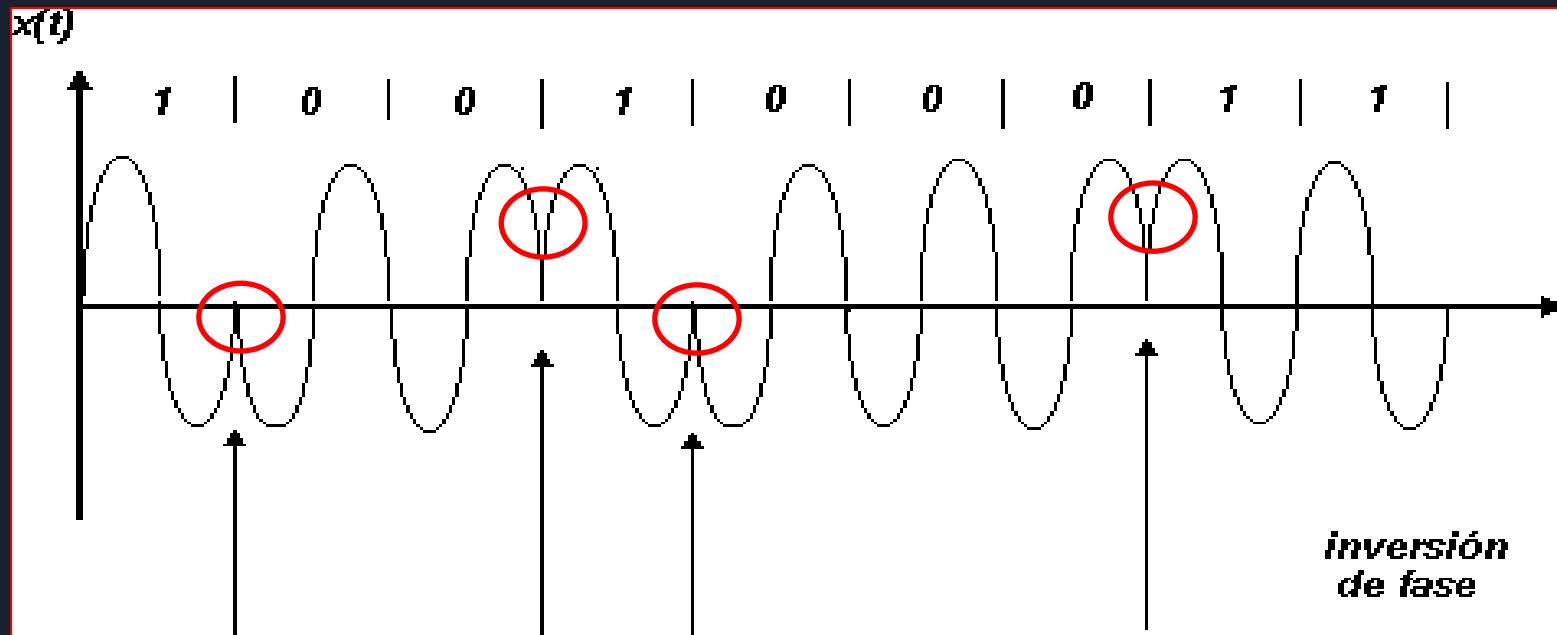
$$M(t) = A_p \sin (\varpi_p t + \beta \sin \varpi_a t + \theta_p)$$

$$\beta = \Delta\varpi / \varpi_a \text{ (índice de modulación)}$$

$$\Delta\varpi = k A_a \text{ (desviación de freq)}$$

$$\beta = k A \text{ (circuito y amplitud de moduladora)}$$

MODULACION DE FASE - SEÑAL 2-PSK / B-PSK



DOS SALTOS DE FASE
EN ESTE CASO ($0^\circ-180^\circ$)

ASIGNACION DE SECUENCIA DE BITS Y DE ESTADOS

DIAGRAMA DE FASES MODULACION 4-PSK / Q-PSK

Cuadro de asignación

Nro Secuencia	Secuencia de Bits	Fase Asignada
1	00	0°
2	01	90°
3	11	180°
4	10	270°

$$\theta = \frac{2\pi}{M}$$

M-PSK

Se aplica Código Reflejo o de Gray

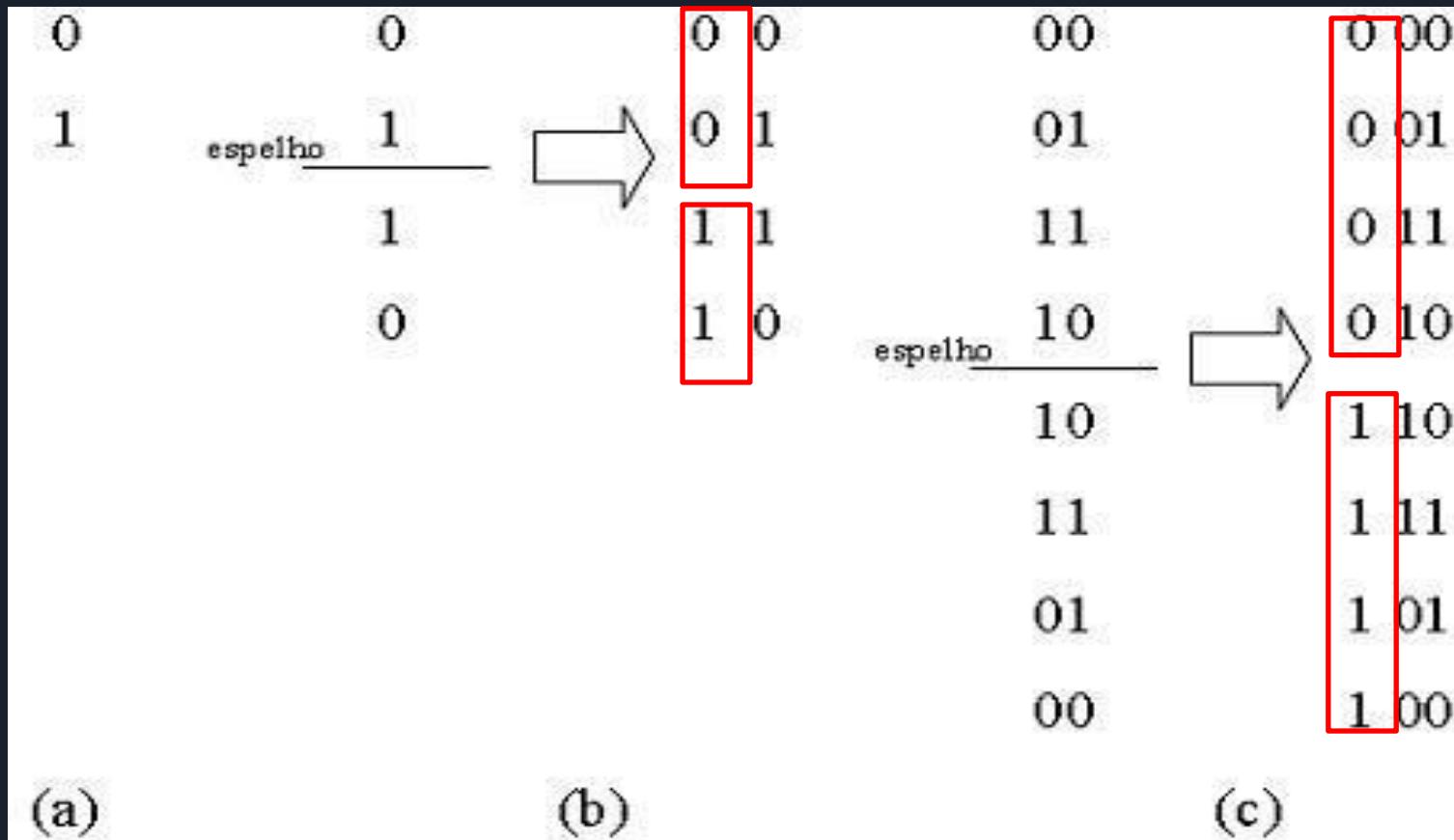
	Secuencia de Bits
0	00
0	01
	1er espejo
0	11
0	10
	2do espejo
1	10
1	11
1	01
1	00

Diagrama de Estados,
De Fases o Vectorial.



CONSTRUCCIÓN DEL CÓDIGO DE GRAY

EJEMPLO CON 3 BITS



MODULACION M-PSK

$$\theta = \frac{2\pi}{M}$$

M saltos de fase, con un ángulo θ entre fase y fase

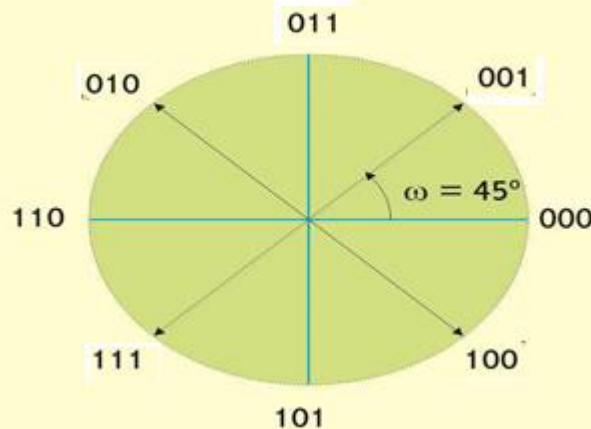
$$n = \log_2 M$$

$$V_{tx} = V_{mod} \times n$$

Cada salto lleva “n” bits

Relación entre ambas velocidades a través de “n”

8-PSK



Nº de Secuencia	Dígitos binarios	Fase asignada
1	000	0°
2	001	45°
3	011	90°
4	010	135°
5	110	180°
6	111	225°
7	101	270°
8	100	315°

MULTIPLEXACION

Es una técnica que permite agrupar en un mismo medio de com (s) distintos canales de distintos servicios , a fin de aprovechar la totalidad del AB disponible y hacer más eficiente el uso del canal de comunicaciones.

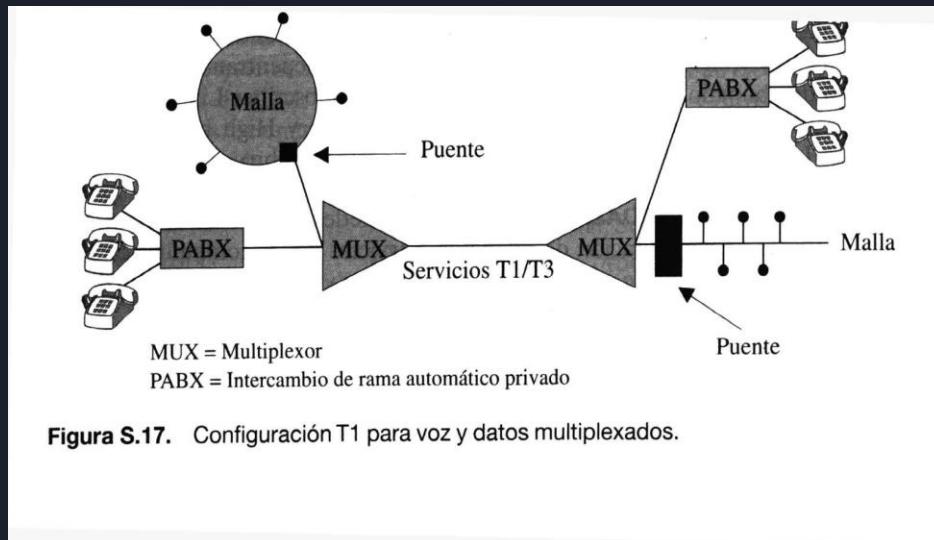


Figura S.17. Configuración T1 para voz y datos multiplexados.

MULTIPLEXACION: VOZ / DATOS

MULTIPLEXOR ⇒ Selector Rotativo Electrónico.

MULTIPLEXACION - Distintas TÉCNICAS:

POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (*FDM*)

POR DIVISIÓN DE TIEMPO (*TDM*)

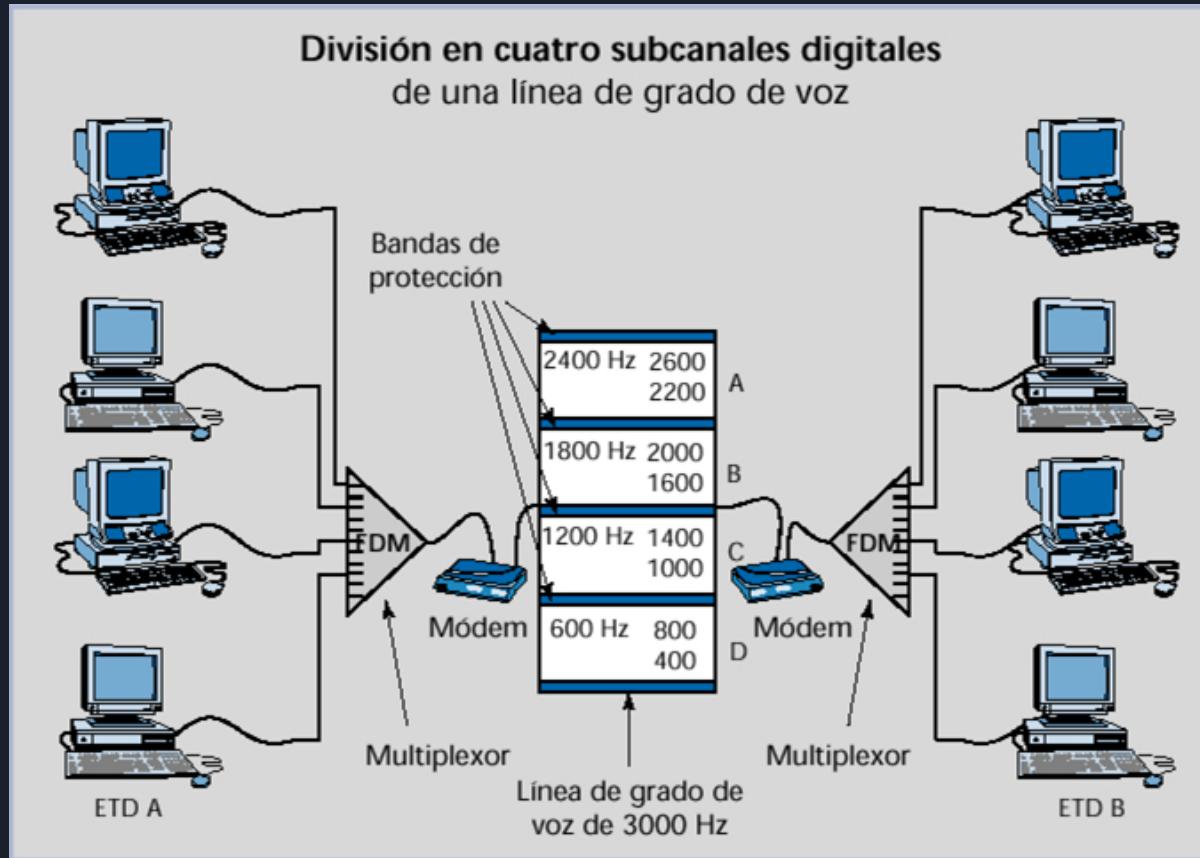
POR DIVISIÓN DE TIEMPO ESTADÍSTICA (*STDM*)

POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA (*WDM*)

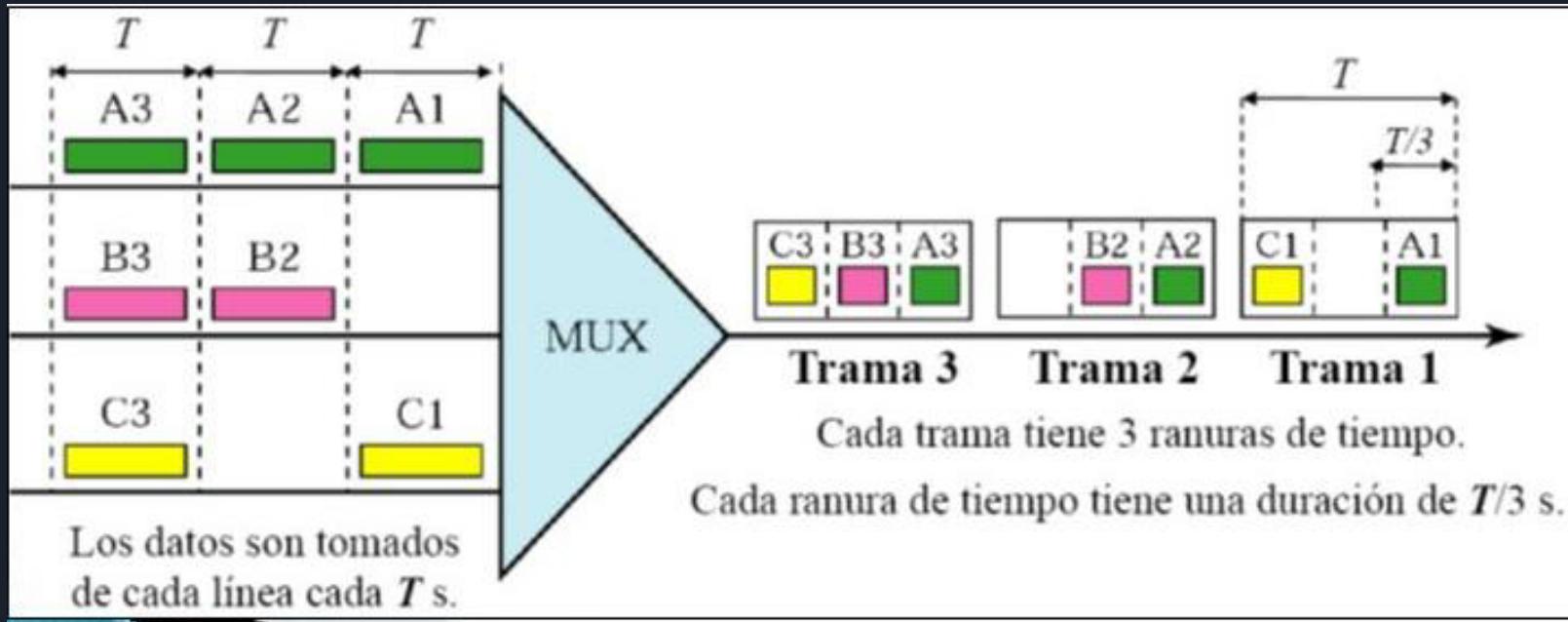
POR DIVISIÓN DE CÓDIGO (*CDM*)



MULTIPLEXACION: FDM

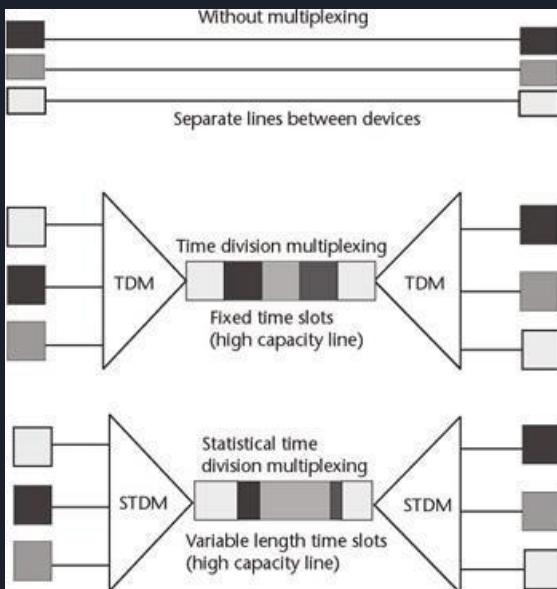


MULTIPLEXACION: TDM



MULTIPLEXACION: STDM

- *ASIGNACIÓN ESTADÍSTICA*
- *APROVECHA TODOS LOS TIEMPOS.*
- *ASIGNACIÓN POR DEMANDA DE RANURAS.*
- *TAMBIÉN SE DENOMINA MUX ASINCRÓNICA (ATDM).*



COMPARACIÓN TDM STDM

MULTIPLEXACION: FDM-WDM-TDM

Existen tres técnicas básicas

(Forouzan, 2007)

TIPOS DE MULTIPLEXACIÓN

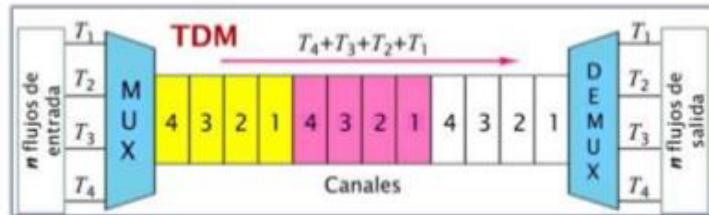
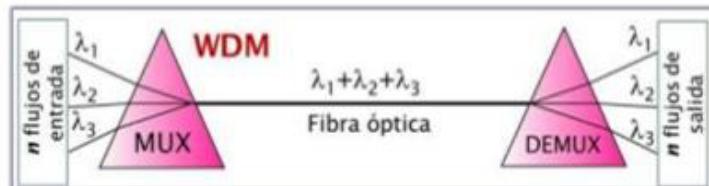
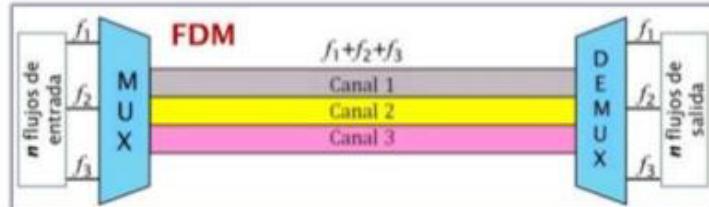
Descripción

● Existen **tres técnicas** básicas de multiplexación.

● **FDM**. Multiplexación por división de frecuencia. Es una técnica analógica que combina señales analógicas.

● **WDM**. Multiplexación por división de longitud de onda. Es una técnica analógica que combina señales ópticas.

● **TDM**. Multiplexación por división de tiempo. Es una técnica digital que combina varios canales de baja tasa en uno de alta tasa.



Comunicaciones

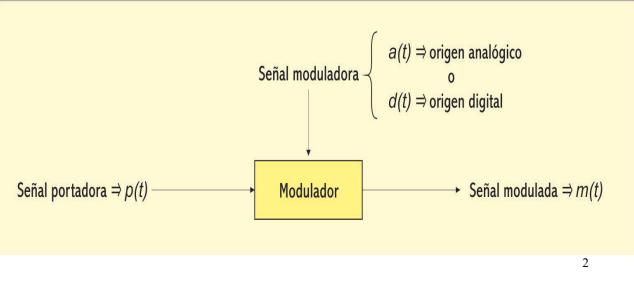
Clase 9

Modulación y digitalización de señales

1

MODULACION

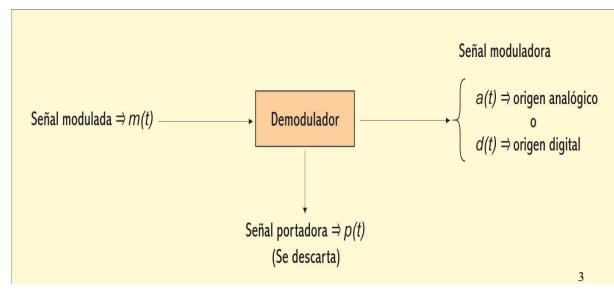
Ciertas características de una onda (portadora) se modifican en función de otra onda (moduladora), que contiene la información a transmitir resultando una onda (modulada) que será trasmisita.



2

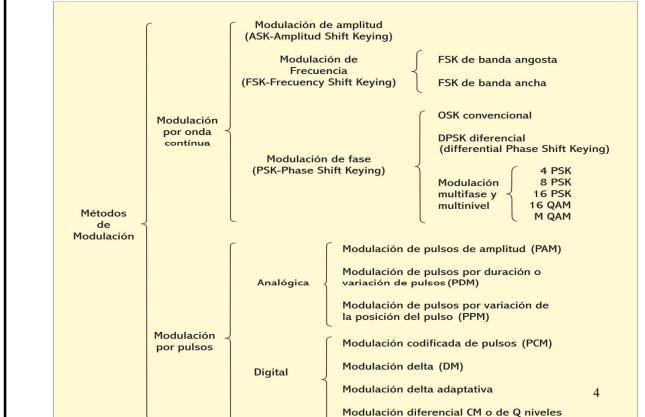
DEMODULACION

Es el proceso inverso por el cual la señal modulada recibida es procesada, recuperando la señal moduladora que contiene la información.



3

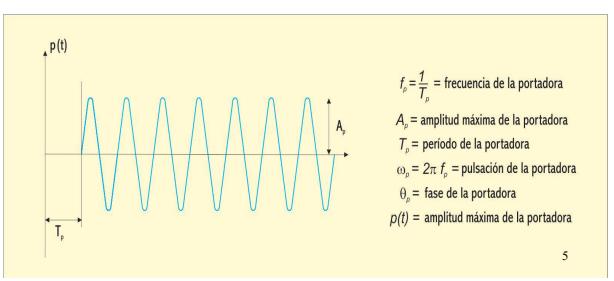
Clasificación de las técnicas de modulación



4

SEÑAL PORTADORA

Tiene una frecuencia apta para su trasmisión por el canal. Es una onda sinusoidal con tres características (amplitud, frecuencia o fase), una de las cuales se modifica en función de la señal moduladora (que es la señal útil, pero su frecuencia no es apta para la trasmisión por el canal).



5

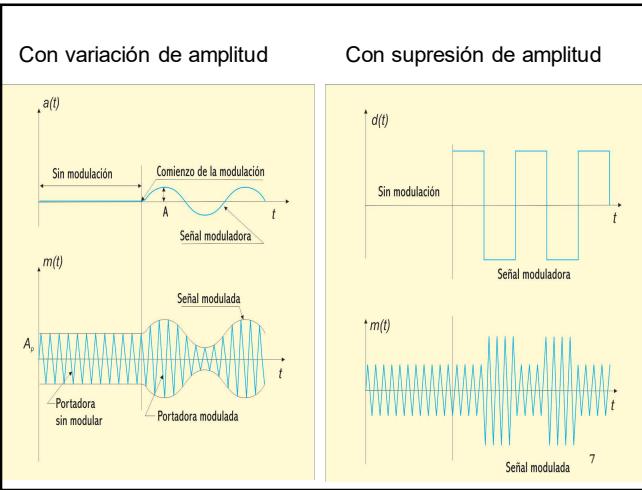
MODULACION DE AMPLITUD (AM)

El parámetro de la señal portadora que se hace variar es la amplitud.

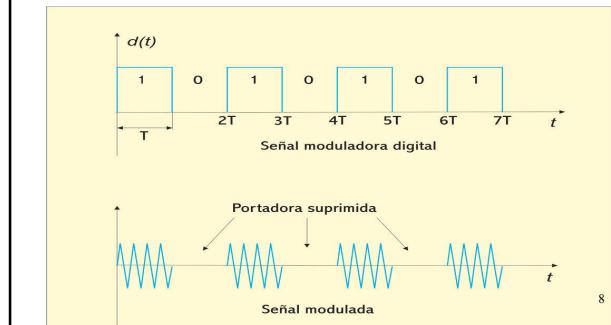
Hay dos tipos de modulación de amplitud:

- Por variación del nivel de la onda portadora: usada para trasmisir la voz en radios de ondas medias.
 - La frecuencia de la señal moduladora debe ser mucho menor que la frecuencia de la portadora
 - La señal moduladora es la envolvente de la modulada
- Por supresión de onda portadora: usada para trasmisir señales digitales

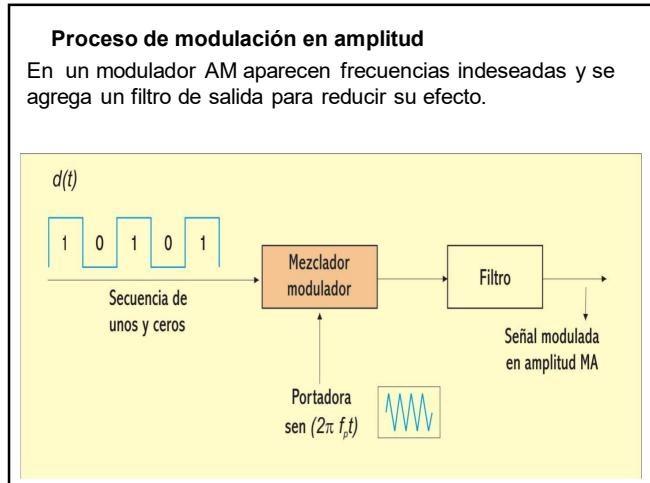
6



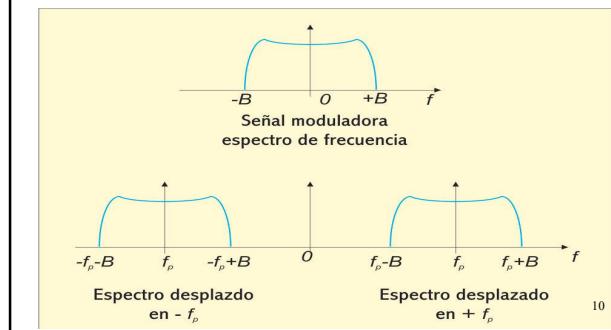
MODULACION ASK (Amplitude Shift Keying)
Usada en sistemas telegráficos, donde la señal modulada tiene:
- la misma amplitud de la portadora para enviar el 1
- la supresión de la portadora para enviar el 0.



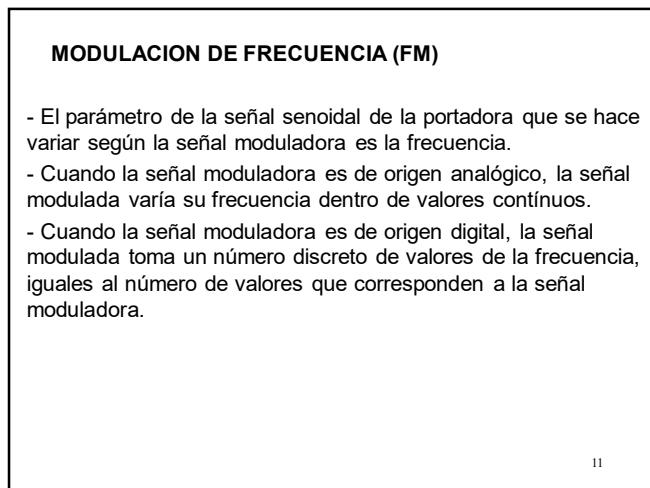
8



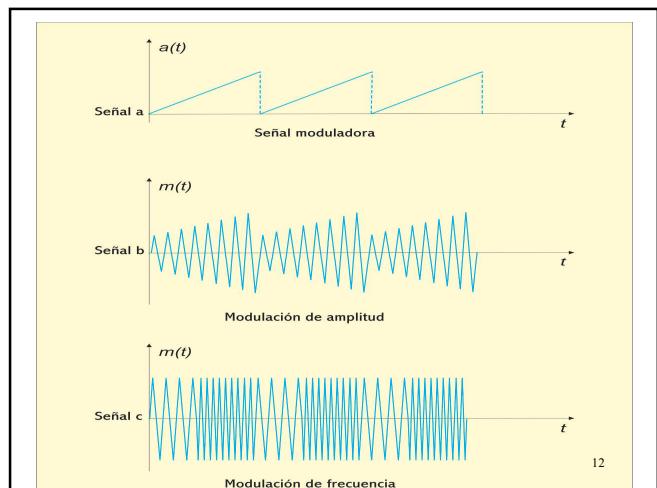
Hay un desplazamiento en frecuencia del espectro de la señal moduladora generando dos bandas laterales a ambos lados de la portadora.
El ancho de banda de la señal modulada duplica el de la señal moduladora.



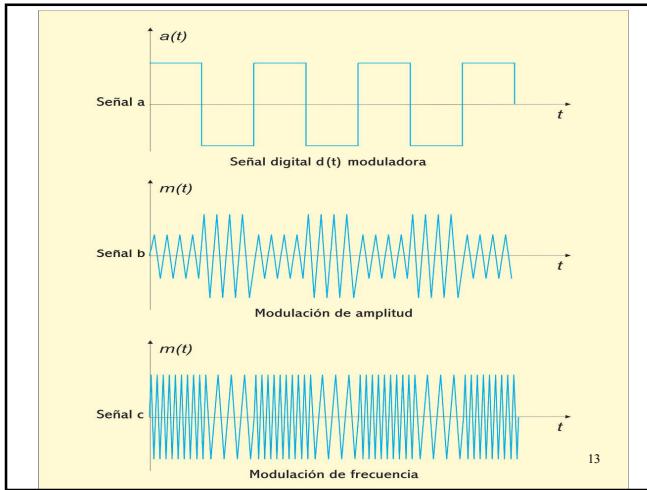
10



11



12



Proceso de modulación en frecuencia

La frecuencia y la pulsación están relacionadas: $\omega = 2 \pi f$
 En una señal modulada en frecuencia, la frecuencia es diferente a cada instante, y la señal modulada no puede representarse mediante una expresión sinusoidal ordinaria: $f(t) = A \cdot \sin(\omega t)$ sino por una función sinusoidal generalizada: $f(t) = A \cdot \sin \theta(t)$.

El ángulo $\theta(t)$ se modula en frecuencia por la señal:

$$a(t) = A \cdot \sin \omega_a t$$

La frecuencia instantánea es: $\omega_i = \omega_p + \Delta\omega \cdot \cos \omega_a t$

Definimos desviación de frecuencia: $\Delta\omega = k \cdot \omega_a \cdot A$

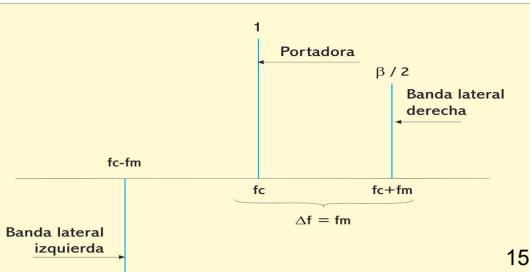
Definimos índice de modulación: $\beta = \Delta\omega / \omega_a$

14

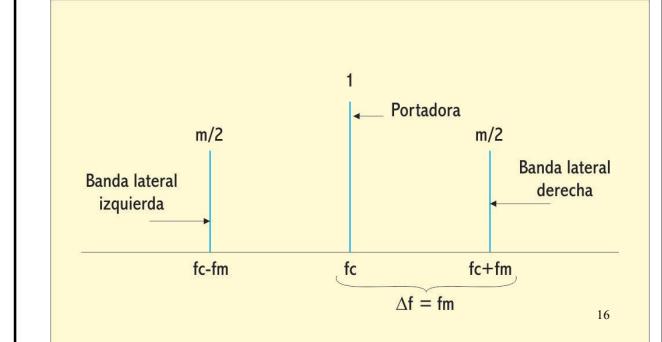
Modulación de frecuencia de banda angosta

Si el índice de modulación es pequeño ($\beta < \pi/2$) se tiene una señal de modulación de frecuencia de banda angosta.

Hay una diferencia con el espectro de modulación en amplitud: las bandas laterales están en cuadratura de fase con respecto a la portadora.



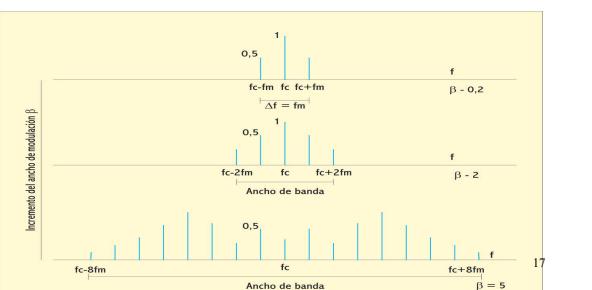
El ancho de banda de la modulación de frecuencia de banda angosta, es igual al de la modulación de amplitud y vale $2 fm$.
 fm : máxima componente de frecuencia de la señal modulante



Modulación de banda ancha

Las ventajas de la modulación FSK sobre el método ASK se hacen importantes cuando β es grande ($\beta > \pi/2$).

Esto aumenta la protección contra el ruido e interferencias, superando a la modulación de amplitud, pero usando mayor ancho de banda.



El ancho de banda se calcula con la regla de Carson:

- Para una señal portadora senoidal modulada en frecuencia la mayor parte de la energía está dentro de un ancho de banda dado por:

$$B = 2 (\Delta f + fm)$$

donde:

Δf es la máxima desviación de frecuencia que sufre la señal portadora

fm es la máxima frecuencia de la señal moduladora

18

MODULACION DE FASE (PM)

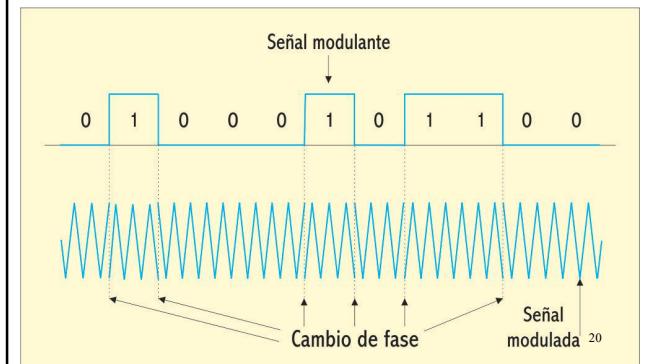
El parámetro de la portadora que se hace variar es la fase. La amplitud y la frecuencia de la portadora permanecen constantes.

Dos alternativas:

- PSK convencional: las variaciones de fase se refieren a la fase de la portadora sin modular.
- PSK diferencial: las variaciones de fase se refieren a la fase de la portadora del estado inmediatamente anterior al considerado.

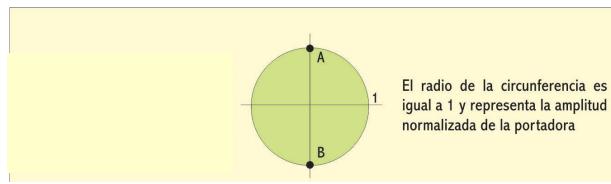
19

En la señal portadora hay discontinuidades de fase al comienzo y al final de cada intervalo T (son las transiciones de 0 a 1 ó de 1 a 0 producidas por la señal moduladora).



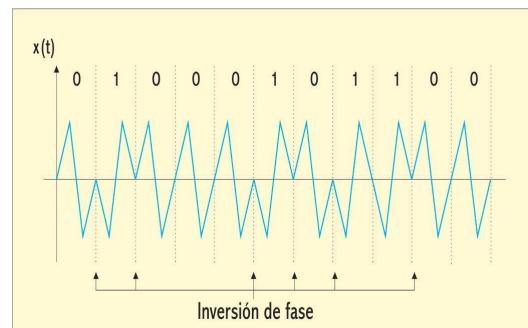
Modulación en 2 PSK

Es una llave electrónica controlada por la señal de datos (binaria) que conmuta entre la portadora y su versión invertida (desfasada 180°).



21

Forma de onda de la portadora modulada en 2 PSK



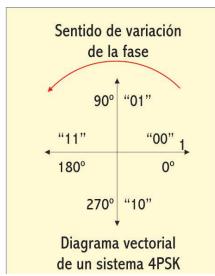
22

Modulación multifase

La fase de la onda portadora puede tomar secuencialmente M valores posibles separados entre sí por un ángulo definido por la expresión:

$$\theta = \frac{2\pi}{M}$$

Si $M = 4$ tenemos el método 4 PSK o QPSK.

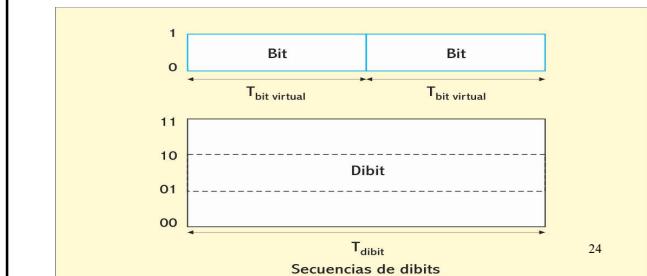


Nº de Secuencia	Secuencia de bits	Fase asignada
1	00	0°
2	01	90°
3	11	180°
4	10	270°

En un periodo de transmisión de un díbit se están transmitiendo en realidad dos bits.

Comparando 2 PSK con 4 PSK se ve que el ancho de banda de este último es la mitad.

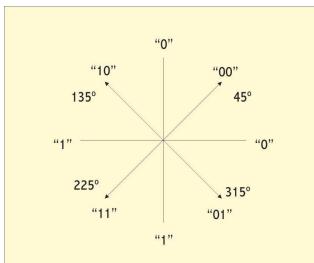
El sistema 4 PSK es más sensible a los fenómenos de interferencia y aumenta la tasa de error.



24

Modulación en 8 PSK

Cada fase representa un grupo de 3 dígitos binarios o tribits. Se usa el código de Gray (estados vecinos difieren en un bit). El diagrama de los estados posibles se llama "constelación".

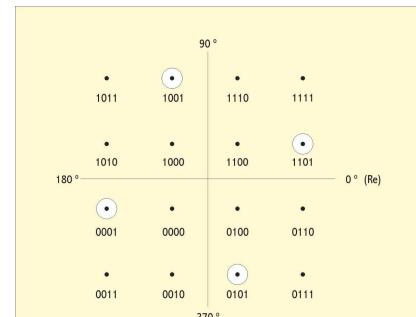


Nº de Secuencia	Dígitos binarios	Fase asignada
1	011	0°
2	010	45°
3	000	90°
4	001	135°
5	101	180°
6	100	225°
7	110	270°
8	111	315°

25

QAM es modulación en cuadratura, combina el desplazamiento de fase y amplitud.

Ejemplo: constelación del sistema 16QAM con 16 opciones, cada una transmite cuatro bits con una sola transición.



26

MODEMS

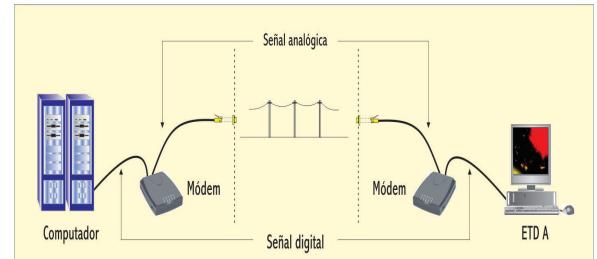
Hay distintos tipos:

- Módem de rango vocal.
- Módem banda base.
- Cable módem.
- Módem ADSL.
- Equipos excitadores de línea o driver.

27

Módem de rango vocal

Convierte las señales digitales provenientes de una computadora en señales analógicas aptas para ser transmitidas por la red telefónica.



28

Funciones básicas de los módems

- **Codificación y decodificación:** mediante códigos de línea se adaptan la señal digital a la línea de transmisión.
- **Modulación y la demodulación:** las señales digitales son transformadas en analógicas para pasar por el canal.
- **Recepción y transmisión de señales:** intercambio de datos a través de una interfaz digital estándar
- **Técnicas de control del flujo:** compensa las diferencias entre la velocidades a las que recibe los datos y a las que transmite
- **Ecualización:** permite brindar un nivel de salida constante e independiente de la frecuencia que se está transmitiendo.
- **Protecciones:** absorbe picos de tensión en la línea

29

Funciones especiales de los módems

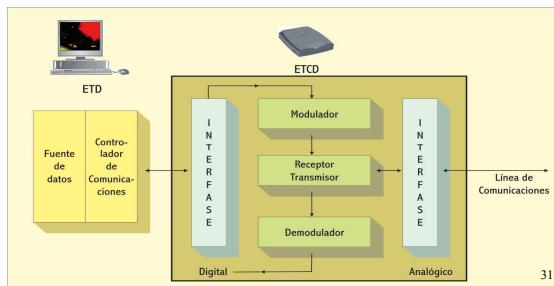
- Discado y recepción automática de llamadas
- Almacenamiento y procesamiento de la información (reducido)
- Detección y corrección de errores
- Compresión de datos
- Servicios de voz
- Servicios de fax
- Multiplexado de canales

30

Sincronismo de los módems

Los módems de datos de frecuencia de voz pueden enviar datos asincrónicos o sincrónicos.

Los modems sincrónicos usan señales de reloj en las interfaces digitales (lo genera o lo toman de la recepción).



31

Control del flujo de datos

La información entre la interfaz y la línea puede estar a distintas velocidades por lo que poseen una memoria intermedia (*buffer*).

Las razones de estas diferencias de velocidades son:

- corrección de errores de recepción
- compresión y descompresión de datos

Se hace por hardware (operando la señal RTS en la interfaz)

o por software:

- enviando los códigos ASCII 17 y 19 (XON y XOFF)
- enviando las señales pedido (ENQ) y aceptación (ACK)

32

Detección y corrección de errores

Recomendación V.42: procedimientos de corrección de errores para los ETCD que utilizan la conversión de modo asíncrono a modo síncrono.

La comunicación con el computador es en modo asincrónico, mientras que la comunicación de modem a modem es sincrónica usando protocolos HDLC.

Utiliza el procedimiento CRC para detección de errores.

Otra función es la compresión de datos para reducir los tiempos de transmisión (muy útil para transmitir imágenes).

33

Normas de módems

La principal normalización es la del UIT-T.

Los módems de frecuencia van de 300 a 56 kbps.

Están ordenados por recomendaciones de la serie V.

34

Resumen de las principales normas de módems

Norma	V_M	$V_{T\max}$	F_p	Modulación	Modo	Tipo	Enlace
V.21	300 baudios	300 bps	Canal N° 1: 1800 Hz Canal N° 2: 1750 Hz	FSK	Asincrónico	Dúplex	RTC
V.22	600 baudios	1200 bps	Canal N° 1: 1200 Hz Canal N° 2: 2400 Hz	PSK	Asincrónico Síncrono	Dúplex	RTC
V.22 bis	600 baudios	2400 bps	Canal N° 1: 1200 Hz Canal N° 2: 2400 Hz	QAM	Asincrónico	Dúplex	RTC
V.23	1200 baudios 75 baudios	2400 bps	Canal N° 1: 1700 Hz Canal N° R _c : 390 Hz Canal N° R _c : 450 Hz	FSK	Asincrónico Síncrono	Dúplex	RTC
V.26	1200 baudios	2400 bps	Canal N° 1: 1700 Hz	PSK	Síncronico	Dúplex	4 hilos
V.26 bis	1200 baudios	2400 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	PSK	Síncronico	Semi-dúplex	RTC
V.26 ter	1200 baudios 75 baudios	2400 bps	Canal N° 1: 1800 Hz Canal N° R _c : 390 Hz Canal N° R _c : 450 Hz	PSK	Asincrónico Síncrono	Dúplex	RTC
V.27	1600 baudios	4800 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	DPSK	Síncronico	Dúplex	2 hilos
V.27 bis	1600 baudios	4800 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	DPSK	Síncronico	Dúplex	2 hilos
V.27 ter	1600 baudios	4800 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	DPSK	Síncronico	Dúplex	RTC
V.29	2400 baudios	9600 bps	Canal N° 1: 1700 Hz	QAM	Síncronico	Dúplex	4 hilos
V.32	2400 baudios	9600 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	QAM/TCM	Asincrónico	Dúplex	RTC

35

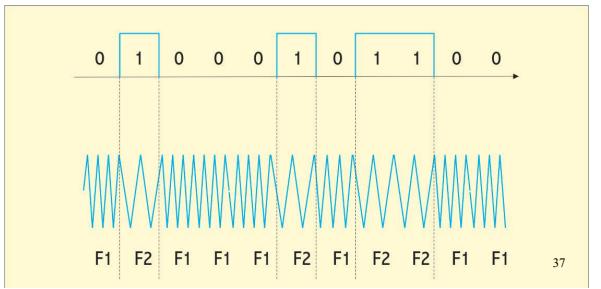
Norma	V_M	$V_{T\max}$	F_p	Modulación	Modo	Tipo	Enlace
V.32 bis	2400 baudios	14400 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	QAM/TCM	Asincrónico	Dúplex	RTC
V.33	2400 baudios	14400 bps	Canal N° 1: 1800 Hz	QAM/TCM	Asincrónico	Dúplex	4 hilos
V.34	3429 baudios	33600 bps	Varios	QAM/TCM	Síncronico	Dúplex	RTC

36

Recomendación V.21

Los antiguos módems utilizaban este tipo de modulación para 300 bps en un canal a dos hilos con:

- portadoras en 1.080 y 1.750 Hz (una para trasmisión y otra para recepción)
- desviaciones de 100 Hz hacia ambos extremos (el cero es frecuencia alta)



37

Recomendación V.29

Permiten obtener velocidades de hasta 9600 bps a través de líneas dedicadas a cuatro hilos, con señales multiview de 16 valores (cuatro bits por Baudio o cuadribits) usando la modulación en cuadratura QAM.

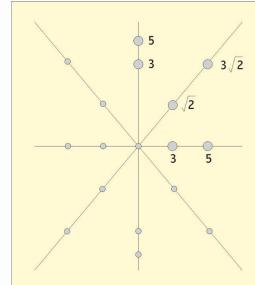
El tren de datos se divide en grupos de cuatro bits (cuadribits).

El primer bit (Q1) determina la amplitud de la señal. Los siguientes (Q2, Q3 y Q4), se codifican mediante un cambio de fase con relación a la fase del elemento precedente.

38

FASE ABSOLUTA	AMPLITUD RELATIVA	Q1	Q2	Q3	Q4	CAMBIO DE FASE
0°	3	0	0	0	1	0°
5	1	0	0	1		
45°	$\sqrt{2}$	0	0	0	0	
$3\sqrt{2}$	1	0	0	0		45°
90°	3	0	0	1	0	
5	1	0	1	0		90°
135°	$\sqrt{2}$	0	0	1	1	
$3\sqrt{2}$	1	0	1	1		135°
180°	3	0	1	1	1	
5	1	1	1	1		180°
225°	$\sqrt{2}$	0	1	1	0	
$3\sqrt{2}$	1	1	1	0		225°
270°	3	0	1	0	0	
5	1	1	0	0		270°
315°	$\sqrt{2}$	0	1	0	1	
$3\sqrt{2}$	1	1	0	1		315°

39

Constelación para la Recomendación V.29.

Cuadribits	Cambio de fase	Amplitud relativa	Cuadribits	Cambio de fase	Amplitud relativa
0001	0°	3	1001	0°	5
0000	+ 45°	$\sqrt{2}$	1000	+ 45°	$3\sqrt{2}$
0010	+ 90°	3	1010	+ 90°	5
0011	+ 135°	2	1011	+ 135°	3 2
0111	+ 180°	3	1111	+ 180°	5
0110	+ 225°	2	1110	+ 225°	3 2
0100	+ 270°	3	1100	+ 270°	5
0101	+ 315°	$\sqrt{2}$	1101	+ 315°	$3\sqrt{2}$

40

Recomendación V.32

Funcionamiento en modo dúplex a dos hilos.

Usa de técnicas de compensación de eco para la separación de los canales en ambos sentidos.

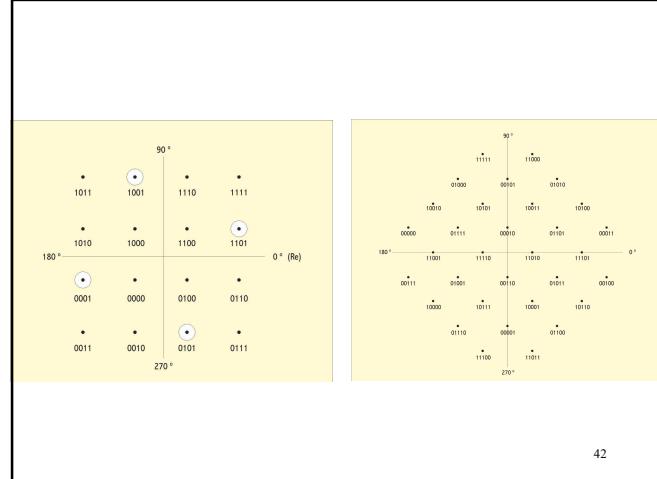
Modulación de amplitud en cuadratura para cada canal con transmisión síncrona en línea a 2400 Baudios.

A la velocidad de transmisión máxima de 9.600 bps permite utilizar dos esquemas de modulación:

-clásico con 16 estados de portadora y cuatro bit por Baudio (2400 x 4 = 9600 bps)

-otro con codificación entrelazada con 32 estados de portadora (cinco bits por Baudio).

41



42

Recomendación V.90 o V.92

Son los modems usados para conectarse a Internet por la red telefónica antes del ADSL.

La conexión es asimétrica (velocidades distintas).

- el lado servidor transmite en alta velocidad (bajada)
- el lado cliente transmite en baja velocidad (subida)

Se utiliza modulación QAM, con codificación entrelazada o *Trellis Coded Modulation*.

43

Configuración de modems

Tienen un microprocesador para hacer funciones automáticas o preprogramadas por *hardware* o por *software*.

Hardware: con llaves (DIP switches) para elegir opciones.

Software: comandos Hayes (desarrollados por *Hayes Microcomputer Incorporated*, desde la interfaz mandando la secuencia AT.

44

COMANDO	FUNCIONES GENERALES	PARTICULARES
A	Facilita el modo de respuesta en forma manual.	B0 = UTT - T. B1 = Normas Bell.
B	Selecciona el tono de respuesta y la velocidad de trabajo.	B _n = Distintas velocidades.
D	Selecciona el modo de discar por la red telefónica.	DP = Por pulsos. DT = Por tonos. D _n = Otras variantes.
E	Habilita o deshabilita el eco en la pantalla.	EO = Sin eco E1 = Con eco.
F	Permite seleccionar modo Dúplex o Semidúplex.	
H	Fuerza al módem a simular colgar o descolgar el micrófono.	EO = Colgar. EI = Descollar.
I	Solicita información sobre el equipo.	IO = Código de identificación de la ROM. I _n = Otras informaciones. LO = Mínimo. L _n = Otros valores intermedios. L4 = Máximo.
L	Regula el volumen del parlante del equipo.	
M	Activa o desactiva el parlante.	
O	Permite volver a conectar la línea.	
Q	Habilita o deshabilita el envío de códigos de resultado.	
S	Permite leer y mostrar el valor almacenado en un registro.	
V	Muestra los códigos de resultado en forma numérica o escrita.	
X	Habilita un conjunto de facilidades del equipo. Siempre el valor de default es el máximo.	X= = Incluye un conjunto mínimo de prestaciones. X _n = Agrega prestaciones al conjunto mínimo. X4 = Conjunto máximo de prestaciones.
Y	Activa o desactiva señales de respuesta, o pausas.	
Z	Permite reinicializar el equipo.	

45

Ajuste de velocidad

Los módem pueden trabajar a diferentes velocidades.

Al establecer el enlace, tratará siempre de conectarse a la máxima velocidad posible y bajaría a medida que la calidad del canal sea menor.

Procedimiento de negociación: se realiza un sondeo de línea con instrucciones denominadas "Secuencias INFO" cuyo resultado fija la velocidad de modulación y de transmisión más convenientes.

La velocidad de modulación puede ser diferente en cada sentido de la comunicación (velocidades asimétricas).

46

ACCESOS DE BANDA ANCHA

El concepto de Acceso de Banda Ancha se aplica a velocidades no inferiores a 2 Mbps.

Se usan redes ya desplegados de amplia cobertura geográfica y con llegada a los usuarios finales ya establecidas:

- cables de cobre utilizados en la red telefónica (tecnologías denominadas xDSL)
- cables coaxiales empleados en las redes de distribución de señales de televisión (normas DOCSIS con equipos cable módem).

47

ABREVIATURA DENOMINACIÓN

ABREVIATURA	DENOMINACIÓN
ADSL/DSL2+	Línea Digital de Abonado Asimétrica Asymmetric Digital Subscriber Line
RADSL	Línea Digital de Abonado Asimétrica de Velocidad Variable Rate Adaptive Asymmetric Digital Subscriber Line
HDSL/HDSL1	Línea de Abonado de Alta Velocidad High Bit Rate Digital Subscriber Line
SDSL	Línea Digital de Abonado Simétrica Symmetric Digital Subscriber Line
VDSL	Línea de Digital Abonado de Muy Alta Velocidad Very High-Speed Digital Subscriber Line

48

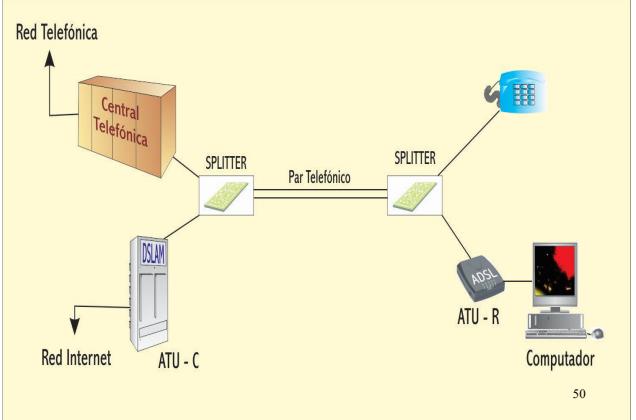
TECNOLOGIA ADSL

ADSL se presta sobre un único par de cobre por el que se brinda el servicio telefónico.

El canal descendente tiene mayor velocidad que el canal ascendente (asimétrico) ya que en Internet el volumen de información recibida es mucho mayor que la enviada desde el usuario.

Velocidades mayores a los módems de datos de rango vocal
Solución de bajo costo para conectar a una LAN a la Red Internet.

49

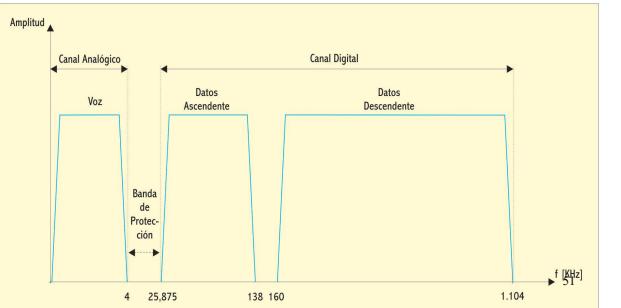


50

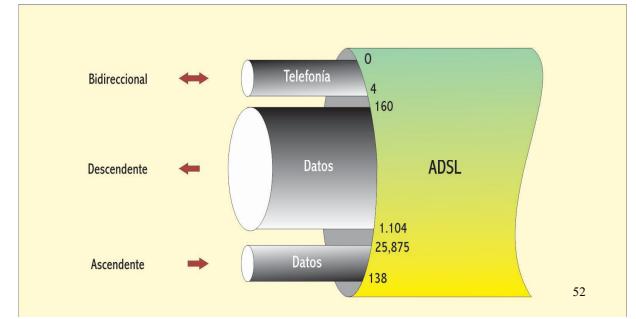
Recomendación UIT G.992.1

Divide el ancho de banda en tres canales diferentes.

- Un canal de voz analógico separado por splitters.
- Dos canales digitales (ascendente y descendente).

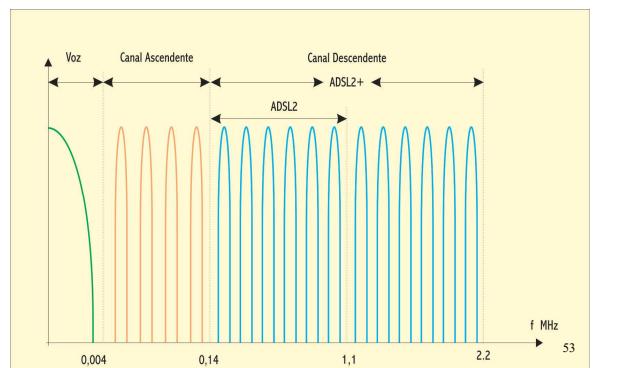


La tecnología ADSL usa código de línea **DMT**, también conocida como **OFDM** (divide el ancho de banda en un conjunto de subportadoras ortogonales de diferentes frecuencias, cada una se modula con QAM o PSK).



52

ADSL2 plus: aumenta la velocidad descendente hasta 24 Mbps (evolución del sistema ADSL y ADSL2).



Distribución de frecuencias y velocidades máximas:

ADSL2+ Anexo A	Tel	Canal ascendente = 0,8 Mbps	Canal descendente = 24 Mbps	2.208 KHz
			25 138	
ADSL2+ Anexo L	Tel	Canal ascendente = 2,5 Mbps	Canal descendente = 20 Mbps	2.208 KHz
			25 276	
ADSL2+ Anexo J		Canal ascendente = 2,5 Mbps	Canal descendente = 20 Mbps	2.208 KHz
			0 276	

54

Ventajas y desventajas de ADSL

- Permite la operación telefónica y navegar por la Red Internet.
- No requiere una infraestructura especial, reusando la planta externa existente.
- Menor costo del servicio y del tiempo de instalación.
- Velocidad mayor que con módems de frecuencia vocal.
- Respecto de **Cable Módem** tiene velocidad constante e independiente de los usuarios conectados.
- Permite la telefonía IP a costos mucho menores que la telefonía clásica.
- Los enlaces ADSL pueden ser usados como red de *back-up* de redes WAN empresariales.

55

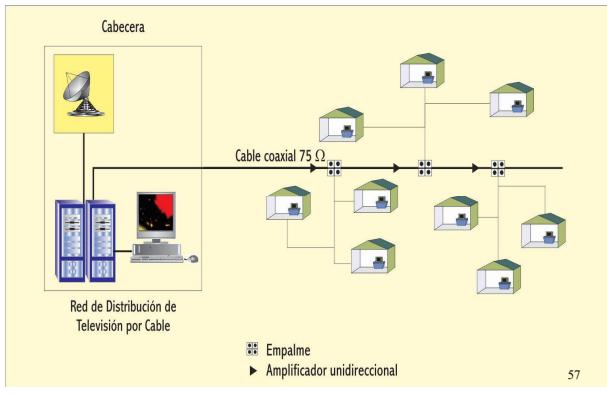
CABLE MODEM

Para la conexión con Internet se utilizan las redes de distribución de señales de televisión por cable.

Las primeras redes tenían cables coaxiales de cobre, luego se formaron redes híbridas con transporte de fibra óptica y distribución en cobre.

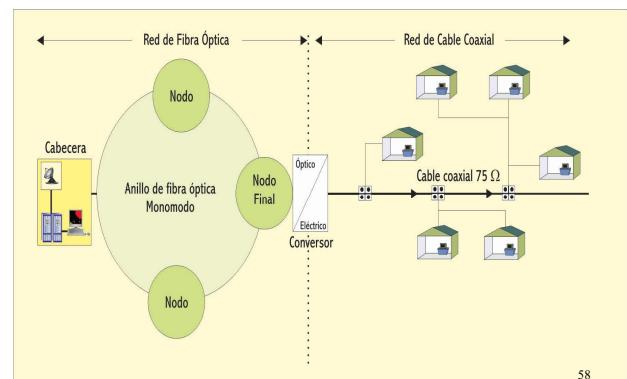
56

Red de TV por cable de cobre



57

Red de TV híbrida (por cables de fibra y de cobre)



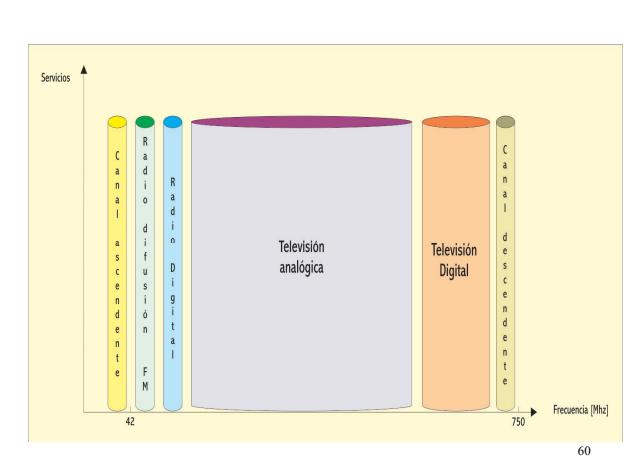
58

Servicios

El Cable Modem permite proveer servicios con protocolos que establecen un canal transparente entre la cabecera y el usuario final:

- Televisión analógica.
- Televisión Digital.
- Radio difusión FM.
- Radio digital.
- Acceso a la Red Internet.
- Telefonía.
- Servicios multimedia con calidad de servicio.
- Administración de los servicios.

59

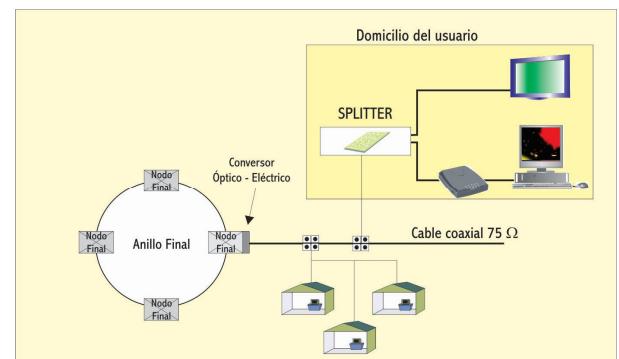


60

Equipo Cable Módem

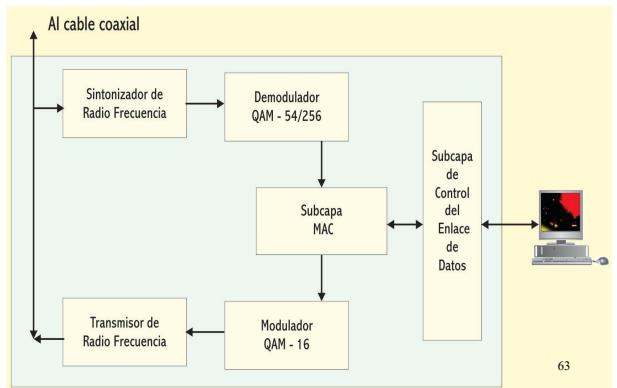
Los equipos cable módem pueden ser externos o internos.
 -Los externos se conectan directamente al computador por Ethernet o USB.
 Trabajan con la mayoría de los sistemas operativos y plataformas de *hardware*.
 Tienen incorporado un *splitter* que permite conectar a ellos el televisor y el computador.
 -Los internos se colocan como una tarjeta adicional a un bus PCI.

61



62

Diagrama en bloque de un cable modem:



63

Las especificaciones DOCSIS

Son un conjunto de estándares para transmisión de datos sobre redes de televisión por cable.

Disponibles en la página Docsis.org

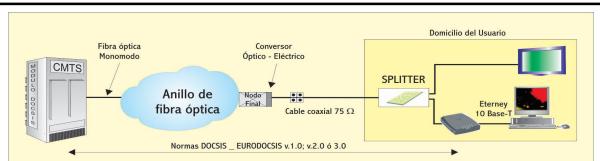
Utilizan esquemas de modulación QAM y QPSK RF.

Dos tipos de normas DOCSIS:

-europeas (EuroDOCSIS): canales de 8 MHz con Norma PAL, elaboradas por **Cable Europe Labs**

-americanas: canales de 6 MHz con Norma NTSC, elaboradas por **CableLabs**.

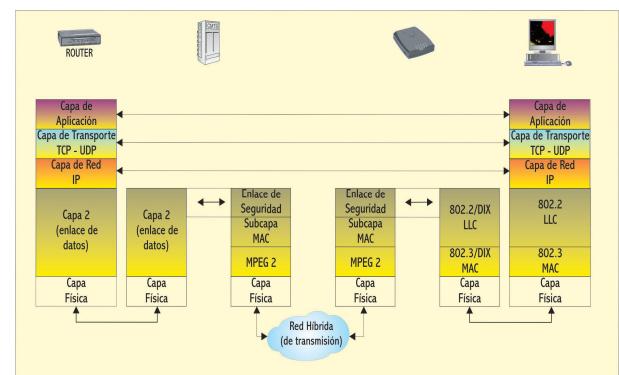
64



Versión	Canal descendente		Canal ascendente		
	Máximo de canales	Velocidad máxima DOCSIS	Máximo de canales	Velocidad máxima DOCSIS/EURODOCSIS	
1.0	1	42.88 Mbps	55.62 Mbps	1	10.24 Mbps
2.0	1	42.88 Mbps	55.62 Mbps	1	30.72 Mbps
3.0 ¹	No están definidos	42.88 Mbps	55.62 Mbps	No están definidos	30.72 Mbps

65

Protocolos utilizados en las normas DOCSIS



66

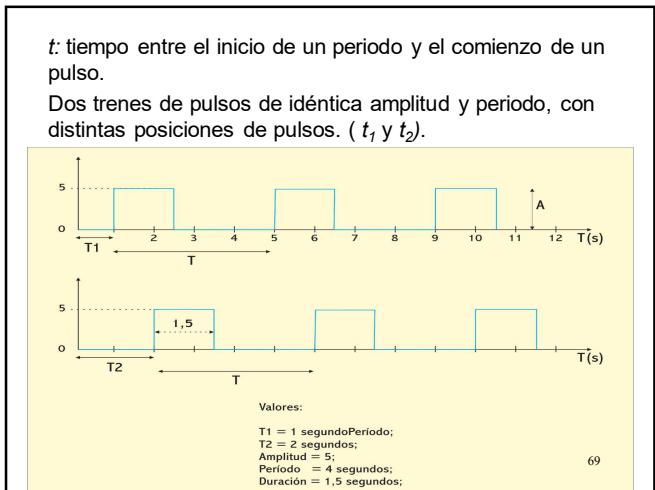
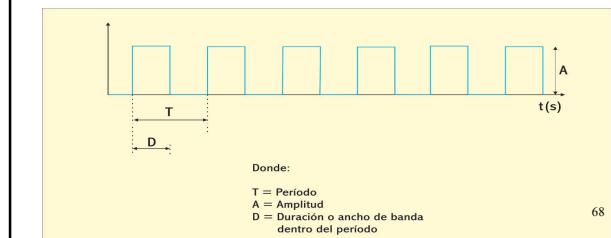
Comparación entre la tecnología XDSL y Cable Módem		
CARACTERÍSTICA	CABLE MÓDEM	ADSL
Fecha de desarrollo	1990	1987
Cableado utilizado	Coaxial 75 Ω más fibra óptica	Par telefónico
Multiplexación	Si - TDMA	No
Codificación	QAM	DMT
Ancho de banda utilizado	Descendente (NTSC) 6 MHz Descendente (PAL) 8 MHz Ascendente 2 Mhz	Descendente 160 a 1.104 kHz Ascendente 2 Mhz
Velocidades máximas	55,62 Mbps . EURODOCSIS	20 mbps (ADSL2+ - Anexo J)
Requiere amplificadores	Si - Bidireccional	No
Soporte de QoS	Si	Si
Telefonía	Si	Si
Alcance geográfico	Teóricamente ilimitado	± 6 km según el par
Servicios adicionales posibles	Si	No - Solo telefonía
Es alternativa a redes WAN	No	Si 67

MODULACION POR PULSOS

La señal moduladora modifica una señal portadora constituida por un tren de pulsos.

Los parámetros que pueden ser alterados son los siguientes:

- Amplitud.
- Período.
- Posición del pulso.



Clasificación de la modulación por pulsos

Modulación por pulsos analógica

El tren de pulsos puede ser modulado tomando infinitos valores, según tres métodos:

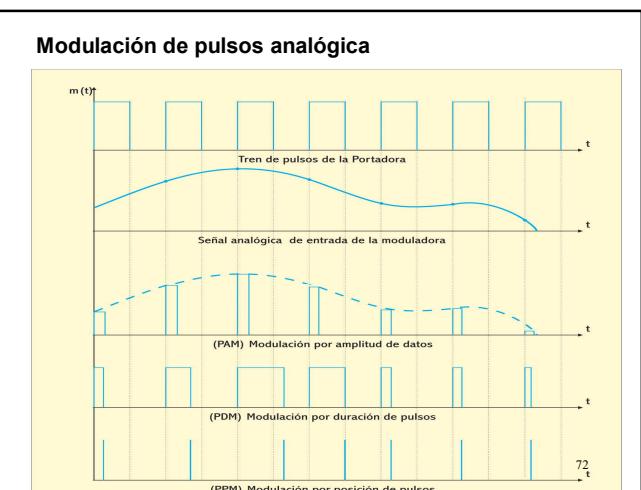
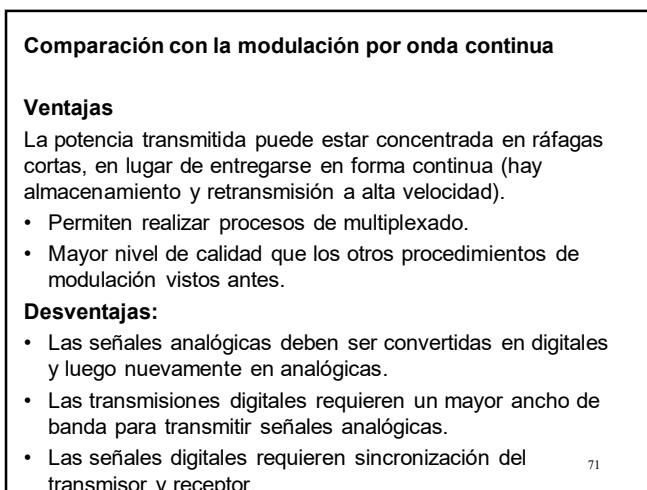
- PAM (Modulación de Amplitud de Pulso)
- PDM (Modulación por Duración de Pulso)
- PPM (Modulación por Posición de Pulso)

Modulación por pulsos digital

El tren de pulsos puede ser modulado tomando un número finito de valores, según tres métodos:

- PCM (Modulación por Pulsos Codificados)
- Modulación Delta
- Modulación Delta Diferencial.

70



Tipos de modulación

PAM (Modulación de pulsos por amplitud): la señal de salida varía su amplitud siguiendo la señal moduladora, sin cambiar la duración de los pulsos o su ubicación.

PDM (Modulación de pulsos por variación del ancho del pulso): la señal de salida varía la duración de su periodo siguiendo la señal moduladora, sin cambiar la amplitud de los pulsos o su ubicación. Requiere mayor ancho de banda.

PPM (Modulación de pulsos por modificación de la posición del pulso): la señal de salida se retarda o avanza siguiendo la señal moduladora, sin cambiar el ancho y la amplitud de los pulsos.

- PDM y PPM se utilizan en comunicaciones especiales, y en aplicaciones militares.

73

DIGITALIZACION DE SEÑALES

La irrupción de la electrónica digital y los computadores en los sistemas de comunicaciones ha llevado a la migración de las redes analógicas hacia las digitales.

Se deben convertir en digitales las señales analógicas:

- Vídeo
- Música de alta fidelidad
- Imágenes

Hay tres pasos en la digitalización:

- Muestreo
- Cuantificación
- Codificación

74

Teorema de Nyquist o del muestreo

Dada una función cuya energía está enteramente contenida en un ancho de banda cuya frecuencia máxima es f_{max} , si se muestrea a una frecuencia igual o mayor a $2 f_{max}$, la función original puede ser totalmente recuperada por medio de un filtro pasa bajos ideal.

La frecuencia mínima de muestreo será $f_{m_{min}} = 2 f_{max}$

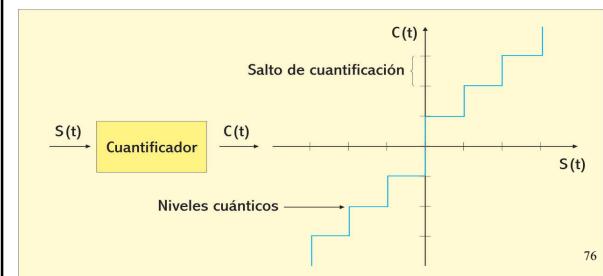
La $f_{m_{min}}$ es la "frecuencia de Nyquist".

Después del muestreo de una señal senoidal quedan muestras cuya amplitud representa la amplitud de la señal en los momentos de ser muestreada (señal PAM).

75

Cuantificación

Es la transformación de los niveles de amplitud continuos de la señal muestreada en un conjunto de niveles discretos establecidos (nivel cuántico o escalón) que son potencias de 2 (64, 128 o 256).



76

Error de cuantificación

La cuantificación implica una pérdida de información y será imposible reconstruir exactamente la señal analógica original a partir de la señal cuantificada.

No es un problema porque el oído humano solo puede percibir diferencias finitas de intensidad.

Error de cuantificación es la diferencia entre:

- la señal de entrada $S(t)$ y
- su versión cuantificada $C(t)$.

También se lo denominar ruido de cuantificación o distorsión por cuantificación.

77

Tipos de cuantificación

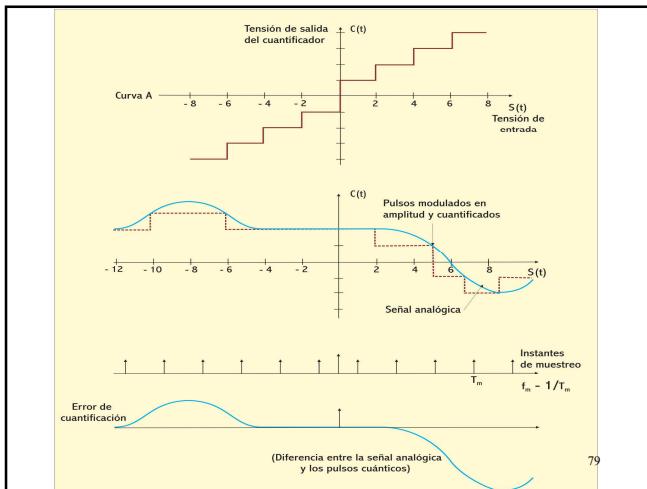
Hay dos tipos: uniforme y no uniforme

Cuantificación uniforme o lineal: los distintos niveles cuánticos tienen la misma medida.

El error de cuantificación es constante e independiente de la señal.

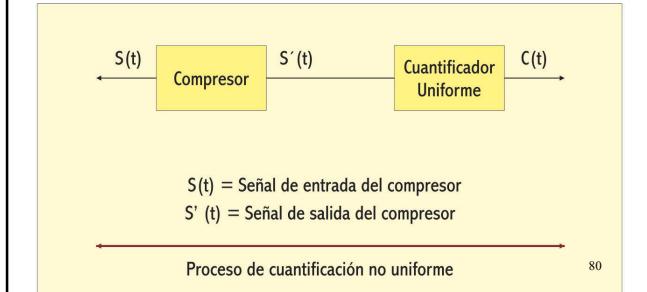
No es apta para señales de bajo nivel porque el error de cuantificación constante es del orden de la señal.

78



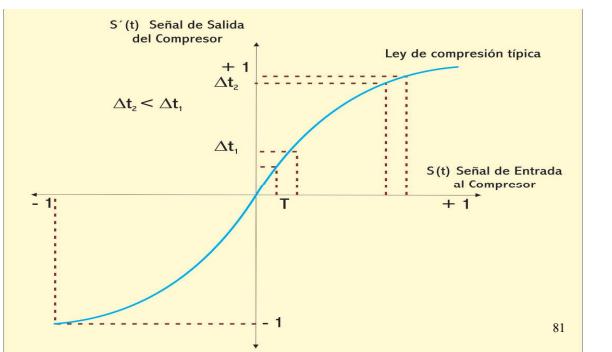
Cuantificación no uniforme: los distintos niveles cuánticos se comprimen en proximidades al valor cero y se expanden hacia los extremos.

Equivale a hacer pasar la señal por un compresor y luego por un cuantificador uniforme.



Compansión

Consiste en comprimir la señal en la fuente y expandirla en el destino mediante una ley del tipo logarítmica.



Leyes de Cuantificación

Se usan dos tipos de leyes de características logarítmicas denominadas Ley μ y Ley A.

Están definidas por el UIT – T en la norma G.711.

En la práctica se usa una aproximación por trazos que divide las curvas en segmentos de recta (Ley A en 13, Ley μ en 15).

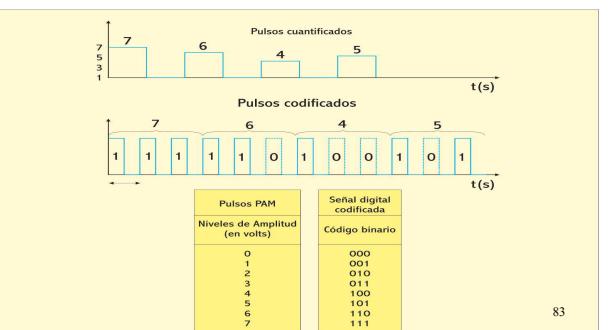
El objetivo es tener una relación señal/ruido de cuantificación constante para todo nivel de señal, para lo cual se debe utilizar una cuantificación no uniforme.

- Cuando la señal es pequeña se toman más niveles cuánticos, reduciéndose dicho ruido.
- Cuando la señal es alta se toman menos niveles, el ruido aumenta y la relación señal/ruido es la misma.

82

Codificación

Convierte los pulsos cuantificados en un grupo de pulsos binarios de amplitud constante siguiendo un código dado por una tabla.



Modulación por pulsos codificados (MIC)

Transmisión de información analógica en forma de señales digitales mediante un proceso continuo de muestreo, cuantificación y codificación.

Conocida por la sigla en inglés (PCM).

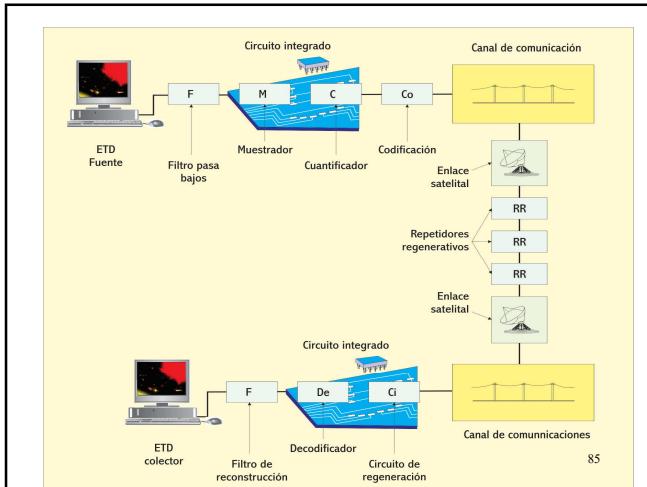
El transmisor tiene cuatro etapas:

- Sistema de filtros pasa bajos.
- Muestreador.
- Cuantificador.
- Codificador.

El receptor tiene tres etapas:

- Regeneración
- Decodificador
- Filtro de reconstrucción de la señal original.

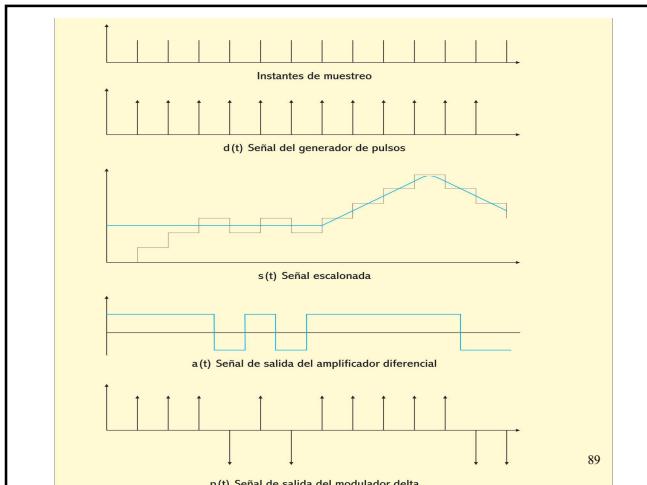
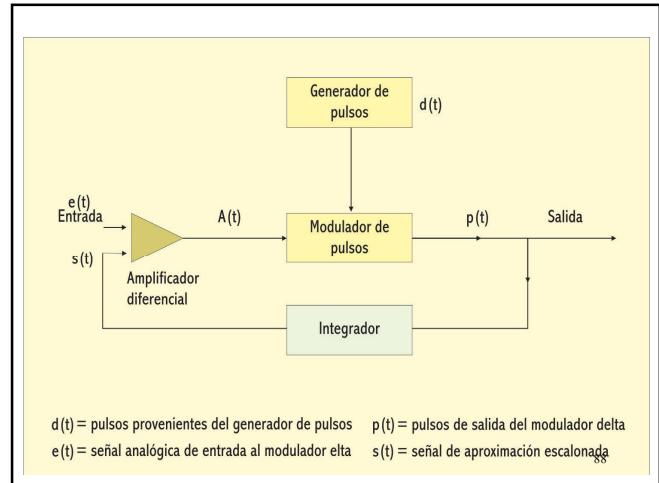
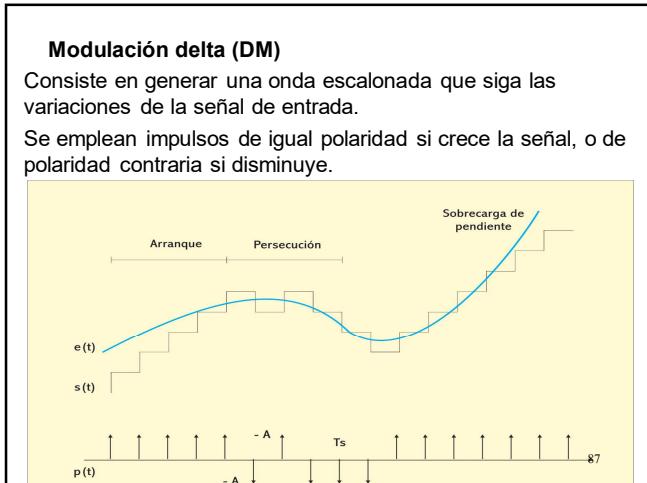
84



Cálculo de la velocidad de trasmisión en PCM

- La señal analógica se filtra en 4 kHz porque las frecuencias superiores tienen poco nivel.
 - La señal se puede muestrear a $2 \times 4 \text{ kHz} = 8 \text{ kHz}$ (Nyquist)
 - Se generan 8.000 muestras por segundo
- En los sistemas **europeos** cada muestra es cuantificada entre 256 niveles (2^8)
 - Cada muestra es codificada con 8 bits
 - Cada segundo se generan $8.000 \times 8 \text{ bits} = 64 \text{ kbps}$
- En los sistemas **americanos** cada muestra es cuantificada entre 128 niveles (2^7)
 - Cada muestra es codificada con 7 bits
 - Cada segundo se generan $8.000 \times 7 \text{ bits} = 56 \text{ kbps}$

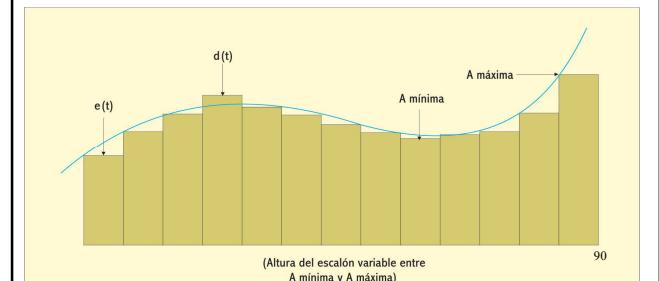
86



Modulación delta adaptativa

Este sistema soluciona los dos inconvenientes existentes en la modulación delta: el ruido granular y la sobrecarga de pendiente, originadas en el tamaño del escalón.

La modulación delta adaptativa ajusta este valor en función de la variación de la señal de entrada.



89

90

Modulación PCM diferencial

Combina la modulación delta con la codificación PCM.
Reemplaza el modulador de pulsos por un dispositivo cuantificador – muestreador que genera pulsos iguales en polaridad que los de salida de un modulador delta, pero con amplitud proporcional a la diferencia entre la señal de entrada y la señal escalonada.
Dicha señal, correspondiente a cada muestra de error cuantificada, es transmitida como una palabra código de n bits.

Comunicaciones Clase 10

Transporte de señales

1

Mejoras de la capacidad de un canal

- Transmisiones multinivel: limitado por la relación señal ruido.
- Aumentar la velocidad de modulación
- Enviar varias comunicaciones simultáneas usando multiplexación
- Utilizar al máximo el ancho de banda disponible en el medio con el hardware necesario.

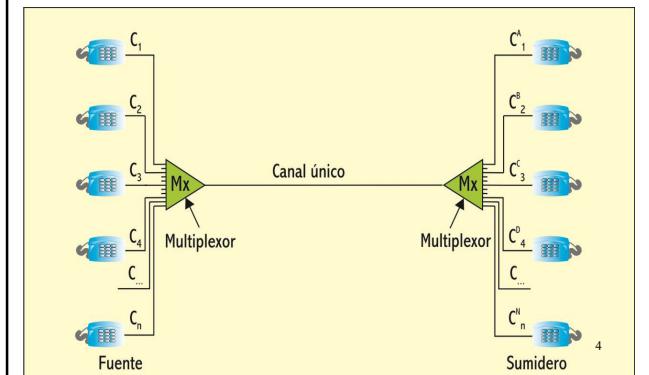
2

MULTIPLEXACION

Técnica que permite que por un único canal físico se cursen varias comunicaciones simultáneas sin interferirse entre sí. Se utilizan equipos **multiplexores**.

3

Multiplexar es repartir un único canal de comunicaciones de capacidad C entre n subcanales de entrada de capacidades C_i cuya suma de velocidades no puede superar el valor C .



Técnicas de multiplexación

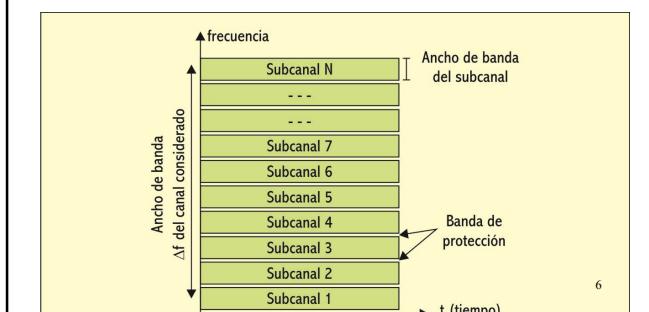
- Multiplexado por división de frecuencia (**FDM - Frequency Division Multiplexing**).
- Multiplexado por división de tiempo (**TDM - Time Division Multiplexing**).
- Multiplexado por división de tiempo estadístico (**STDM - Statistical Time Division Multiplexing**).

5

Multiplexación por división de frecuencia (FDM)

Divide el ancho de banda disponible en varios subcanales independientes con una banda útil de 300 a 3.400 Hz.

Cada subcanal está separado del anterior y del posterior por una banda de protección, con una banda total de 4.000 Hz.



6

Formación de un grupo primario

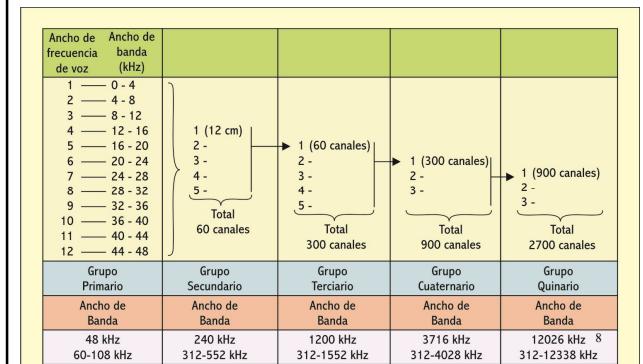
Hay doce canales de 4 kHz y cada uno es modulado en amplitud con una portadora diferente.

Se forma un grupo primario de 60 a 108 kHz.

CANAL DE VOZ	FRECUENCIA DE LA PORTADORA	ANCHO DE BANDA USADO
Canal 1	64 KHz	60 a 64 KHz
Canal 2	68 KHz	64 a 68 KHz
Canal 3	72 KHz	68 a 72 KHz
Canal 4	76 KHz	72 a 76 KHz
Canal 5	80 KHz	76 a 80 KHz
Canal 6	84 KHz	80 a 84 KHz
Canal 7	88 KHz	84 a 88 KHz
Canal 8	92 KHz	88 a 92 KHz
Canal 9	96 KHz	92 a 96 KHz
Canal 10	100 KHz	96 a 100 KHz
Canal 11	104 KHz	100 a 104 KHz
Canal 12	108 KHz	104 a 108 KHz

Formación de grupos superiores de las jerarquías analógicas

Los grupos básicos se van modulando para obtener grupos superiores que transportan hasta 2.700 canales telefónicos.



Acceso múltiple por división de frecuencia

Divide el ancho de banda en varios canales en función del servicio.

Se accede al medio a través de uno de los canales disponibles.

Los usuarios usan el ancho de banda asignado sin interferirse. Esta técnica es utilizada en sistemas GSM (telefonía móvil de segunda generación).

9

Multiplexación por división de frecuencias ortogonales

La técnica OFDM envía un conjunto de subcanales con ondas portadoras ortogonales de diferentes frecuencias separadas por anchos de banda pequeños.

Al ser ortogonales no se interfieren a pesar de la cercanía.

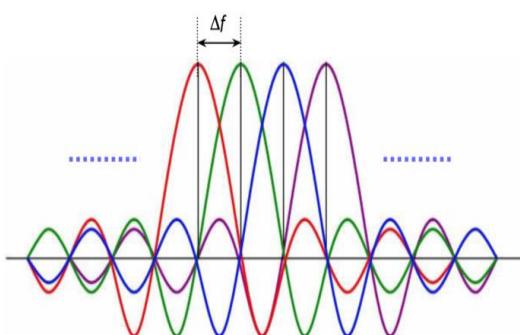
Cada una se puede modular por QAM o PSK.

Aplicaciones:

- Redes inalámbricas IEEE 802.11a, g y n (Wi-Fi).
- Redes de telefonía celular de cuarta generación (4G).
- Acceso de banda ancha móvil: IEEE 802.16e (WiMax).
- Sistemas para transmisión digital de señales de vídeo (TVDT).

10

Señal OFDM



Multiplexación por división de tiempo (TDM)

Divide el tiempo de transmisión de una secuencia de datos transmitida por un único canal de comunicaciones en subcanales de comunicaciones independientes entre sí, donde a cada subcanal se le asigna un segmento de dicho tiempo.

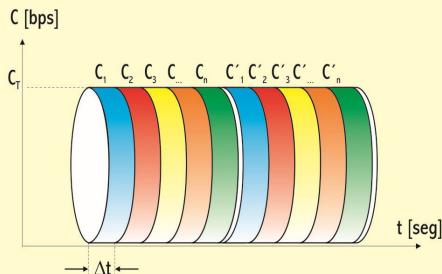
Se crean **ranuras de tiempo** que el multiplexor adjudica a los subcanales o señales de entrada.

Con los datos aportados por los subcanales se armar una **trama** que se envía a la línea de transmisión.

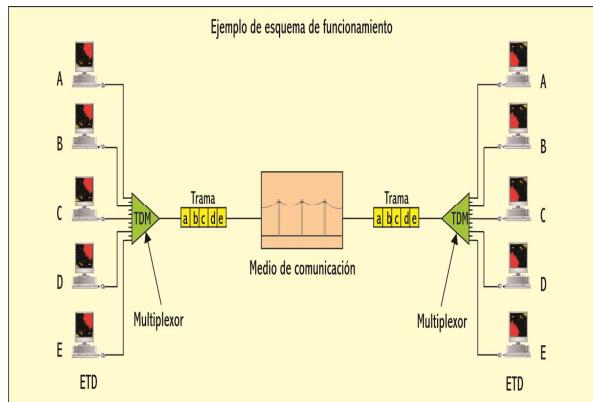
Es esencial que el trasmisor y el receptor estén sincronizados para armar y desarmar la trama, compuesta por la información de los usuarios y por información de control del sistema.

12

En la TDM los equipos terminales toman todo el ancho de banda del canal, una parte del tiempo.



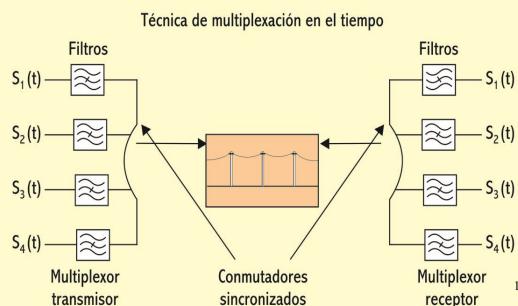
13



14

Funcionamiento de la TDM

La podría hacer un conmutador rotativo electrónico en el trasmisor, que tome secuencialmente muestras de cada señal. En el receptor existiría otro conmutador rotativo similar, sincronizado con el del transmisor.

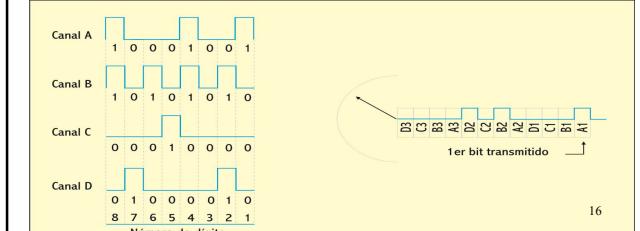


15

Armado de las tramas

Hay dos formas para adjudicar las ranuras de tiempo o *slots*:
Entramado de bits: cada período de tiempo o *slot* se ajusta para que transporte un solo bit de cada terminal (dígito por dígito). Cada trama está formada por los bits de sincronismo y por un bit de cada terminal.

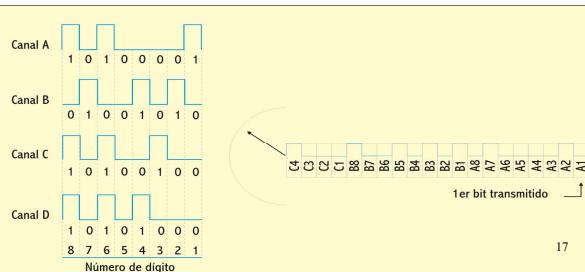
Es económico en electrónica, no requiere almacenamiento



16

Entramado de caracteres: se usa para señales compuestas por un grupo de caracteres que deben mantener su integridad.

La llave rotativa del multiplexor deberá detenerse en cada entrada de canal mientras está siendo transferido el carácter. Requiere almacenamiento local mientras se espera la siguiente transferencia.



17

Formación de grupos básicos

En la norma europea las señales de voz se codifican en PCM en 64 kbit/s (canal E0).

Se forman grupos de 30 canales de voz y dos canales adicionales para sincronismo y señalización.

$32 \times 64 = 2.048$ kbit/s, aproximadamente 2 Mbit/s (canal E1).

En la norma americana las señales de voz se codificaban en PCM en 56 kbit/s pero luego pasaron a 64 kbit/s (canal T0).

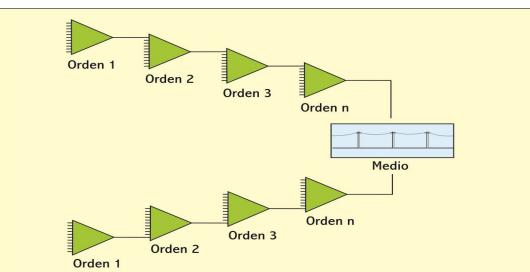
Se forman grupos de 24 canales de voz con un sincronismo resultando 1.544 kbit/s, aproximadamente 1.5 Mbit/s (canal T1).

18

Formación de órdenes superiores de multiplexación

La primera generación de TDM son los Sistemas Plesiochronos (casi sincrónicos) porque tienen una tolerancia amplia con las tramas (pueden variar 50 ppm).

El conjunto de los distintos niveles forma la **Jerarquía Digital Plesiocrona** (UIT - T en Recomendación G.701).



19

Orden	Velocidad de transmisión	Cantidad de bits por trama	Duración de la trama μs	Nº de Canales
1	2,048 Mbps	256	125,00	30
2	8,448 Mbps	848	100,38	120
3	34,368 Mbps	1536	44,69	480
4	139,264 Mbps	2904	20,85	1920
5	564,992 Mbps	2688	4,70	7680

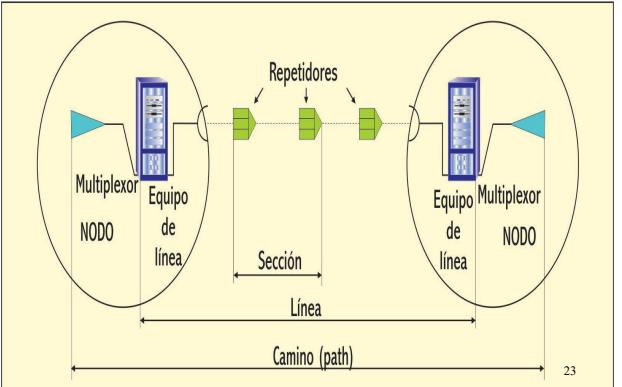
20

JERARQUIA DIGITAL SINCRONICA (SDH)

Transporta las señales tributarias PDH y nuevos servicios. Hay cinco niveles jerárquicos que parten de una velocidad básica 155,22 Mbps.

Denominación	Velocidad exacta	N	Número de canales	Velocidad simplificada
STM - 1	155,520 Mbps	1	1.890	155 Mbps
STM - 4	622,060 Mbps	4	7.560	620 Mbps
STM - 16	2488,320 Mbps	26	30.240	2,5 Gbps
STM - 64	9953,280 Mbps	64	120.960	10 Gbps
STM - 256	39813,120 Mbps	256	483.840	40 Gbps ²²

Esquema de sistema SDH



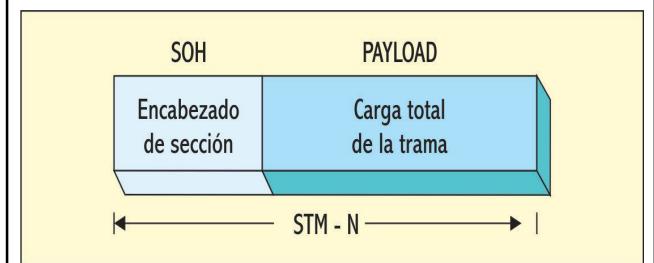
23

Tramas SDH

Las tramas SDH se analizan en dos dimensiones.

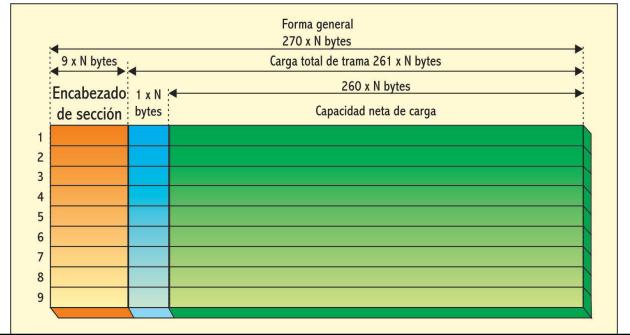
La trama STM - N (Módulo para el Transporte Sincrónico para el nivel N) tiene dos secciones:

- Section Overhead - SOH (encabezado de sección)
- Payload (capacidad total de carga de la trama).



Módulo de Transporte Sincrónico STM - 1

- tiene 270 columnas de 9 bytes = 2.430 bytes/trama
- hay 8 bits por byte y 8.000 tramas por segundo
- luego son $2.430 \times 64.000 = 155,520$ Mbps



Contenedores virtuales

El sistema SDH puede transportar señales multiplexadas por equipos PDH mediante Contenedores Virtuales (VC) que permiten transportar la información útil (Capacidad Neta de Carga).

Número	Designación del Contenedor	Velocidad de la multiplexación PDH
1	VC - 11	1,544 Mbps
2	VC - 12	2,048 Mbps
3	VC - 2	6,048 Mbps
4	VC - 3	34,368 y 44,736 Mbps
5	VC - 4	139,264 Mbps

La capacidad total neta de carga de una trama se podrá llenar con variadas combinaciones de contenedores que podrán transportar sistemas tributarios plesiochronos de orden inferior.

Se pueden formar contenedores de orden superior con combinaciones de orden inferior.

Contenedor Virtual	Combinaciones posibles con otros valores
VC - 4 - 139,264 Mbps	Una señal cuaternaria plesiocrona de igual valor Tres contenedores VC - 3 (34,368 ó 44,736 Mbps)
	7 contenedores VC - 2
VC - 3 - 34,368 ó 44,736 Mbps	28 contenedores VC - 11 21 contenedores VC - 12
	Combinaciones de los anteriores, sin superar el valor máximo

27

SONET

Es la versión americana del SDH con distintas tramas y velocidades.

La Jerarquía SONET comienza en STS-1 (51,84 Mbps). Los niveles se denominan "OC - n" (Optical Carrier).

NIVELES		VELOCIDADES		
OPTICO	ELECTRICO	ENCABEZAMIENTO	UTIL	TOTAL
OC - 1	STS - 1	1,728 Mbps	50,112 Mbps	51.840 Mbps
OC - 3	STS - 3	5,184 Mbps	150,336 Mbps	155.520 Mbps
OC - 9	STS - 9	15,552 Mbps	451,008 Mbps	466.560 Mbps
OC - 12	STS - 12	20,736 Mbps	601,334 Mbps	622.080 Mbps
OC - 18	STS - 18	31,104 Mbps	902,016 Mbps	933.120 Mbps
OC - 24	STS - 24	41,472 Mbps	1.202,688 Mbps	1.244.160 Mbps
OC - 36	STS - 36	62,208 Mbps	1.804,032 Mbps	1.866.240 Mbps
OC - 48	STS - 48	82,994 Mbps	2.405,376 Mbps	2.488.320 Mbps
OC - 96	STS - 96	165,888 Mbps	4.810,752 Mbps	4.976.640 Mbps
OC - 192	STS - 192	331,776 Mbps	9.621,504 Mbps	9.953.280 Mbps
OC - 768	STS - 768	1.327,104 Mbps	38.486,016 Mbps	39.813,120 Mbps

Multiplexación por división de tiempo estadística

Statistical Time Division Multiplexing (STDM), es una variante de la TDM que trata de aprovechar los tiempos muertos de transmisión en las líneas.

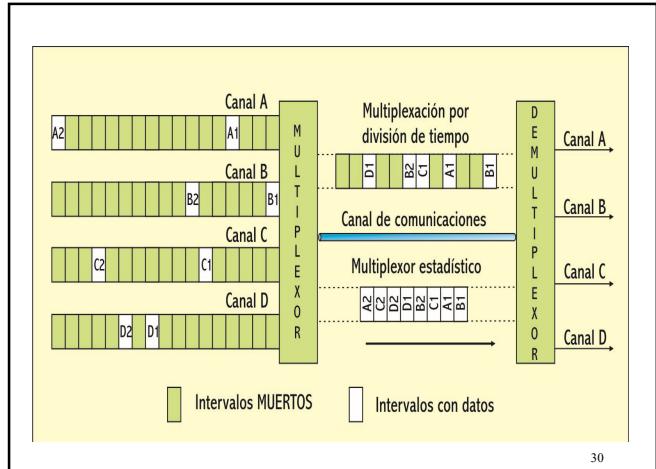
Se denominan **estadísticos** por asignar un régimen de tiempo de transmisión a los terminales según una base estadística y no igual valor temporal para cada equipo terminal.

La base estadística se determina en función de la actividad de los terminales.

Se pueden aprovechar todos los segmentos de transmisión.

Se reduce el número de caracteres de sincronismo utilizando tramas largas.

29

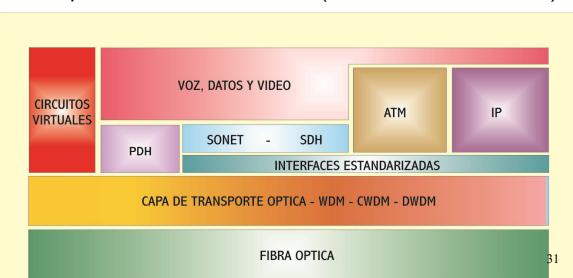


30

REDES OPTICAS

Nodos interconectados por enlaces de fibra óptica que proporcionan funciones de transporte, multiplexación, enrutamiento y gestión (Capa de Transporte Óptica).

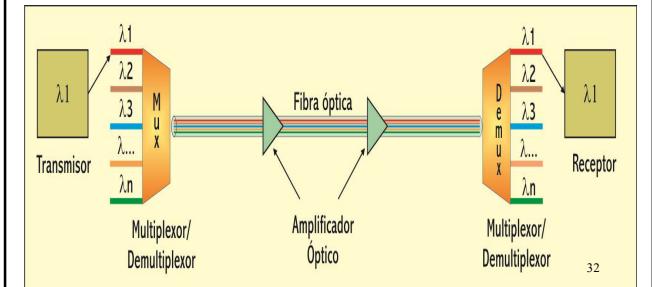
Sobre la misma funcionan diversas tecnologías que la usan como Capa Física del Modelo OSI (Recomendación G.872).



31

La Capa de Transporte Óptico permite brindar servicio a distintas capas de diferentes protocolos (ATM, IP, SDH).

La Capa de Transporte Óptico requiere fibras ópticas, transponder (conversores de longitud de onda), multiplexores ópticos, amplificadores, preamplificadores y otros dispositivos.



32

Ventajas de las redes ópticas

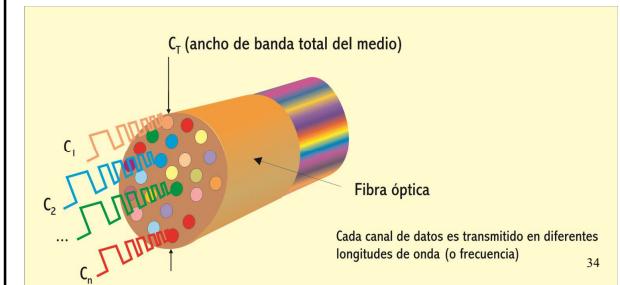
- Grandes anchos de banda.
- Compatibles con los servicios de voz, datos y video.
- Avances tecnológicos continuos, en especial en DWDM.
- Cables construidos con muchas fibras .
- Son inmunes a las interferencias electromagnéticas.
- Poseen tasas de errores reducidas.
- Atenuación muy baja, permite grandes distancias sin amplificadores.
- Mayor seguridad que los enlaces de cable de cobre o los inalámbricos.

33

Multiplexación por división de longitud de onda

En el rango de las frecuencias muy elevadas usadas para los rayos de luz, se habla de la longitud de onda más que de la frecuencia.

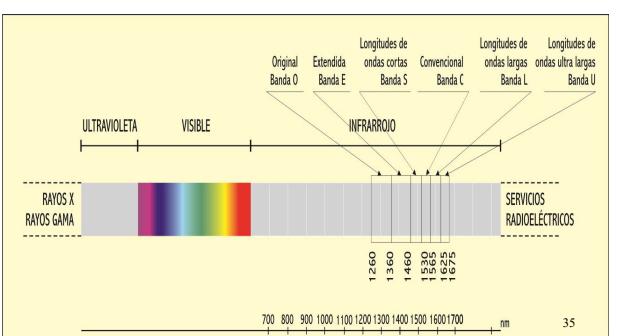
Se puede enviar por una única fibra óptica varios canales diferentes, cada uno con su propia longitud de onda.



34

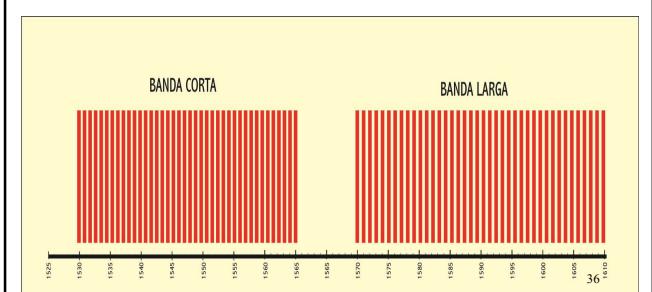
Sistemas ópticos WDM

Hacen multiplexación por división de longitud de onda para tener muchos canales por la misma fibra.



35

Con atenuación media de 0,2 dB/km se logra 200 Mbps en enlaces de 43 a 50 km en modo bidireccional (un par de fibras). Se puede multiplexar la longitud de onda inicialmente en ocho canales, posteriormente en diez y luego a cuarenta operando en la banda C (tercera ventana).



36

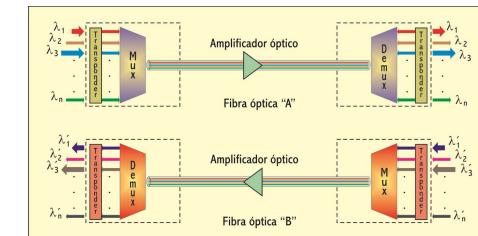
Los sistemas WDM sobre una única fibra pueden funcionar en forma unidireccional o bidireccional (en dos ventanas)

Usando una sola ventana para la transmisión en ambos sentidos se deben utilizar dos fibras: una para transmisión y otra para recepción.

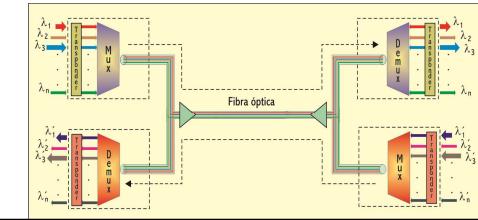
Las normas que utilizan los fabricantes se denominan:

- DWDM (*dense*) Multiplexación Densa
- CWDM (*coarse*) Multiplexación Gruesa

37



38



Capacidad de las fibras

DWDM permite distintas configuraciones:

- 40 canales separados a 100 GHz
- 80 canales separados a 50 GHz
- 160 canales separados a 25 GHz.

Cuanto mayor es el número de canales, menor es la velocidad a la que se puede transmitir por cada uno.

Hay sistemas de distintos fabricantes:

- 80 canales de 2,5 Gbps (200 Gbps en total)
- 40 canales de 10 Gbps (400 Gbps)
- 80 canales de 10 Gbps (800 Gbps).

39

Amplificadores ópticos

La propagación a través del sistema sufre atenuaciones debido a las fibras, los acopladore, multiplexores, *transponder*, etc.

Para restaurar el nivel de calidad se utilizan regeneradores que convierten señales ópticas a eléctricas y nuevamente en ópticas.

Actualmente se usan **amplificadores ópticos** que no requieren la conversión óptica- eléctrica–óptica y permite transmitir señales ópticas a distancias mucho mayores.

Hay de tres tipos:

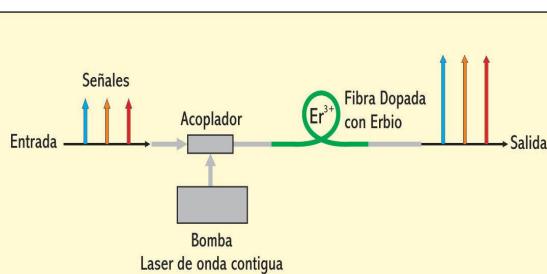
- de fibra dopada
- Raman
- semiconductores

40

Amplificador de fibra dopada con Erbio (EDFA)

Usan fibras dopadas con tierras raras, en particular erbio ionizado en forma trivalente (erbio Er³⁺).

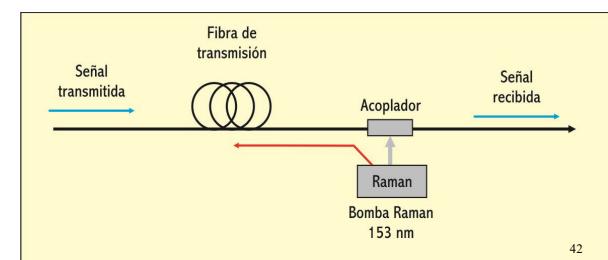
Utilizan el fenómeno de emisión estimulada, que se concentra en la misma dirección y sentido del haz de luz que actúa como estímulo.



Amplificador de Raman

Utilizan el efecto Raman que es una interacción no lineal entre la señal óptica y una señal generada por una bomba de gran potencia implementada con diodos láser.

Las fibras monomodo usadas con amplificadores Raman no requieren ser dopadas con tierras raras.

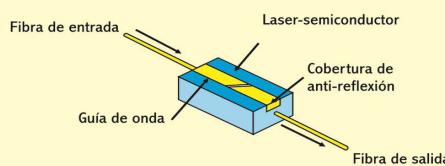


42

Amplificador óptico de semiconductores

Son diodos láser sin espejos finales con fibras unidas en cada extremo. Poseen una capa antireflectante y una guía de onda cortada en ángulo para evitar que se comporte como un láser.

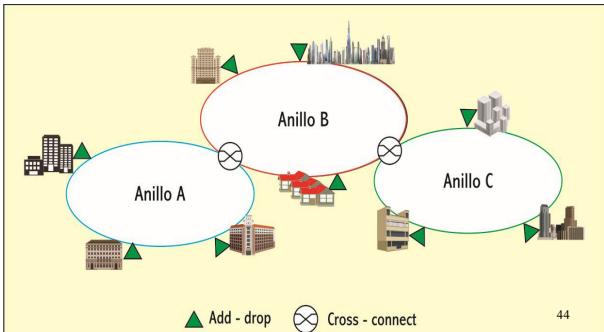
Comparados con los EDFA, tienen menos ganancia, altas perdidas por acoplamiento, mayor factor de ruido, fuerte dependencia de la polarización y un comportamiento alineal.



43

Comunicaciones por redes ópticas

Las fibras ópticas se utilizan en Redes de Área Local, en anillos ópticos y en enlaces punto a punto.



44

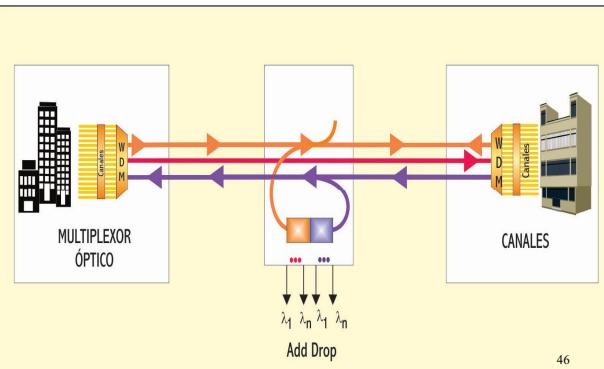
En enlaces punto a punto donde las fibras usen WDM en cada extremo se instalan terminales multiplexores para extraer los canales que transporta cada fibra.

Hay equipos **crossconnect** y **add/drop** con un anillo óptico.



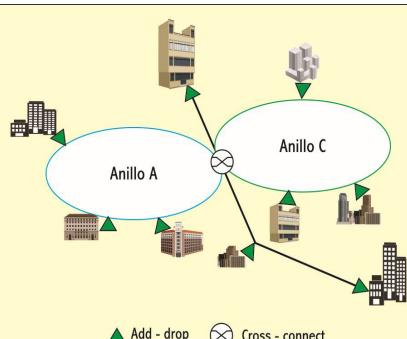
45

Enlaces punto a punto con derivaciones add/drop en la mitad del recorrido.



46

Enlace con derivaciones usando equipos cross-connect y add/drop.



47

Funciones de transporte y conmutación

Las redes con anillos ópticos permiten que ante un corte en una parte del anillo, el tráfico automáticamente se redirecciona para que las dos partes en las que el anillo quedó dividido permanezcan con servicio.

Los tiempos para esta conmutación son menores a los 50 milisegundos.

Los equipos cross-connect permiten:

- la conmutación de las tramas, o parte de ellas
- transportar tramas desde un anillo hacia otro anillo adyacente

48

Clasificación de las redes ópticas de transporte

La clasificación clásica es en área local (LAN), metropolitana (MAN) y extensa (WAN).

Esto no coincide con los criterios de las redes ópticas, donde mayor cubrimiento geográfico supone mayor capacidad posible.

Diferentes tipos de redes:

- Redes de Acceso.
- Redes Metropolitanas.
- Redes Regionales (LH) Alta Capacidad o de Larga Distancia.
- Redes Continentales o Submarinas (ULH) de muy Alta Capacidad o de Ultralarga Distancia.

49

