

TEMA 4 - T.D por canales analógicos

☒ CONTENIDOS

- ❖ Introducción
- ❖ Transmisión de voz por Red Telefónica
- ❖ Transmisión de datos por Red Telefónica
- ❖ Modulación
- ❖ Métodos básicos para modulación
- ❖ Modulación con portadora de alta frecuencia
- ❖ Modulación OOK
- ❖ Demodulación

Introducción

- ☒ Sistema de comunicación formado por
 - ❖ emisor de información
 - ❖ receptor de información
 - ❖ red de comunicación
- ☒ Emisor puede generar señales
 - ◆ analógicas o digitales
- ☒ Red de comunicación puede ser
 - ◆ analógica o digital
- ☒ Cuatro posibilidades
 - ❖ Transmisión de señales analógicas por redes analógicas o digitales
 - ❖ Transmisión de señales digitales por redes analógicas o digitales
- ☒ Las técnicas de transmisión y los dispositivos utilizados depende del tipo de transmisión considerada

Transmisión de voz por Red Telefónica

☒ Transmisión de señal analógica por canal analógico

❖ Señal de voz humana

- ◆ Cuando una persona habla genera ondas que se manifiestan como incrementos y disminuciones de presión que se propagan por el aire
- ◆ Una señal de voz está formada por formas de onda que incluyen muchas frecuencias diferentes.
- ◆ La distribución concreta determina el tono y el timbre de voz de cada persona
- ◆ La voz humana ocupa una banda de frecuencias comprendida entre 200Hz y 15.000Hz
 - Ancho de Banda=15000-200=14800Hz
- ◆ El oído humano es capaz de captar un intervalo más amplio de frecuencias (de 40Hz a 18000Hz)

Transmisión de voz por Red Telefónica

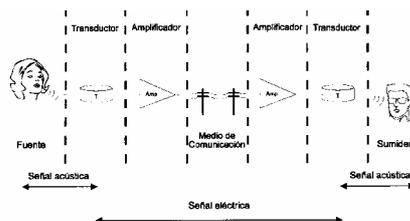


FIGURA 2 - 5

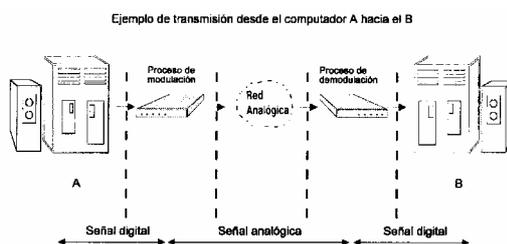
☒ Sistema telefónico

- ❖ Constituido por líneas y dispositivos analógicos
- ❖ Aparato telefónico transforma las ondas de presión en energía eléctrica de tipo analógico con una forma de onda similar
- ❖ Canal telefónico transporta señales cuyo espectro en frecuencias está comprendido entre 300Hz y 3400Hz
- ☒ Ancho de banda de un canal es el intervalo de frecuencias que puede transportar dicho canal $A.B=3400-300=3100\text{Hz}$
- ☒ Voz humana (timbre-tono) se modifica cuando se escucha por teléfono

Transmisión de datos por Red Telefónica

Transmisión de señal digital por canal analógico ETDs UNIDOS MEDIANTE LA RED TELEFONICA

- ❖ ETDs generan señales digitales
- ❖ Necesidad de adaptar sus señales a un canal pensado inicialmente para transmitir señales analógicas
- ❖ MODEM (modulador/demodulador)- equipo necesario para que puedan dialogar entre sí dos equipos digitales a través de un medio analógico
- ❖ MODEM ejemplo de ETCd



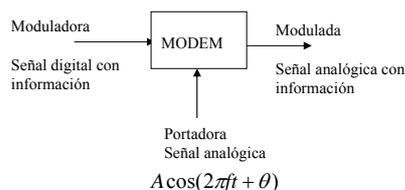
Modulación

Introducción

- ❖ Las señales en banda base deben ser procesadas antes de transmitir las por un determinado medio (par de hilos, aire, fibra óptica) para que la transmisión sea eficiente
- ❖ Las señales en banda base deben desplazarse a frecuencias superiores para que la transmisión sea eficiente

Modulación de señal senoidal

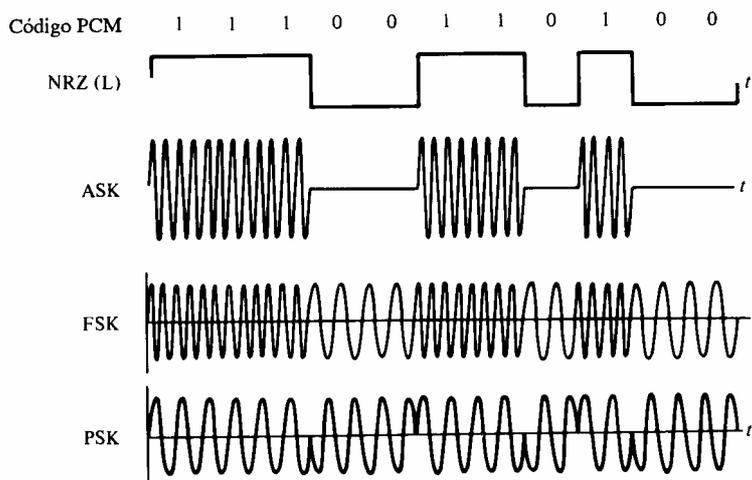
- ❖ Técnica basada en la variación de la amplitud, frecuencia o fase (o una adecuada combinación de ellas) de una señal senoidal portadora de alta frecuencia de acuerdo con la información que se va a transmitir



Métodos básicos de modulación

- ⊗ ASK (Amplitud Shift Keying)
 - ❖ Modificar la amplitud de la portadora de acuerdo con el bits que se ha de enviar manteniendo constante la frecuencia y la fase
 - ❖ "1" se representa con amplitud más alta y "0" con más baja
 - ❖ OOK (on-off keying) "1" con amplitud A y "0" con supresión de portadora
- ⊗ FSK (Frequency Shift Keying)
 - ❖ Modificar la frecuencia de la portadora de acuerdo con el bits que se ha de enviar manteniendo constante la amplitud y la fase
 - ◆ "1" se representa con una cierta frecuencia y "0" con otra diferente
 - ❖ Primera técnica implantada en la práctica para T.D.
- ⊗ PSK (Phase Shift Keying)
 - ❖ Modificar la fase de la portadora de acuerdo con el bits que se ha de enviar manteniendo constante la frecuencia y la amplitud
 - ◆ "1" se representa con una variación de fase y "0" con otra
 - ❖ Técnica más utilizada en T.D.

Métodos básicos de modulación



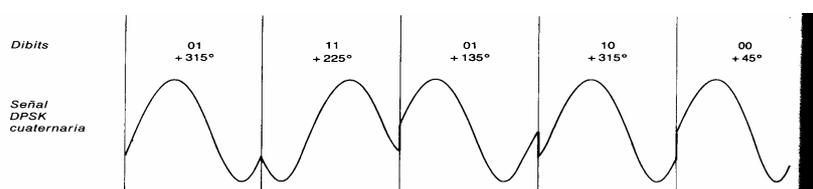
Métodos básicos de modulación

☒ Dos formas de realizar la modulación en fase

- ❖ PSK convencional
 - ◆ Variación de fase respecto de la fase de la portadora referencia
 - ◆ BPSK (2PSK): "1" desfase de 0°; "0" desfase de 180°
- ❖ PSK diferencial
 - ◆ Variación de fase respecto de la fase de la portadora del estado anterior
 - ◆ DPSK: "1" desfase de 270° y "0" desfase de 90° respecto del anterior

☒ Modulación multifase

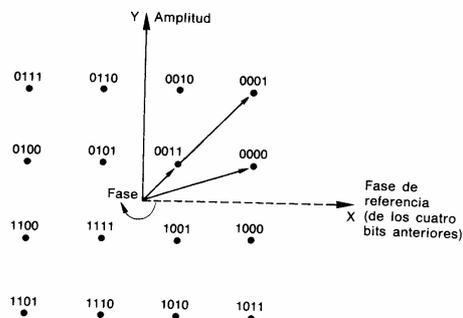
- ❖ Múltiples valores de desfase
- ❖ DPSK cuaternaria : "00" con 45°; "01" con 135°; "10" con 315°; "11" con 225°



Métodos básicos de modulación

☒ QAM - modulación en amplitud en cuadratura

- ❖ Modulación en amplitud de dos señales portadoras desfasadas 90° entre sí (coseno y seno)
- ❖ Con 4 niveles discretos de amplitud (16 QAM) se envían 4bits



Modulación con portadora de alta frecuencia

- ⊗ La señal que se obtiene del proceso de modulación es la portadora modulada de alta frecuencia
- ⊗ El uso de frecuencias superiores proporciona
 - ❖ Una radiación de energía más eficiente
 - ❖ Anchos de banda superiores para la transferencia de información
- ⊗ Radiación de energía más eficiente
 - ❖ Reducción del tamaño de las antenas
 - ◆ Por teoría electromagnética, el tamaño de la antena debe ser del orden de la longitud de onda de la señal que emite
 - Transmisión de señales de audio no práctica (señal emitida de 1kHz => longitud de onda 300km)
 - Con portadora de 1MHz la señal de audio puede transmitirse de forma más eficiente con una antena de dimensiones prácticas
 - ❖ La señal de salida de una unidad de datos de baja velocidad se debe modular con señal senoidal para transmitirse por canales telefónicos
 - ❖ Las señales PCM de Mbps deben convertirse a moduladas con frecuencia de microondas (GHz) para transmitirse por un enlace de microondas

Modulación con portadora de alta frecuencia

- ⊗ Radiación de energía más eficiente
 - ❖ Las señales analógicas también deben modularse para transmitirse a un puntos remotos
 - ◆ Ejemplo: Señales de TV, radio y telemetría
- ⊗ Anchos de banda superiores para la transferencia de información
 - ❖ Multiplexión por división en frecuencia (FDM)
 - ◆ Muchos canales de señal se transmiten de forma simultánea por un único canal de salida, dividiéndose el ancho de banda del canal de salida en bandas de frecuencia y en cada una de ellas se envía la señal correspondiente a una comunicación particular
 - ◆ Por un "par de hilos" se pueden transmitir simultáneamente muchas conversaciones telefónicas
 - ◆ Un conjunto de canales digitales, cada uno de ellos incluye muchas señales multiplexadas en el tiempo (TDM), se pueden combinar mediante técnicas FDM
 - ❖ Al utilizarse portadoras de alta frecuencia se puede disponer de mayor ancho de banda para

Modulación con portadora de alta frecuencia

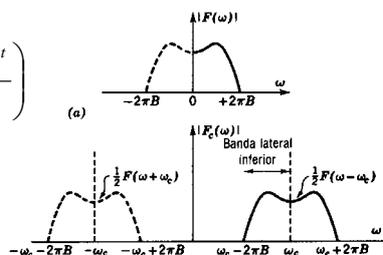
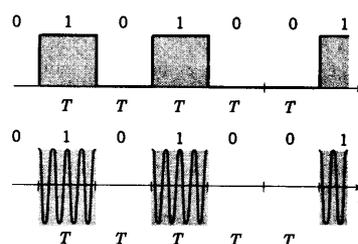
- ⊗ Anchos de banda superiores para la transferencia de información
 - ❖ Al utilizarse portadoras de alta frecuencia se puede disponer de mayor ancho de banda para
 - ◆ multiplexar en frecuencia más señales
 - ◆ transmitir señales de mayor ancho de banda que en el caso de frecuencias bajas
 - ❖ Ejemplo
 - ◆ Banda de radiodifusión AM entre 550-1600kHz con una separación entre canales de 10kHz proporciona 100 canales
 - ◆ Banda VHF (30-300MHz) y banda UHF (300-3000MHz) se utilizan para transmitir señales de TV con un ancho de banda de 6MHz
 - ◆ Existe gran interés en utilizar frecuencias ópticas para las comunicaciones

Modulación OOK

- ⊗ OOK: On-off-keyed
- ⊗ Asignación de niveles
 - ❖ "1" enciende la amplitud de la portadora
 - ❖ "0" apaga la amplitud de la portadora
- ⊗ Expresión matemática de OOK
 - ❖ portadora $f_c(t) = A \cos(\omega_c t)$
 - ❖ moduladora $f(t) = 1 \text{ ó } 0$
 - ❖ señal OOK $f_{OOK}(t) = Af(t) \cos(\omega_c t)$
- ⊗ Espectro de señal OOK

$$f_{OOK}(t) = Af(t) \cos(\omega_c t) = Af(t) \left(\frac{e^{j\omega_c t} + e^{-j\omega_c t}}{2} \right)$$

$$F_{OOK}(\omega) = \frac{A}{2} (F(\omega - \omega_c) + F(\omega + \omega_c))$$



Modulación OOK

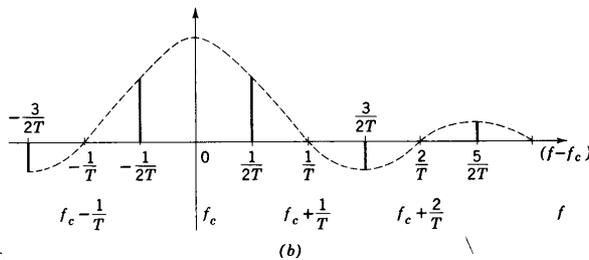
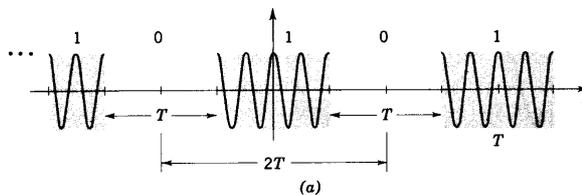
Espectro de señal OOK

- ❖ Contiene bandas laterales distribuidas de forma simétrica alrededor de la frecuencia de la portadora
 - ◆ El espectro de la señal OOK coincide con el de la señal en banda base pero desplazado a la frecuencia de la portadora
- ❖ El ancho de banda de la señal OOK es $4\pi B$, siendo el ancho de banda de la señal en banda base de $2\pi B$
- ❖ Si para cualquier señal moduladora $f(t)$ se realiza un proceso de modulación en amplitud, se desplaza a la frecuencia de la portadora
 - ◆ Si la moduladora es $f(t)=\cos(\omega_m t)$ el espectro de la señal AM son dos líneas distribuidas alrededor de la frecuencia ω_c
 - ◆ Si la moduladora es un pulso rectangular de ancho T y amplitud A el espectro de la señal modulada en amplitud es

$$\frac{AT}{2} \left(\frac{\sin(\omega - \omega_c)T/2}{(\omega - \omega_c)T/2} + \frac{\sin(\omega + \omega_c)T/2}{(\omega + \omega_c)T/2} \right)$$

Modulación OOK

- ❖ Si la moduladora es un tren pulsos rectangulares periódico, de periodo $2T$ y ancho T



Demodulación

Demodulación

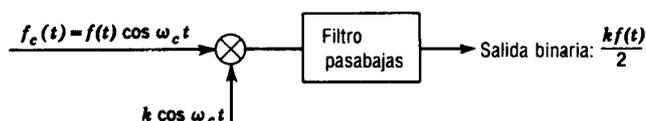
- ❖ En el receptor se modula una portadora senoidal con la señal en banda base (información) para desplazar la señal a una frecuencia adecuada para la transmisión
- ❖ En el receptor debe realizarse el proceso inverso (demodulación) para recuperar la señal en banda base (información enviada por el emisor)

Dos métodos de demodulación

- ❖ Detección síncrona o coherente
- ❖ Detección de envolvente

Detección síncrona o coherente

- ❖ Consiste en multiplicar la señal que llega por una portadora de la misma frecuencia que se genera localmente en el receptor y a continuación la señal multiplicada resultante se hace pasar por un filtro pasabaja



Demodulación

Detección síncrona o coherente

- ❖ Procedimiento inverso al procedimiento original de modulación que se efectúa en el transmisor y que sirve para trasladar las señales binarias de nuevo hasta las frecuencias de banda base

Señal modulada $f_c(t) = f(t) \cos \omega_c t$

Señal multiplicada $f_c(t) k \cos \omega_c t = kf(t) \cos^2 \omega_c t = \frac{k}{2} f(t) (1 + \cos 2\omega_c t)$

- ❖ La señal multiplicada está compuesta por la señal $f(t)$ y la señal $f(t)$ trasladada a la frecuencia $2\omega_c$
- ❖ Este armónico situado en $2\omega_c$ es rechazada por el filtro pasabaja y la salida del filtro es $(k/2)f(t)$, que es la secuencia binaria en banda base
- ❖ Se denomina detección síncrona porque la portadora generada localmente en el receptor debe tener la misma frecuencia y estar sincronizada en fase con la portadora del emisor

Demodulación

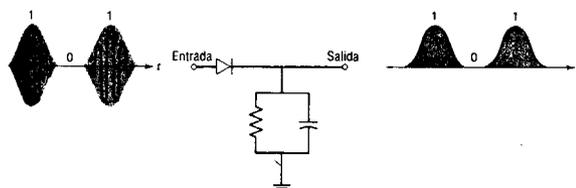
⊗ Detección síncrona o coherente

- ❖ El sincronismo de fase es difícil de obtener sobre todo para transmisión a larga distancia
 - ◆ problema similar al mantener el sincronismo en transmisiones en banda base, aunque más complicado por trabajar con portadoras de alta frecuencia
- ❖ Métodos para mantener el sincronismo
 - ◆ Portadora piloto
 - En el emisor se transmite una portadora piloto superpuesta a la señal modulada
 - En el receptor se extrae y se utiliza para sincronizar el oscilador local
 - ◆ Lazo de bloqueo de fase
 - En el receptor se utiliza este dispositivo para conseguir que sea nula la diferencia de fase entre la señal modulada y la portadora local

Demodulación

⊗ Detección de envolvente

- ❖ Evita los problemas de la detección síncrona
- ❖ La señal de alta frecuencia que llega se hace pasar por un dispositivo no lineal y un filtro pasabaja
- ❖ Circuito más sencillo y barato
- ❖ No puede utilizarse para demodular señales PSK

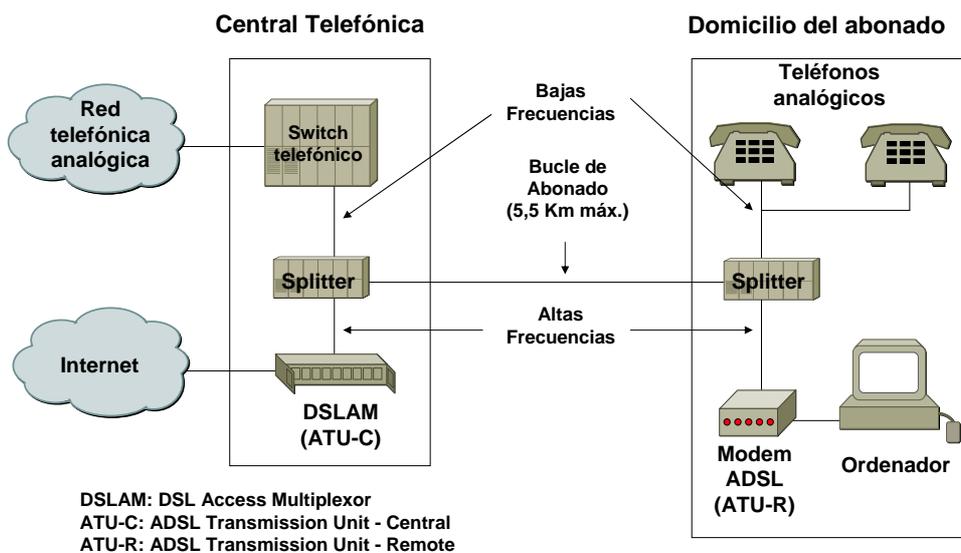


ADSL

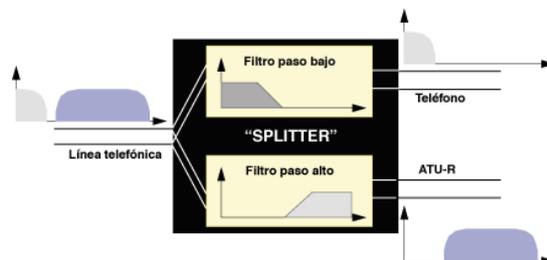
⊗ Características generales

- ❖ En 1989 se desarrollo el actual ADSL
- ❖ ADSL (Línea de abonado digital asimétrica)
 - ◆ Subida $\leq 640\text{kbps}$, bajada $\leq 8\text{Mbps}$
- ❖ Alcance mediano
 - ◆ Máxima distancia Central del Proveedor-Equipo del abonado $< 10\text{km}$
- ❖ Utilización cableado red telefónica existente
 - ◆ Cables trenzados sin aislamiento
 - ◆ Acoplamiento electromagnético a altas frecuencias
- ❖ Modulación con frecuencias elevadas
 - ◆ Rango de frecuencias (24 - 1.104) kHz
 - Los módems telefónicos trabajan entre (300 - 3.400) Hz
 - ◆ Voz y datos por el mismo medio (FDM)
 - Señales de audio en bajas frecuencias
 - Datos en bandas superiores

Configuración de una conexión ADSL

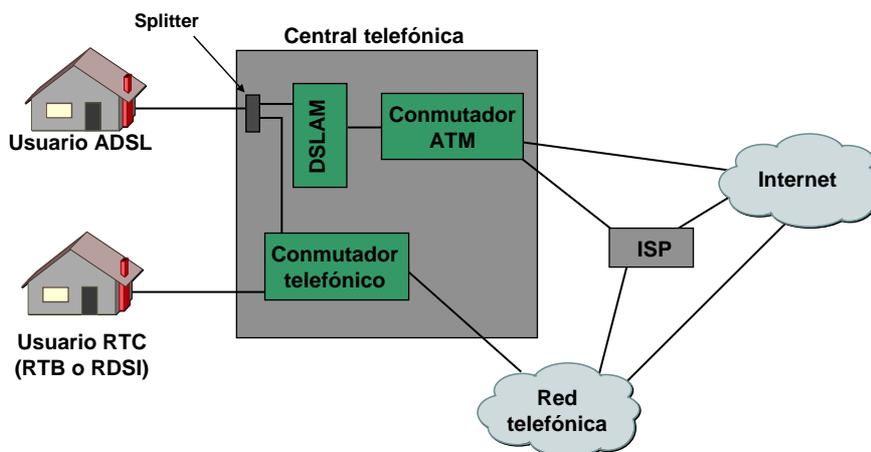


ADSL - Splitter

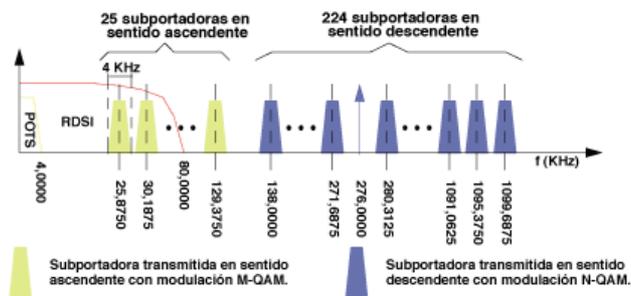


- ☒ Filtro pasa baja
 - ❖ Solamente deja pasar la frecuencia asociadas a la voz para la transmisión telefónica
- ☒ Filtro pasa alata
 - ❖ Solamente deja pasas las frecuencias de datos
- ☒ En bajas velocidades (ADSL-little) se puede sustituir el splitter por microfiltros

Comparación de la Conexión a Internet mediante ADSL y por red telefónica conmutada

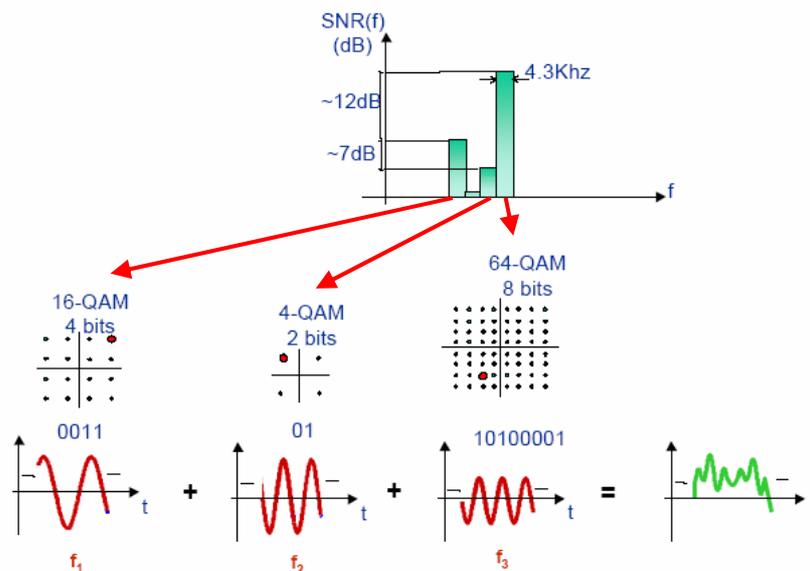


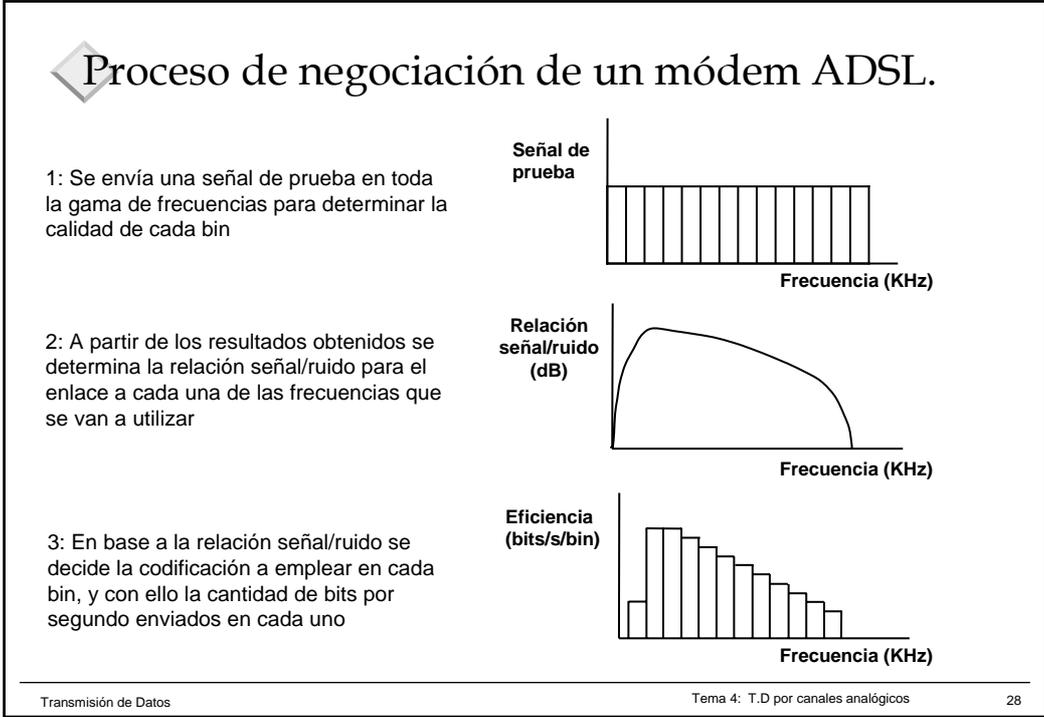
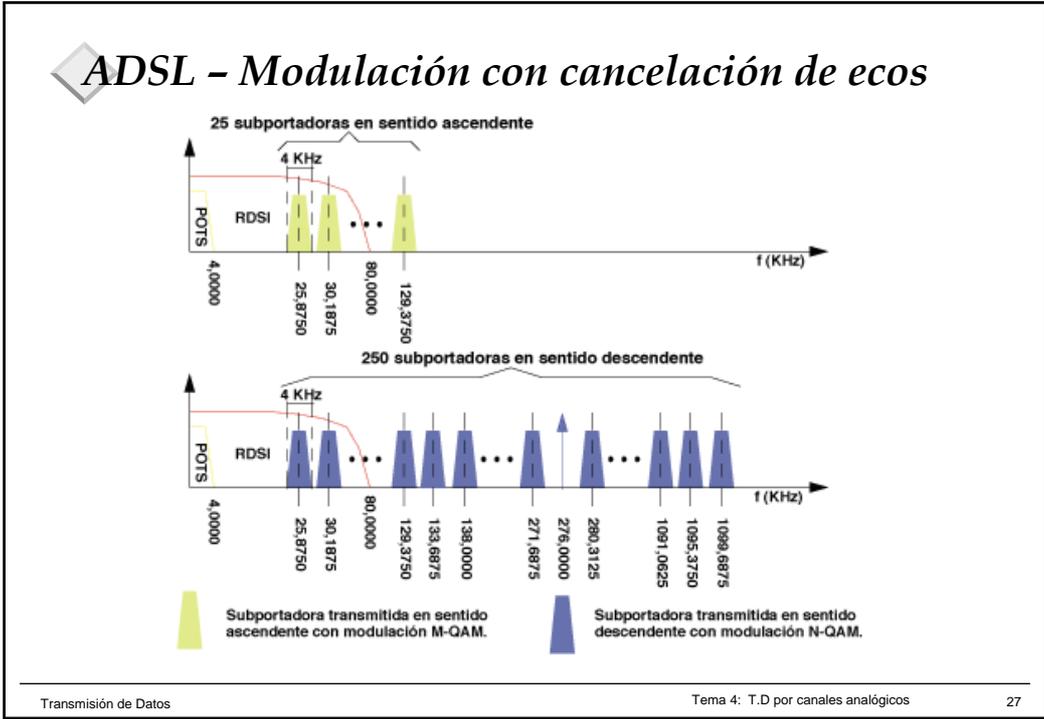
ADSL- Modulación



- ⊗ La voz se transmite de forma habitual
- ⊗ Para los datos: modulación DMT (Discrete MultiTone)
 - ❖ Separación de la información en varias portadoras (Bin) de 4.3kHz de Ancho de Banda
 - ❖ 25 subportadoras de subida
 - ❖ 224 subportadoras de bajada
 - ❖ En cada subportadora modulación QAM:
 - ◆ Orden de QAM adaptable con SNR para cada portadora

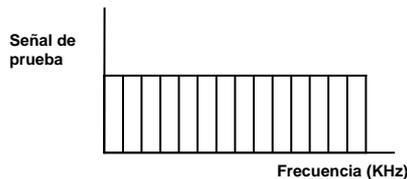
ADSL - Modulación



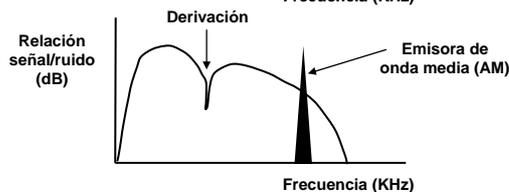


Interferencias externas en ADSL

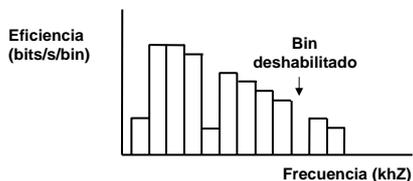
Se envía la señal de prueba en toda la gama de frecuencias para determinar la calidad de cada bin



Derivación debida a un cable no retirado de una instalación anterior. Pérdida de calidad de la señal en una determinada frecuencia. También hay una interferencia de emisora de AM

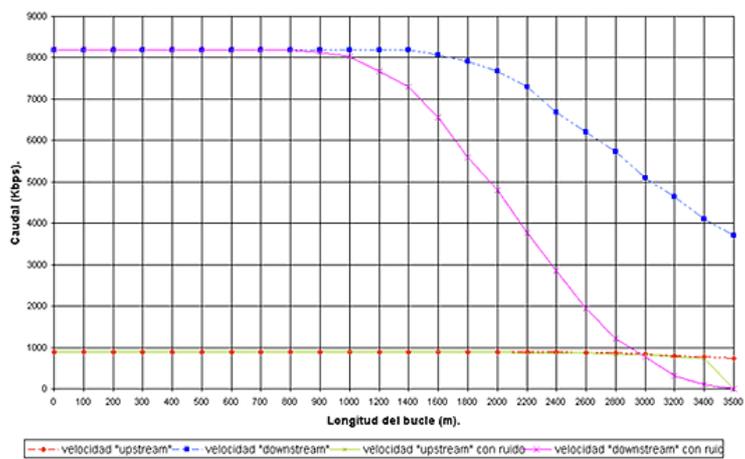


Reducir la eficiencia en el bin correspondiente a la derivación, e inhabilitar por completo el bin correspondiente a la frecuencia de la emisora de onda media



ADSL - Relación velocidad/distancia

Caudal máximo en función de la longitud en un bucle de abonado con un calibre de 0,405 mm, sin ramas multipladas. Fuente de -43 dBm en los bucles con ruido.



Wireless LANs y MANs

☒ Diferentes estándares

- ❖ 802.11 y 802.11b
 - ◆ Frecuencias de 2.4GHz, hasta 2 Mbps (802.11) y 11 Mbps (802.11b)
 - ◆ Tecnología DSSS (Direct Sequenced Spread Spectrum)
 - ◆ DPSK para 1Mbps, DQPSK para 2Mbps (802.11)
 - ◆ Incluye CCK (Complementary Code Keying) a 5.5 y 11 Mbps para 802.11b
 - ◆ Distancia hasta 100m
- ❖ 802.11a y 802.11g
 - ◆ Frecuencias de 5GHz, hasta 54 Mbps (802.11a)
 - ◆ Frecuencias de 2.4GHz, hasta 54 Mbps (802.11g)
 - ◆ Tecnología OFDM
 - Ancho de 20MHz para 64 subportadoras de 312.5 kHz
 - Las diferentes velocidades se obtienen con combinaciones de PSK, DPSK, 16-QAM, 64-QAM
 - ◆ 802.11g es una extensión del 802.11b, también realiza CCK para compatibilidad
 - ◆ Distancia hasta 100- 125 m
- ❖ 802.16a / ETSI HiperMAN/Wimax
 - ◆ Frecuencias 2 GHz –11 GHz, bandas licenciadas y no licenciadas
 - ◆ Tecnología OFDM
 - 256 subportadoras
 - ◆ PSK, DPSK, 16-QAM, 64-QAM
 - ◆ Distancia hasta 5Km