

Empezamos a las 17:35

(Os dejo un pequeño descanso después de la teoría)

Transmisión de datos y redes de computadores

SEMINARIO 4: Protocolo Ethernet y medios físicos para la transmisión de datos.

Antonio Fernández Ares

A.M.Mora García – M.A. López Gordo

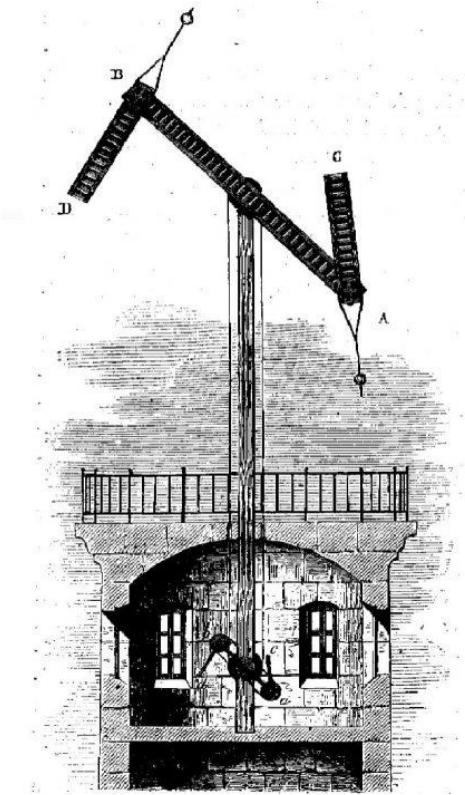
Contexto histórico



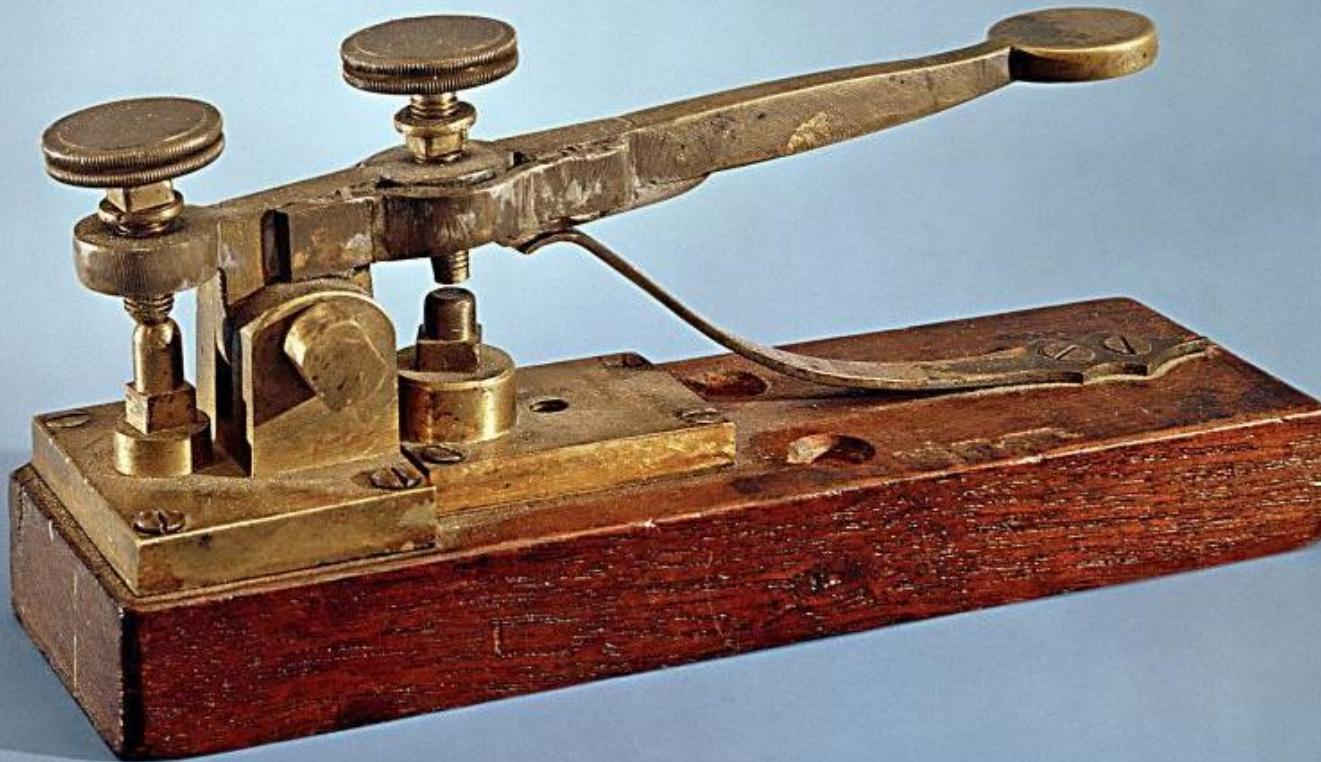
Contexto histórico



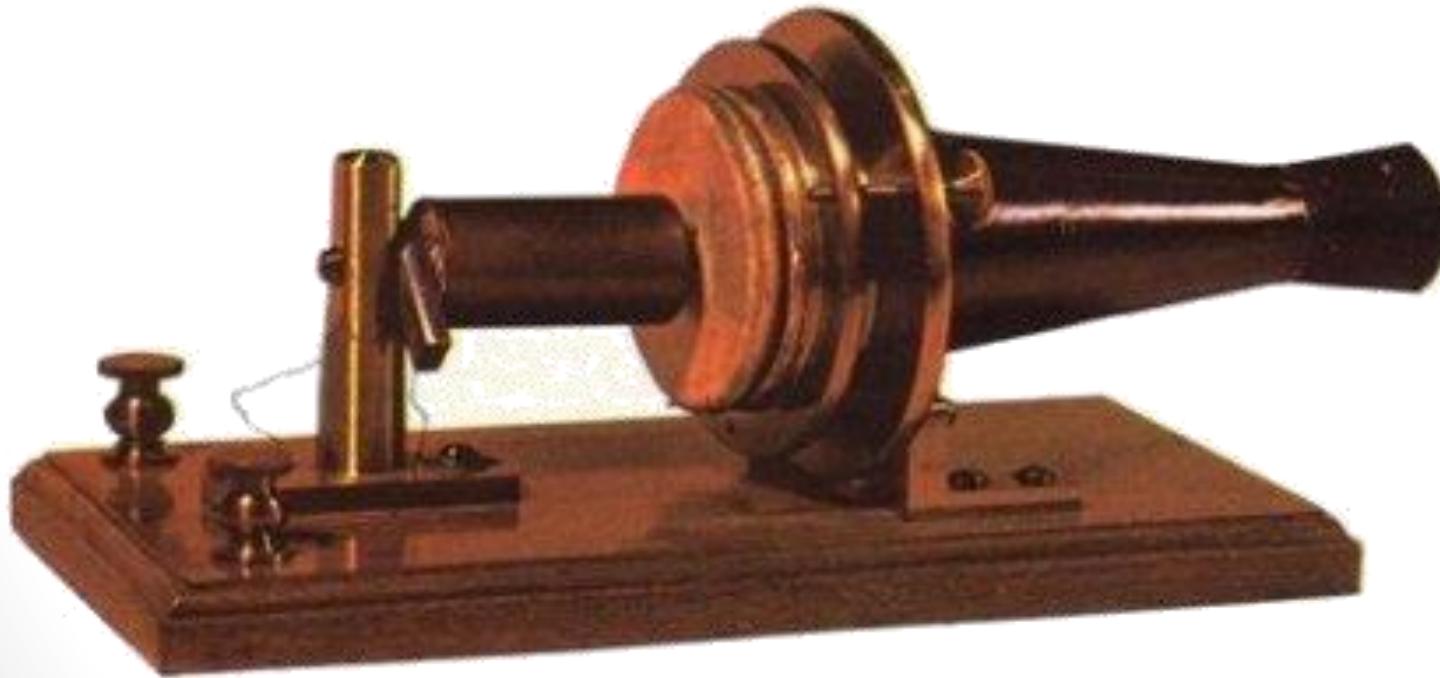
Contexto histórico



Contexto histórico



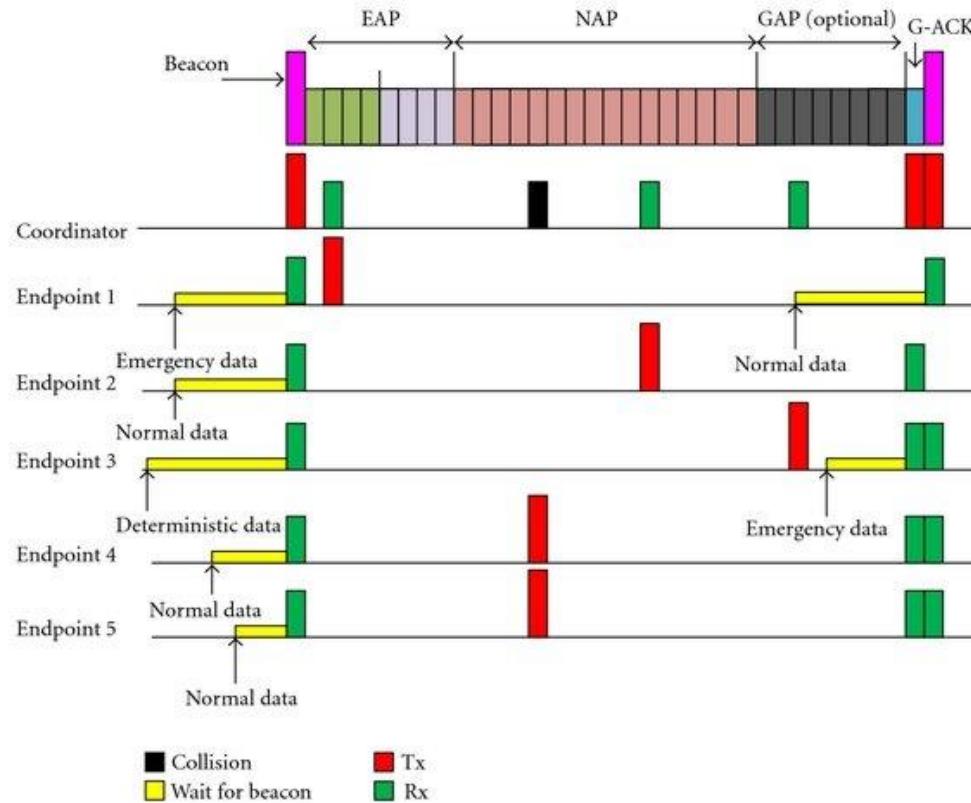
Contexto histórico



Contexto histórico



AlohaNet



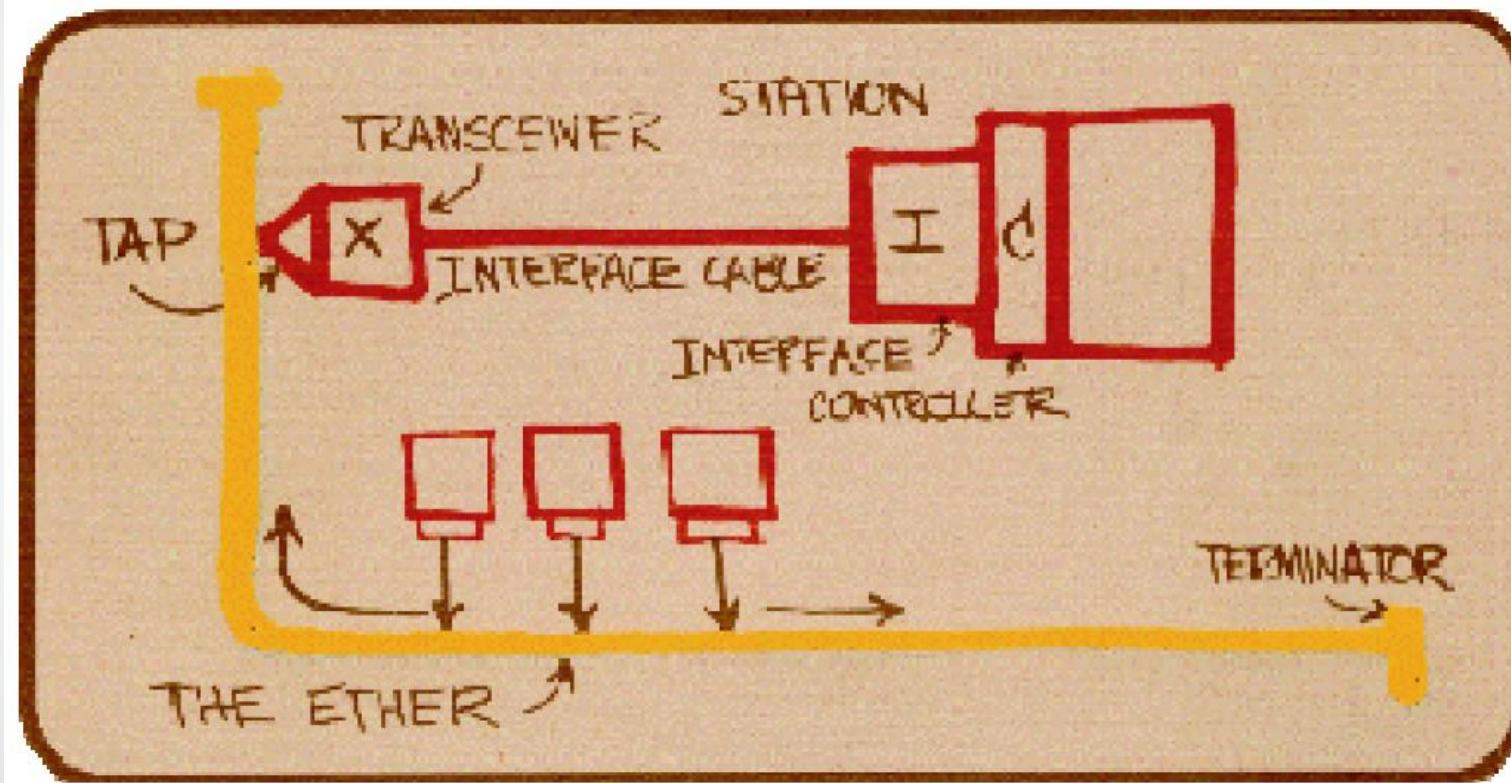
El Problema del medio compartido



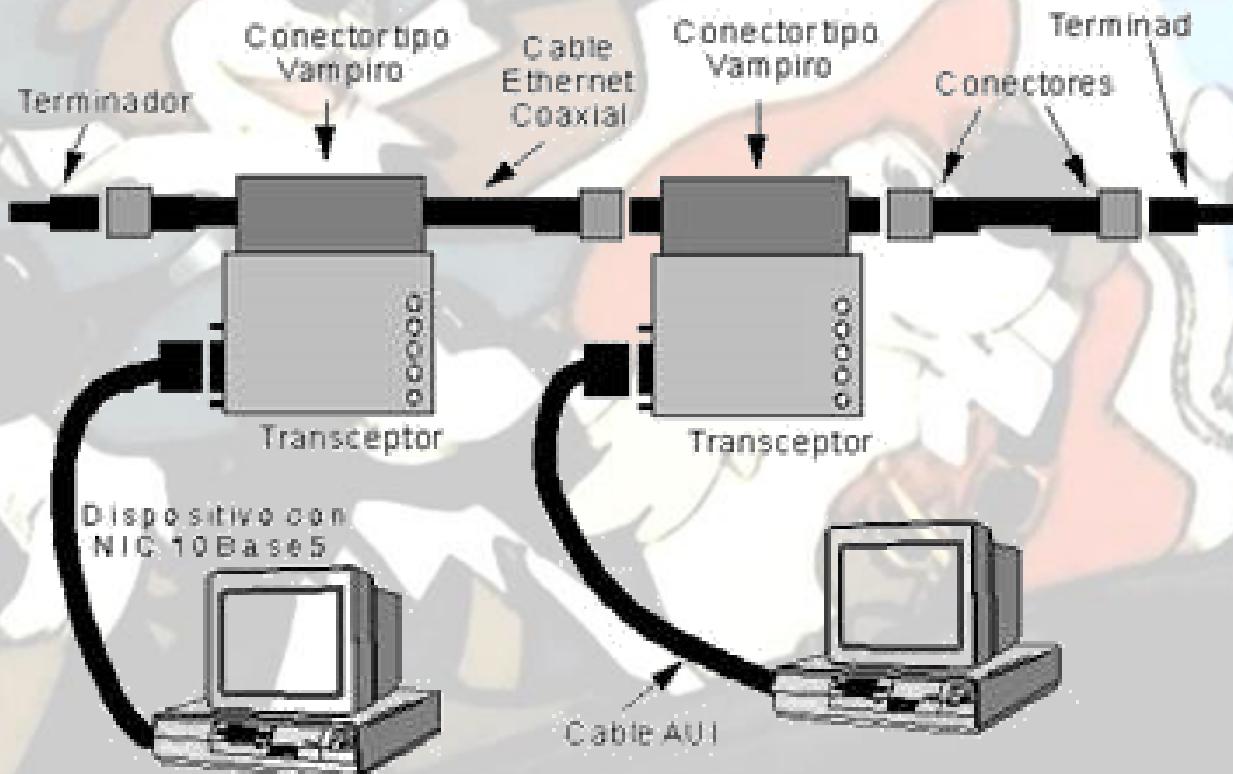
Ethernet - Introducción

- Se trata de una red en la que el medio es compartido, puede ser accedido simultáneamente por varios sin arbitraje
- Desarrollado por Xerox en 1972, el acceso al medio se basó originalmente en Aloha
- En 1973 se cambio de nombre a Ethernet

Ethernet – El ether



Ethernet – Una para todos



Ethernet - Trama

Preámbulo	Destino	Origen	Tipo	Datos	FCS
8	6	6	2	46 - 1500	4

- Preámbulo: Sincronización
- Destino: Mac destino
- Origen: Mac origen
- Tipo: Protocolo que encapsula (eg.g. 0x0800 es IP)
- Datos: entre 46 y 1500 bytes
- FCS: Fame Check Sequence

Visitar: Protocolos capaz de transportar Ethernet:

<https://www.cavebear.com/archive/cavebear/Ethernet/type.html>

Ethernet - Estándares

- Los estándares más comunes son:

The Evolution of Ethernet Standards to Meet Higher Speeds				
Date	IEEE Std.	Name	Data Rate	Type of Cabling
1990	802.3i	10BASE-T	10 Mb/s	Category 3 cabling
1995	802.3u	100BASE-TX	100 Mb/s*	Category 5 cabling
1998	802.3z	1000BASE-SX	1 Gb/s	Multimode fiber
	802.3z	1000BASE-LX/EX		Single mode fiber
1999	802.3ab	1000BASE-T	1 Gb/s*	Category 5e or higher Category
2003	802.3ae	10GBASE-SR	10 Gb/s	Laser-Optimized MMF
	802.3ae	10GBASE-LR/ER		Single mode fiber
2006	802.3an	10GBASE-T	10 Gb/s*	Category 6A cabling
2015	802.3bq	40GBASE-T	40 Gb/s*	Category 8 (Class I & II) Cabling
2010	802.3ba	40GBASE-SR4/LR4	40 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF
	802.3ba	100GBASE-SR10/LR4/ER4	100 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF
2015	802.3bm	100GBASE-SR4	100 Gb/s	Laser-Optimized MMF
2016	SG	Under development	400 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF

Note: *with auto negotiation

Pregunta 1: Qué significan:

10, 100, 1000:

Base:

T:

SX:

LX:

CSMA / CD

(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

- Funciona como de forma a una conversación mantenida entre un grupo de amigos (“civilizados”) dispuestos en círculo.
 - Antes de hablar, cualquiera debe esperar a que nadie hable mas un tiempo prudencial adicional (Carrier Sense).
 - Cuando esto ocurre, entonces cualquiera puede intervenir (Multiple Access).
- Si dos personas comienzan a hablar en el mismo momento entonces se dan cuenta y educadamente callarán a la vez (Collision Detection).

CSMA / CD – Carrier Sense

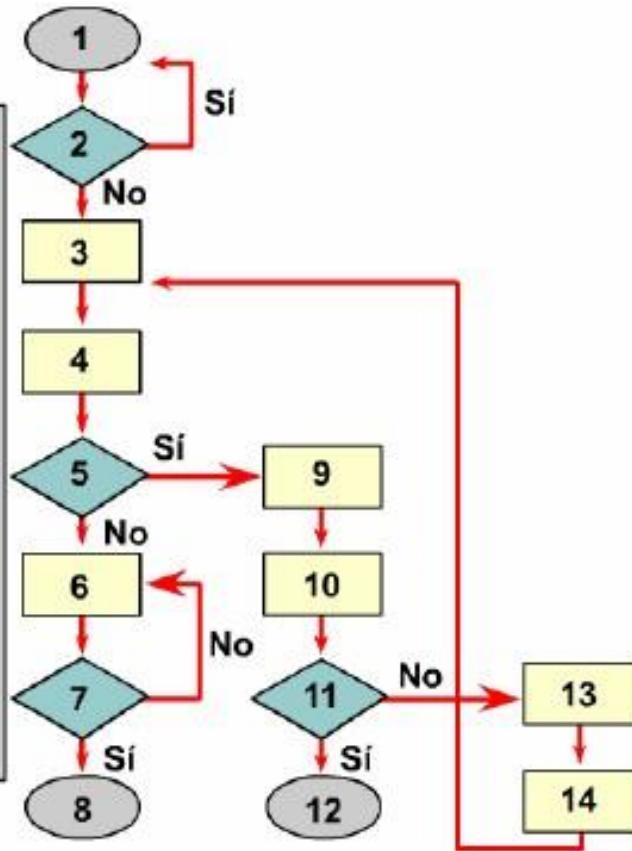
- ¿Cuánto tiempo tenemos que esperar antes de poder hablar?



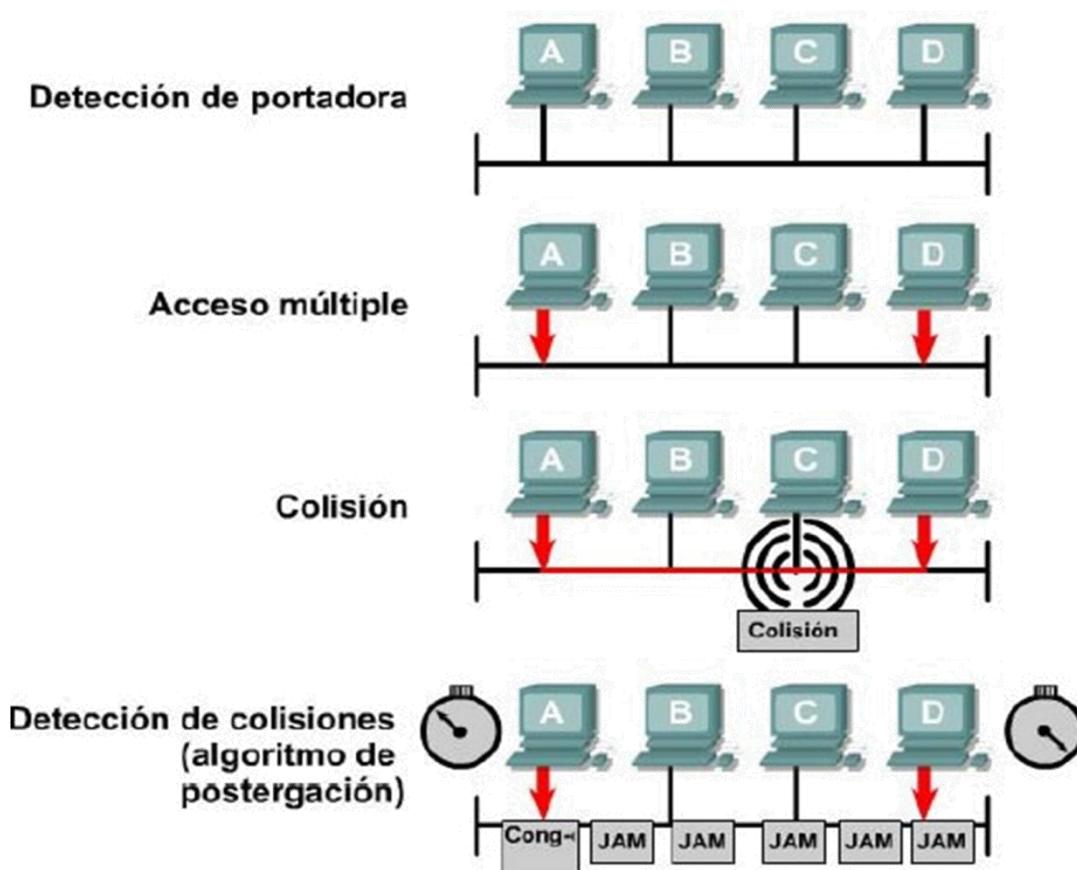
- Todas las otras interfaces deben esperar un tiempo denominado IFG (interframe gap) antes de poder transmitir
- El IFG se define como 96 veces el tiempo de bit.

CSMA / CD - Pasos

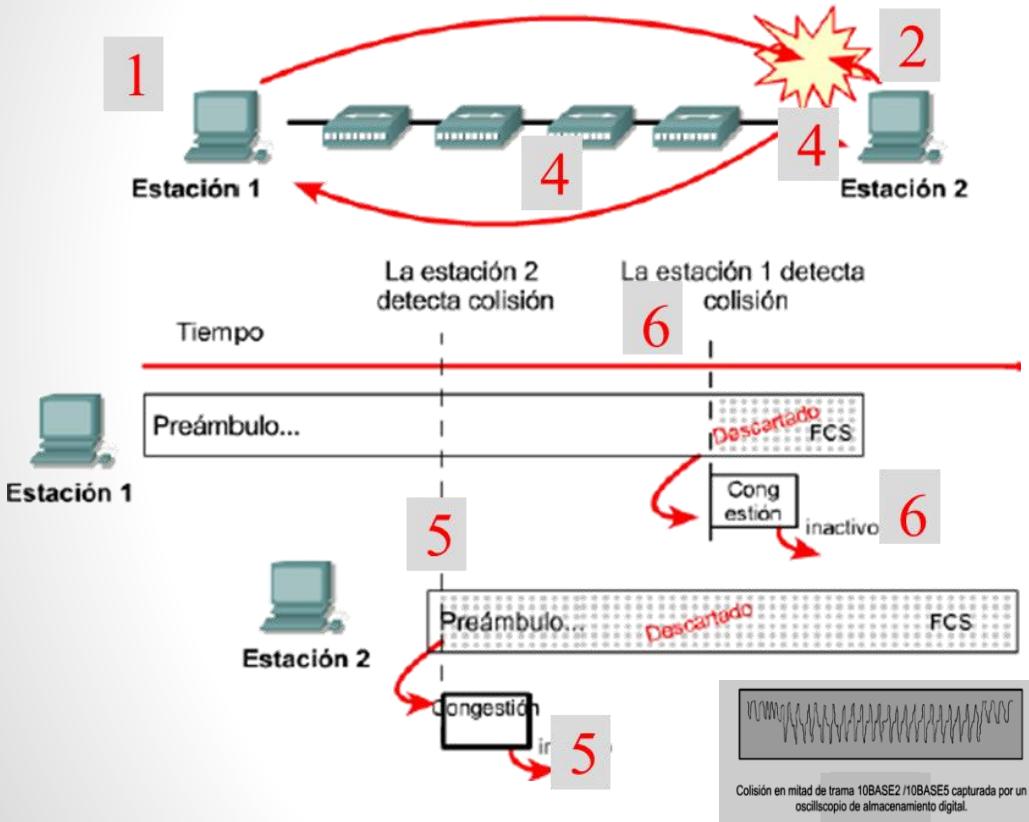
1. El host desea transmitir
2. ¿Se ha detectado la portadora?
3. Ensamblar trama
4. Inicio de la transmisión
5. ¿Se ha detectado una colisión?
6. Seguir transmitiendo
7. ¿Se realizó la transmisión?
8. Transmisión completa
9. Señal de atascamiento de broadcast
10. Intentos = Intentos + 1
11. Intentos > ¿Demasiados?
12. Demasiadas colisiones; interrumpir la transmisión
13. El algoritmo calcula la postergación
14. Esperar t microsegundos



CSMA / CD - Postergación



CSMA / CD - Colisión



1. Estación 1 comienza a enviar una trama.
2. Antes de llegar a Estación 2, Estación 2 comienza a enviar otra trama.
3. Se produce una colisión cerca de Estación 2.
4. La colisión se propaga como perturbaciones electromagnéticas (altibajos de voltaje) en ambas direcciones.
5. La primera que se da cuenta es Estación 2, al principio del preámbulo de la trama que enviaba. Entonces genera su señal de "jam" o atasco (colisión) y pasa a inactivo
6. Un poco más tarde también se da cuenta de la colisión Estación 1, casi al final de su trama, cerca del FCS. También genera su señal de "jam" o atasco (colisión) y pasa a inactivo
7. En ambas estaciones así como en cualquier otra que se encuentre en este dominio de colisión, se activa el mecanismo de postergación

CSMA / CD - Control de flujo

- Ethernet permite el control de flujo, mediante mensajes PAUSE
- Estos mensajes se identifican porque
 - Dirección MAC destino 01:80:c2:00:00:01
 - El valor de tipo es 0x8808
 - Contienen un campo opcode (2 bytes) con valor 0x0001 (PAUSE)
 - Campo adicional (2 bytes) con el tiempo de pausa en unidades de 512 bit
 - No encapsulan ningún protocolo de capa superior

CSMA / CD – Adquisición canal

- En FastEthernet, cuando un host ha logrado enviar al medio 512 bits (64 Bytes) más el preámbulo sin que se produzca una colisión se dice que dicha estación ha adquirido el canal.
- Se asume que si ya no hubo colisiones, después no las habrá
- Esto justifica el modo de conmutación “Fragment free”. que espera los primeros 64 bytes antes de conmutar la trama sin necesidad de comprobar el FCS.
- Slot time del canal: El tiempo para transmitir 64 Bytes es el slot time del canal Ethernet.

CSMA / CD Referencias y bibliografía

- Cisco CCNA Routing and Switching 200-120 Exam Cram, Fourth Edition, Video Enhanced Edition. By: Michael Valentine; Keith Barker. Publisher: Pearson IT Certification
- Ethernet. Tecnología para redes de área local (versión 2.1.0) <http://www.arcesio.net>

Par trenzado de cobre

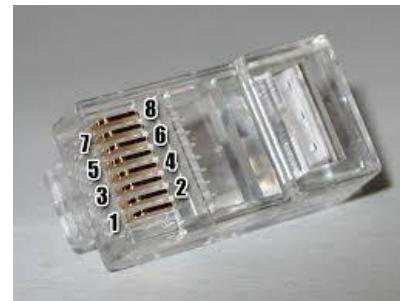
Medios físicos para la transmisión

Standard	Specification	Length (m)	Cable Type	Pairs Required
10Base5	802.3	500	50-Ohm thick coaxial cable	—
10Base2	802.3	185	50-Ohm thin coaxial cable	—
10BaseT	802.3	100	Category 3, 4, or 5 UTP	2
10BaseFL	802.3	2000	Fiber	1
100BaseTx	802.3u	100	Category 5 UTP	2
100BaseT4	802.3u	100	Category 3 UTP	4
100BaseT2	802.3u	100	Category 3, 4, or 5UTP	2
100BaseFx	802.3u	400/2000	MM fiber	1
100BaseFx	802.3u	10,000	SM fiber	1
1000BaseSx	802.3z	220-550	MM fiber	1
1000BaseLx	802.3z	3000	SM or MM fiber	1
1000BaseCx	802.3z	25	Shielded copper	2
1000BaseT	802.3ab	100	Category 5 UTP	4

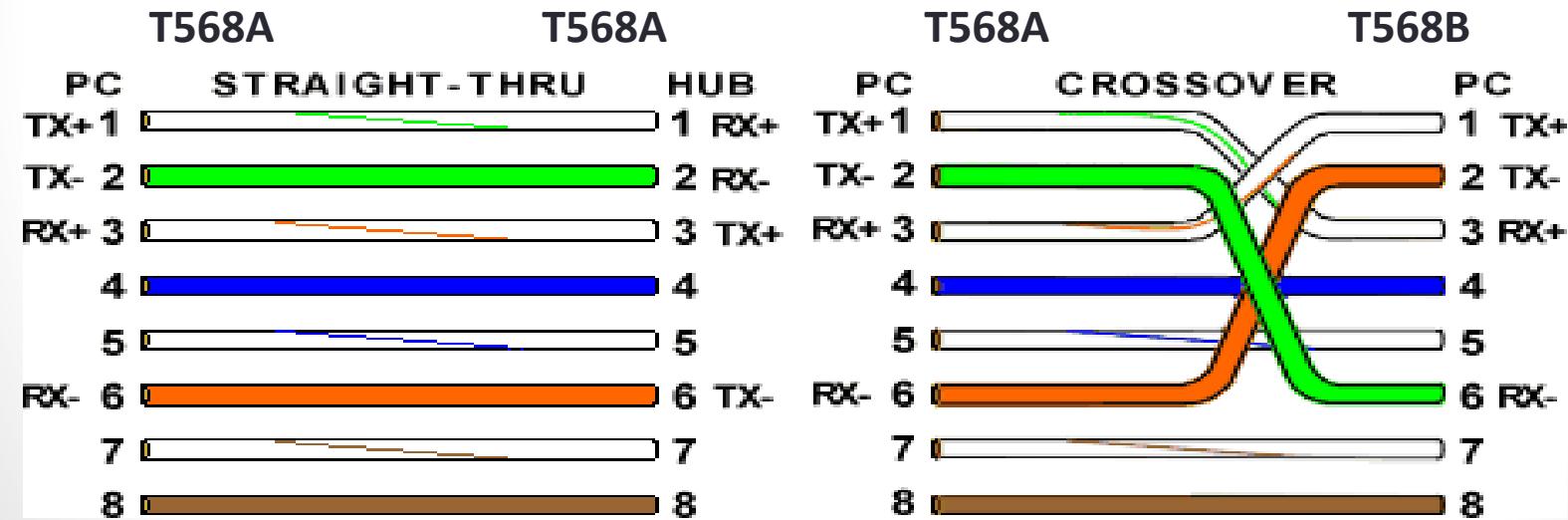
Cable cobre – Par trenzado - Terminaciones

Estándar

- T568A
- T568B



Conejero
RJ45



Cable cobre – Par trenzado - Terminaciones

Cat5e Wire Diagram for T568B (Straight Through Cable)

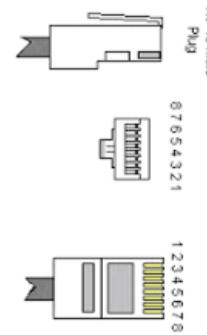
RJ45 Pin #	Wire Color (T568A)	Wire Diagram (T568A)	10Base-T Signal 100Base-TX Signal	1000Base-T Signal
1	White/Orange		Transmit+	BI_DA+
2	Orange		Transmit-	BI_DA-
3	White/Green		Receive+	BI_DB+
4	Blue		Unused	BI_DC+
5	White/Blue		Unused	BI_DC-
6	Green		Receive-	BI_DB-
7	White/Brown		Unused	BI_DD+
8	Brown		Unused	BI_DD-

Cable cobre – Par trenzado - Terminaciones

Color Standard
EIA/TIA T568A

Ethernet Patch Cable

	RJ45 Pin#	Pin# RJ45	
TX+	Green/White Tracer	1	1 Green/White Tracer
TX-	Green	2	2 Green
RX+	Orange/White Tracer	3	3 Orange/White Tracer
	Blue	4	4 Blue
	Blue/White Tracer	5	5 Blue/White Tracer
RX-	Orange	6	6 Orange
	Brown/White Tracer	7	7 Brown/White Tracer
	Brown	8	8 Brown



Color Standard
EIA/TIA T568A

Ethernet Crossover Cable

	RJ45 Pin#	Pin# RJ45	
	Green/White Tracer	1	1 Orange/White Tracer
	Green	2	2 Orange
	Orange/White Tracer	3	3 Green/White Tracer
	Blue	4	4 Brown/White Tracer
	Blue/White Tracer	5	5 Brown
	Orange	6	6 Green
	Brown/White Tracer	7	7 Blue
	Brown	8	8 Blue/White Tracer



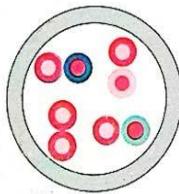
Cable cobre – Par trenzado - Tipos

XX/XTP

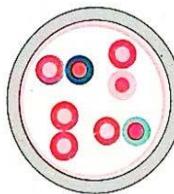
TP: Twisted Pair

Pair Shielding: U = Unshielded
 S = F = Foil Shielded

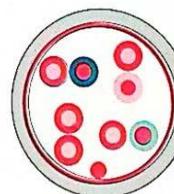
Over all Shielding: F = Foil Shielded
 S = Braiding
 SF = Foil Shielding and Braiding
 U = Unshielded



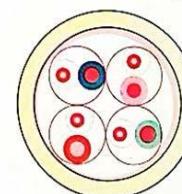
U/UTP
 cable without
 any shielding



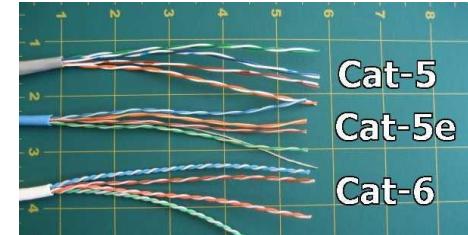
SF/UTP
 cable with over all
 foil shielding and
 braiding



F/UTP
 cable with over all
 foil shielding



S/FTP
 Cable with pairs in metal
 foil, over all foil
 shielding and braiding



S/FTP:
 overall braid screen (S),
 elements foil screened (FTP)



F/UTP:
 overall foil screen (F),
 elements unscreened (UTP)



SF/UTP:
 overall braid and foil screen (SF),
 elements unscreened (UTP)



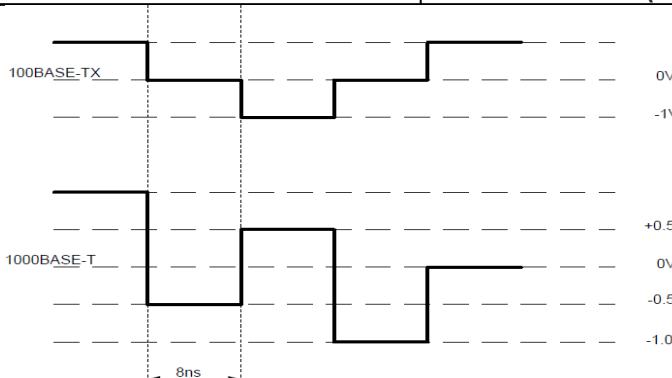
U/UTP:
 no overall screen (U),
 elements unscreened (UTP)

Cable cobre – Par trenzado - Características

CAT5, CAT5e, and CAT6 UTP (Solid Cable) Specifications Comparison

	Category 5	Category 5e	Category 6
Frequency	100 MHz	100 MHz	250 MHz
Return Loss (Min. at 100MHz)	16.0 dB	20.1 dB	20.1 dB
Characteristic Impedance	100 ohms ± 15%	100 ohms ± 15%	100 ohms ± 15%
Attenuation (Min. at 100 MHz)	22 dB	22 dB	19.8 dB
Next (Min. at 100MHz)	32.3 dB	35.3 dB	44.3 dB
PS-Next (Min. at 100MHz)	no specification	32.3 dB	42.3 dB
ELFEXT (Min. at 100 MHz)	no specification	23.8 dB	27.8 dB
PS-ELFEXT (Min. at 100 MHz)	no specification	20.8 dB	24.8 dB
Delay Skew (Max. per 100 m)	no specification	45 ns	45 ns

Cable cobre – Par trenzado - Ejemplos

	100Base-Tx	1000BaseT
Cable UTP	Cat 5	Cat5e
Número de pares	2 (1 Tx, 1 Rx)	4 (4Tx, 4Rx)
Modulación por Amplitud de Pulsos (PAM)	PAM-3 .3 niveles por par de Tx .3 combinaciones	PAM-5 .5 niveles por par de Tx .625 combinaciones (5x5x5x5)
		
Número de bits por símbolo		
Tiempo de transmisión de símbolo		
Codificación		
Tasa de bits		

Modulación en ethernet

100ns

$$1\text{ns} = 10^{-9} \text{ seconds}$$

$$100\text{ns} = 10^{-7} \text{ sec}$$

$$\boxed{10\text{Mbs}}$$

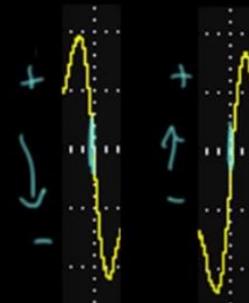
$$100\text{ns} = \frac{1}{10^7} \text{ sec} = \frac{1}{10,000,000} \text{ s}$$



1 1 0 1 0 0 1 0

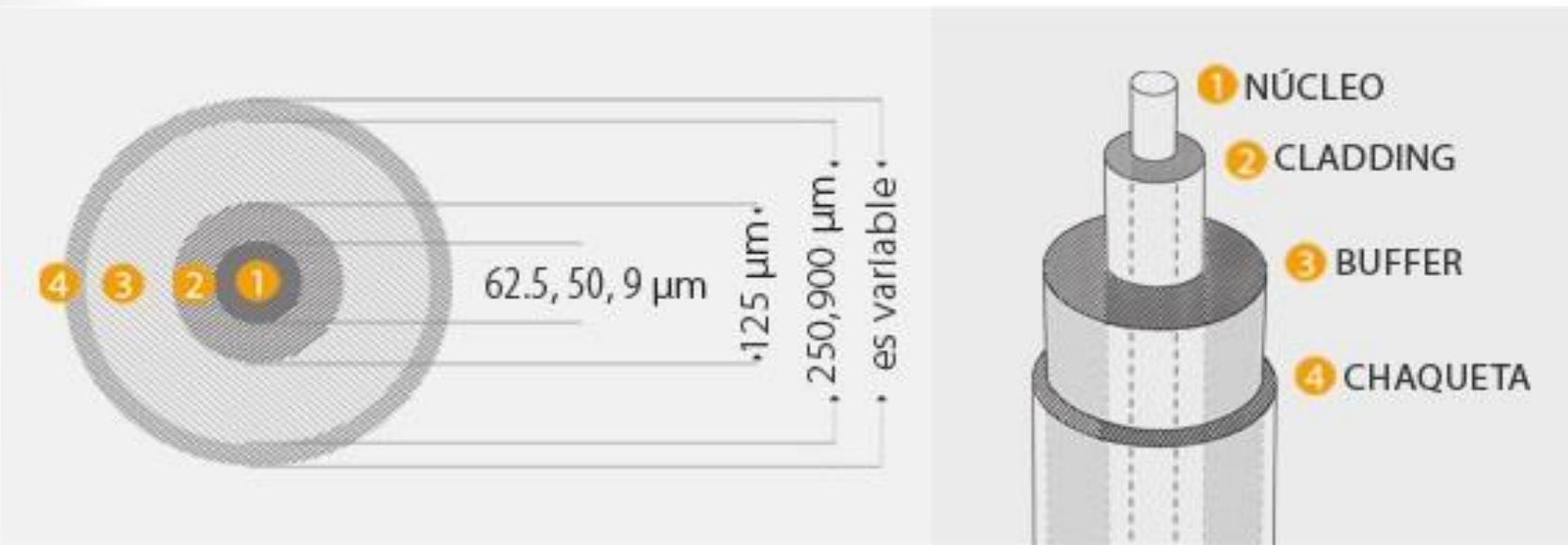
Symbols

0 1

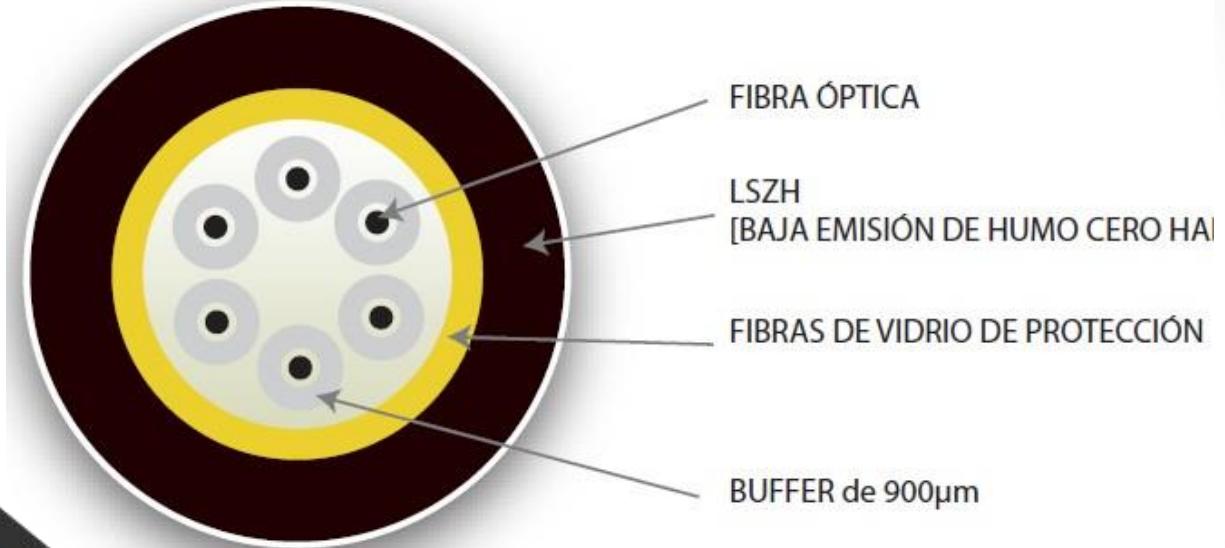
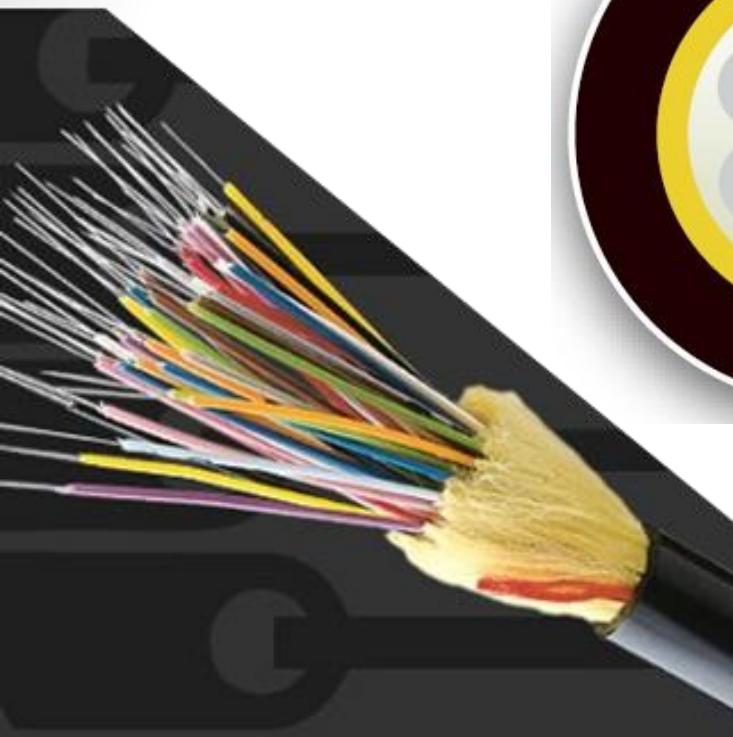


Fibra Óptica

Fibra óptica – Detalle constructivos



Fibra óptica – Detalle constructivos



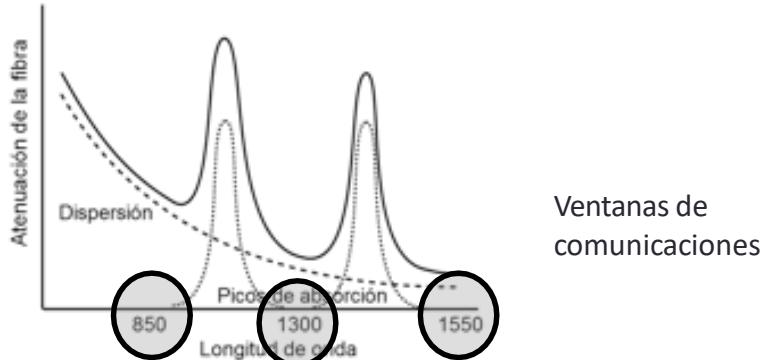
Fibra óptica – Detalle constructivos

Rayos de luz Reflexión interna total



Núcleo

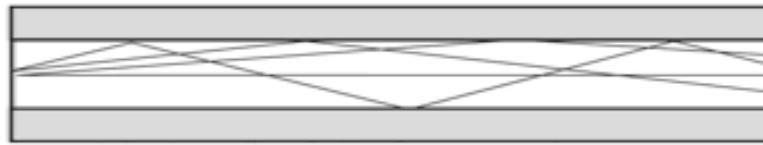
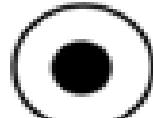
Revestimiento (cladding)



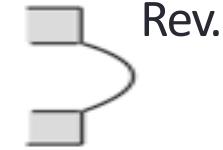
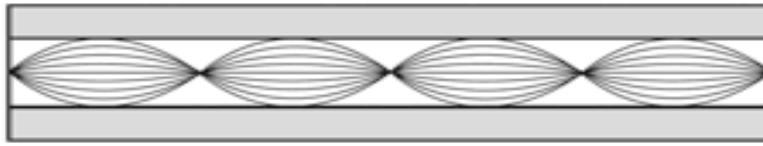
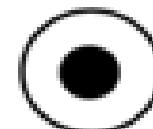
Fibra óptica - Tipos

- Multimodo (50-62.5/125 μm)

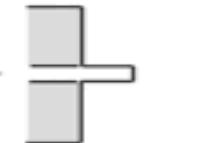
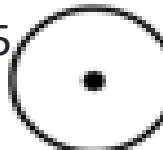
- Escalonado*



- Gradual

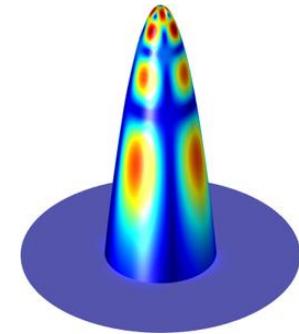
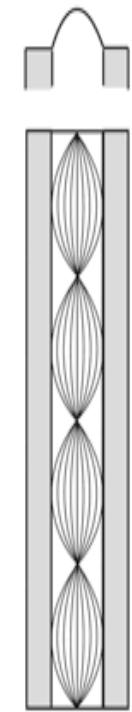
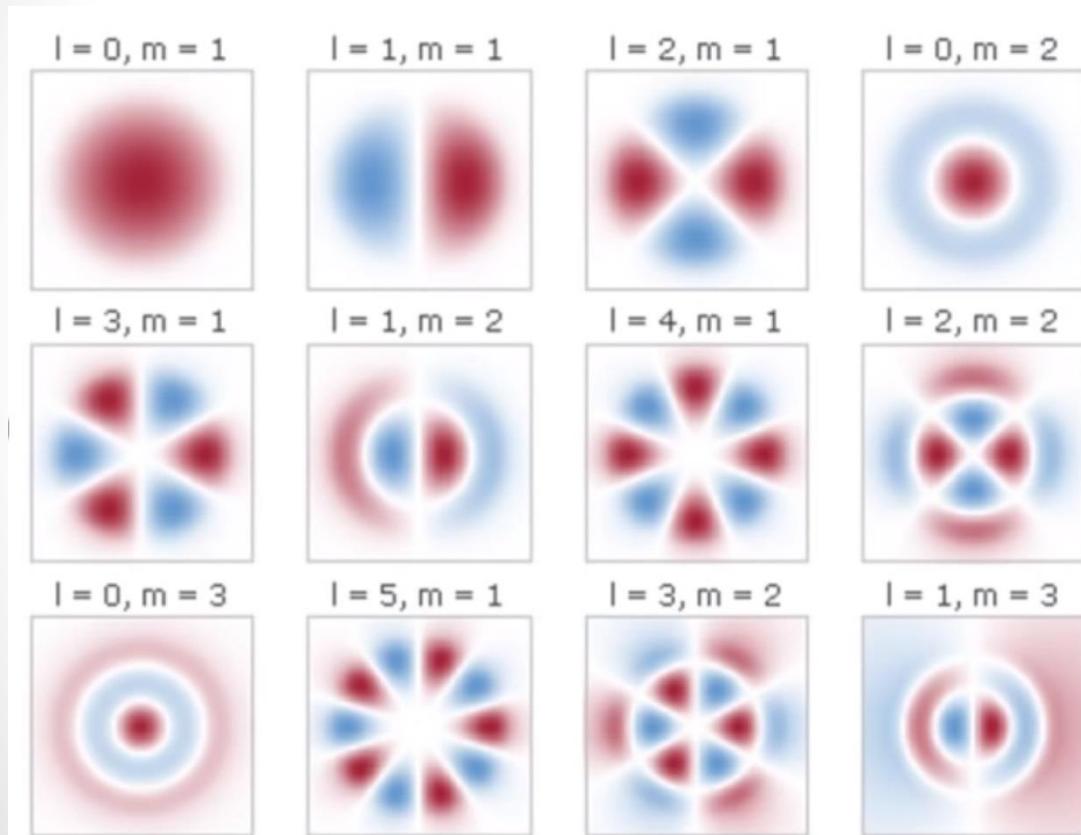


- Monomodo (9/125 μm)

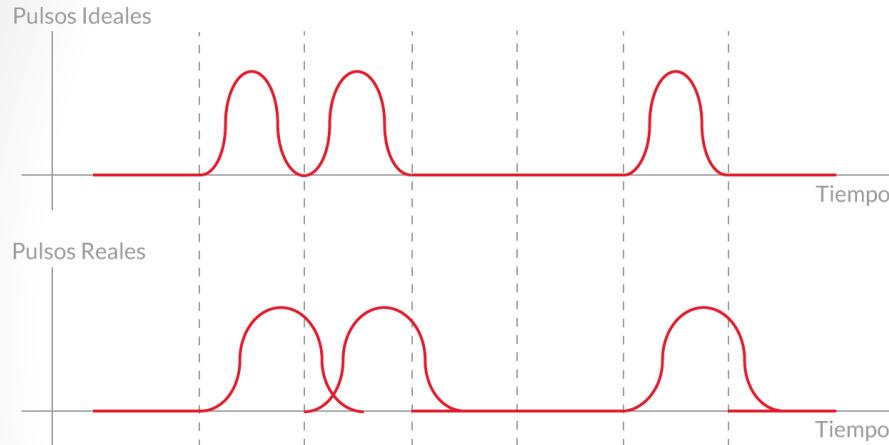


*El escalonado provoca pérdidas adicionales por refracción, dando lugar a peores prestaciones que el gradual

Fibra óptica – Dispersión Multimodo



Fibra óptica – Dispersión modal



- Este fenómeno sólo ocurre en F.O. multimodo
- Afecta al pulso digital a la salida de la fibra
 - Lo ensancha, haciendo que los bits se solapen
 - Lo deforma, provocando errores de bits en recepción

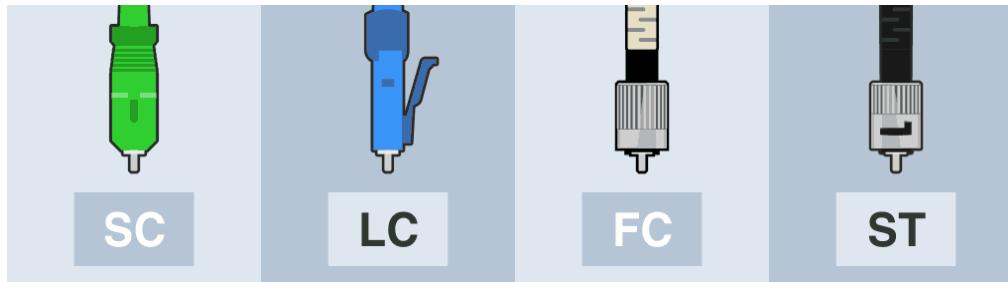
- Causa limitación en la distancia y tasa de bit máximas del enlace
- Es un parámetro de calidad de la F.O. Se suele expresar en unidades de MhzKm. Cuanto más mejor
- Diseño: En un enlace, se puede intercambiar distancia (Km) por ancho de banda (MHz), siempre que su producto no sobrepase el parámetro dado por el fabricante

Fibra óptica – Características óptico-eléctricas

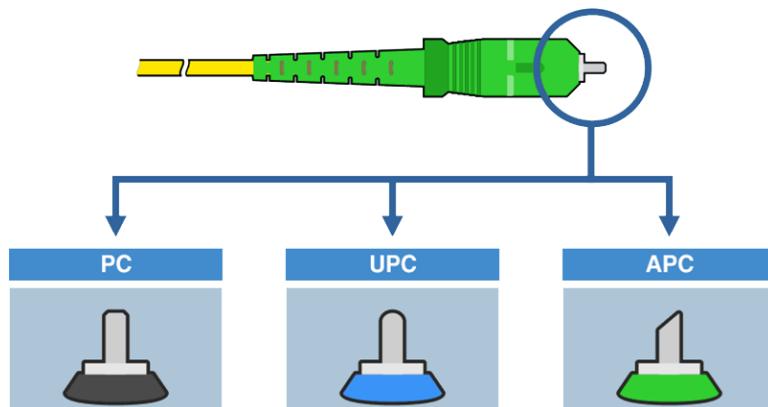
Núcleo/revestimiento <i>(cladding)</i>	Atenuación	Ancho de banda	Aplicaciones/Notas
Monomodo	@1310/1550 nm	@1310/1550 nm	
9/125 micrones (OS1, B1.1, o G.652)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra estándar monomodo, telecomunicaciones /TV por cable, redes LAN de larga distancia y alta velocidad
9/125 micrones (OS2, B1.3, o G.652)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra de "pico de agua reducido" (LWP)
9/125 micrones (B2, o G.653)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazada (DSF)
9/125 micrones (B1.2, o G.654)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con corte desplazado (CSF)
9/125 micrones (B4, o G.654)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazada no nula (NZ-DSF)
Multimodo de índice gradual	@850/1300 nm	@850/1300 nm	
50/125 micrones (OM2)	3/1 dB/km	500/500 MHz-km	Para láser para redes LAN GbE
50/125 micrones (OM3)	3/1 dB/km	2000/500 MHz-km	Optimizada para VCSEL de 850 nm
50/125 micrones (OM4)	3/1 dB/km	4700/500 MHz-km	Optimizada para VCSEL de 850 nm >10Gb/s
62.5/125 micrones (OM1)	3/1 dB/km	160-200/500 MHz-km	Fibra para red LAN (FDDI)
De índice escalonado	@850 nm	@850 nm	
200/240 micrones	4-6 dB/km	50 MHz-km	Núcleo de vidrio con revestimiento (<i>cladding</i>) de plástico

Fibra óptica – Conectores y pulidos

- Tipo de conectores



- Tipos pulido



Fibra óptica – Ejemplos

Table 11-5. Optical specifications for 10GBASE-S

Fiber type	Minimum modal bandwidth at 850 nm (MHz-km)	Channel insertion loss (dB)	Operating range (m)
62.5 μm MMF	160	1.6	2 to 26
62.5 μm MMF (OM1)	200	1.6	2 to 33
50 μm MMF	400	1.7	2 to 66
50 μm MMF (OM2)	500	1.8	2 to 82
50 μm MMF (OM3)	2,000	2.6	2 to 300
50 μm MMF (OM4)	4,700	2.9	2 to 400

Table 11-6. Optical specifications for 10GBASE-LX4

Optical type	Modal bandwidth (MHz-km)	Channel insertion loss (dB)	Operating distance
62.5 μm MMF	500	2.0	300 m
50 μm MMF	400	1.9	240 m
50 μm MMF	500	2.0	300 m
10 μm SMF	n/a	6.2	10 km

Fibra óptica – Ejemplos

ESPECIFICACIONES

Fibra óptica		G.652D G.657A1 G.657A2 OM1, OM2, OM3					
Total de fibras		6 - 12					
Tipo de la fibra							
		Multimodo	Monomodo				
		62.5/125					
		50/125	9/125				
		50/125 OM3					
Diámetro del cable							
		5.2 mm ±0.3 (6 fibers)					
		6.5 mm ±0.3 (12 fibers)					
Protección							
		LSZH					
		Fibras de vidrio					
Código de colores del buffer ajustado							
		1. Azul	7. Rojo				
		2. Naranja	8. Negro				
		3. Verde	9. Amarillo				
		4. Marrón	10. Morado				
		5. Gris	11. Rosa				
		6. Blanco	12. Aqua				
Total Fibras	Peso (kg/km)	Ø del bufer (mm)	Longitud Máx. (m)	Tensión Soportada (N)	Rango de Temperatura (°C)		
6	40	0.85 ± 0.05	4000	1200	-60°C +85°C		
12	40	0.85 ± 0.05	4000	1500	-60°C +85°C		

Tipo de fibra	Buffer (μm)	Coeficiente de atenuación (db/km)				Ancho de banda (mhz/km)			
		850nm	1300nm	1310nm	1550nm	850nm	1300nm		
62.5/125	250	≤ 2.7	≤ 0.6	-	-	200	600		
50/125	250	≤ 2.3	≤ 0.6	-	-	500	500		
9/125	250	-	-	≤ 0.34	≤ 0.20	-	-		
Cable		6				12			
Fibras		6 or 12, 250μm multimodo o monomodo com fibras ajustadas en 900μm, individualmente indentificadas por color [OD 0.9 ± 0.05mm].							
Hilos de fibra de vidrio		vidrio resistente al agua tipo 4X1200tex o equivalente, aplicado longitudinalmente y en forma helicoidal.			vidrio resistente al agua tipo 5X1200tex o equivalente, aplicado longitudinalmente y en forma helicoidal.				
Jacket		Ø externo nominal de 5.2mm y Ø interno 3.2mm (±0.3mm), con cubierta LSZH impresa en color negro.			Ø externo nominal de 6.5mm y Ø interno 4.5mm (±0.3mm), con cubierta LSZH impresa en color negro.				

Jeirdus 50KM G652 Fiber Optic OTDR Launch Cable 9/125 Singlemode Single Bare Fiber 1310/1550 Measuring Test Optical Jumper

by Jeirdus



★★★★★ 1 rating

Price: \$1,218.00 & FREE Shipping

Item is returnable in 30 days and restocking fee may apply

Size: 50KM

1KM 2KM 3KM 4KM 5KM
6KM 7KM 8KM 9KM 10KM
15KM 20KM 25KM 30KM
50KM

Fibra óptica – Límites a la velocidad

- La velocidad de los datos (bps) depende de tres factores:
 - BW disponible (Hz)
 - Niveles de las señales que se usan (tipo de modulación / codificación)
 - Calidad del canal de transmisión (SNR)

Fibra óptica – Límites a la velocidad

- **Fórmula de Nyquist:**

- En el caso de un canal de transmisión sin ruido, donde L es el número de niveles usados para codificar cada símbolo.

$$\text{Tasa de bits (bps)} = 2 * \text{BW(Hz)} * \log_2(L)$$

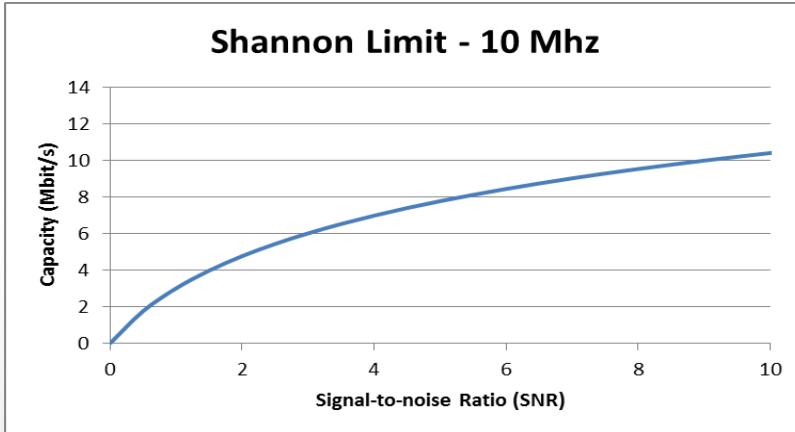
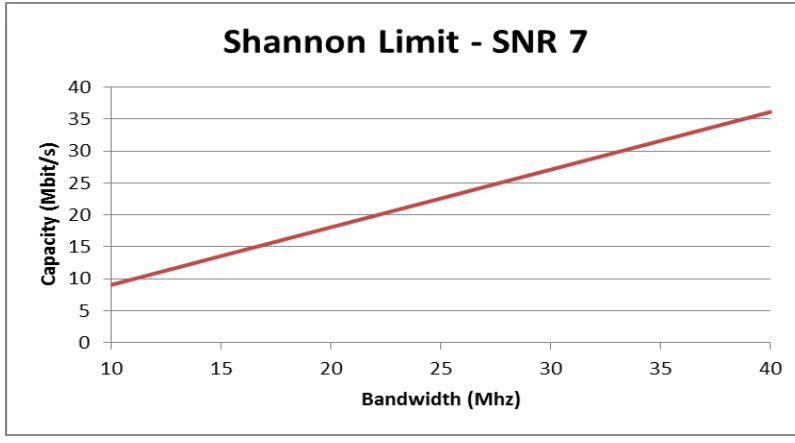
Fibra óptica – Límites a la velocidad

- **Capacidad de canal de Shannon:**
 - En el caso de un canal con ruido, entonces la capacidad máxima del canal para transmitir información es:

$$C(\text{bps}) = BW(\text{Hz}) * \log_2(1 + SNR(\text{u.n.}))$$

La capacidad de canal de Shannon nos da el límite superior al que podemos aspirar, la fórmula de Nyquist nos dice el número de niveles necesarios para alcanzarla

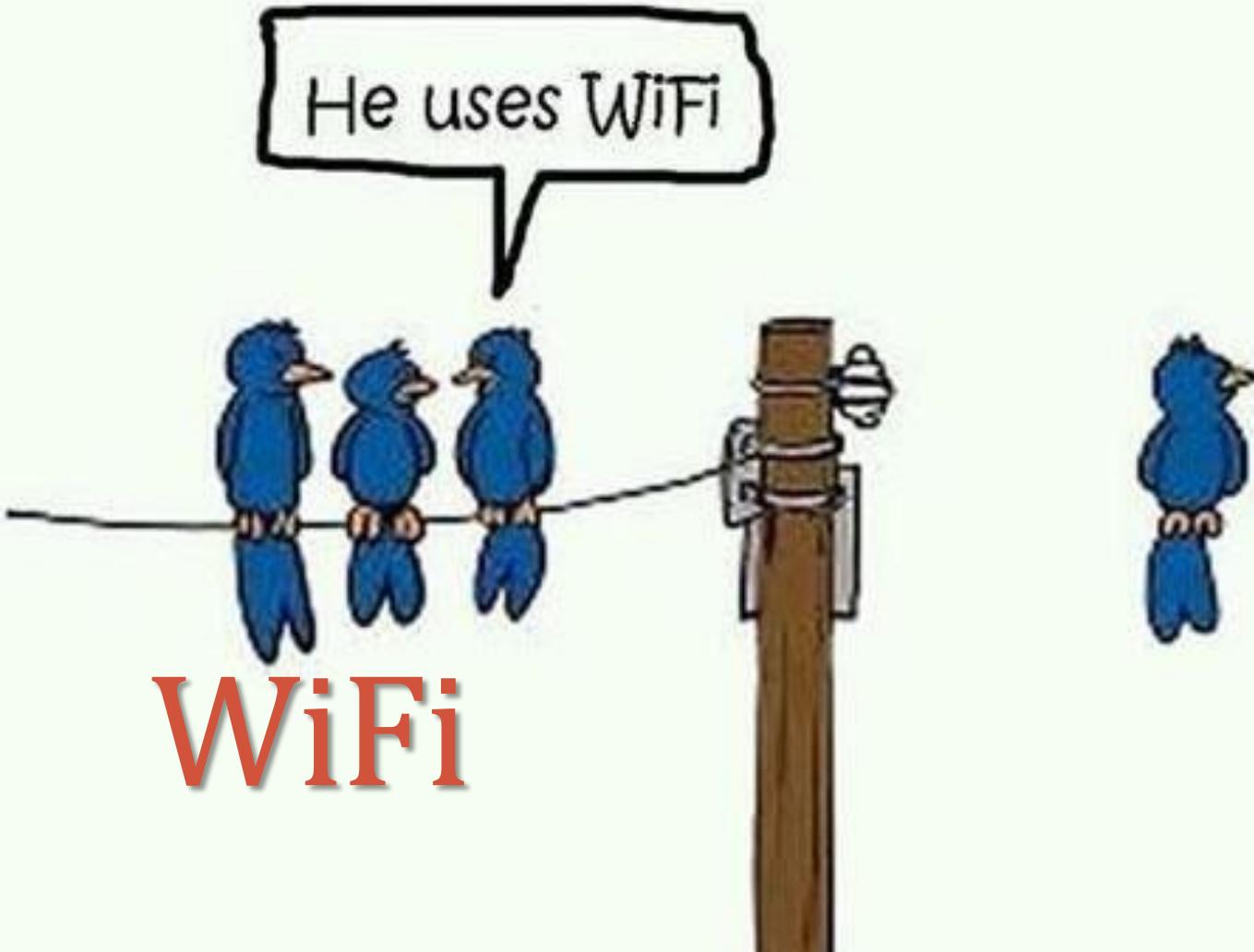
Fibra óptica – Límites a la velocidad



Ejemplo: Las gráficas muestran la capacidad máxima teórica de transmisión según Shannon para un canal de $\text{SNR}=7$ y para otro de $\text{BW}=10\text{Mhz}$. El cómo se alcanza el máximo teórico dependerá de aspectos como la modulación usada.

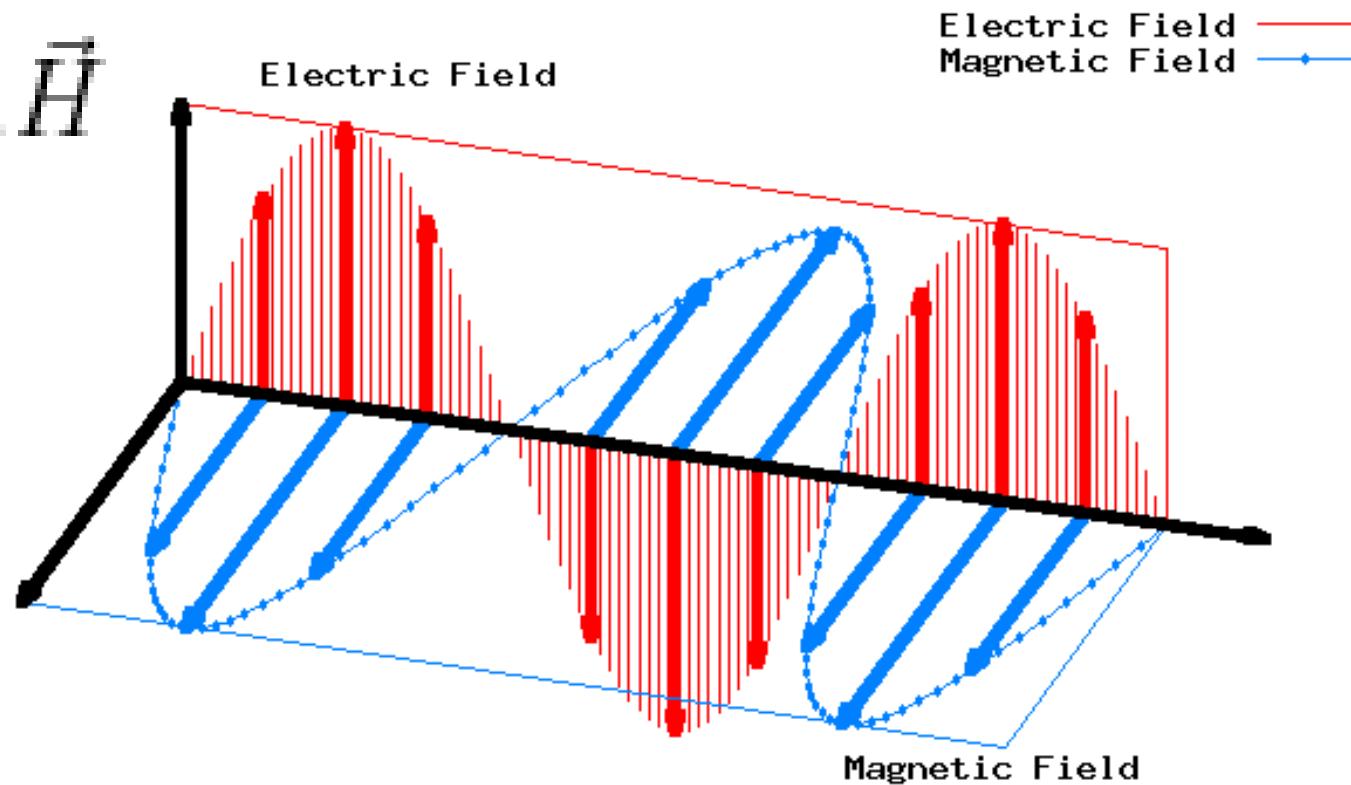
Fibra Óptica Referencias y bibliografía

- Transmisión de datos y redes de comunicaciones, 4º Edición. Behrouz A. Forouzan. Mc Graw Hill, 2007, ISBN 978-07-296775-3



Fundamentos electromagnetismo

$$\vec{P} = \vec{E} \cdot \vec{H}$$



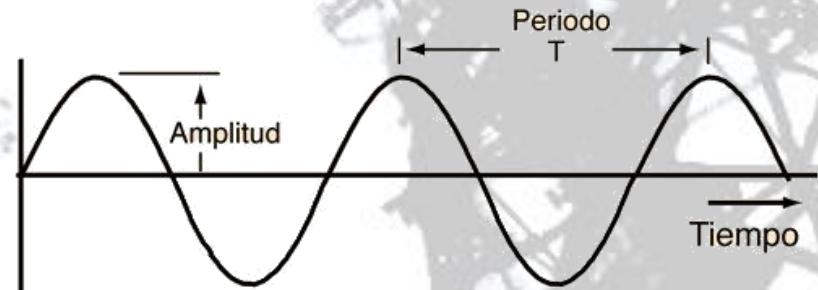
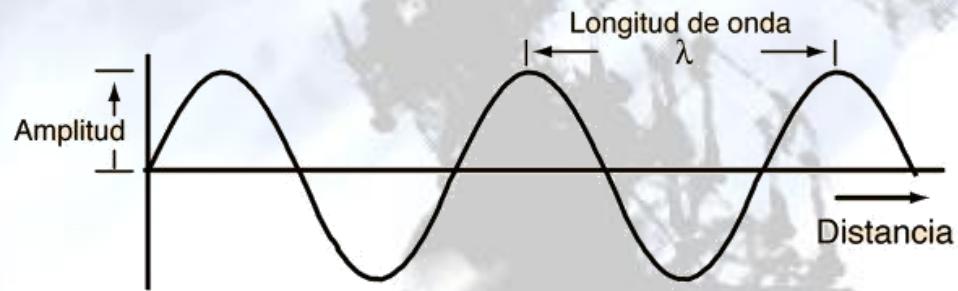
Fundamentos electromagnetismo

Principales parámetros que caracterizan una onda electromagnética:

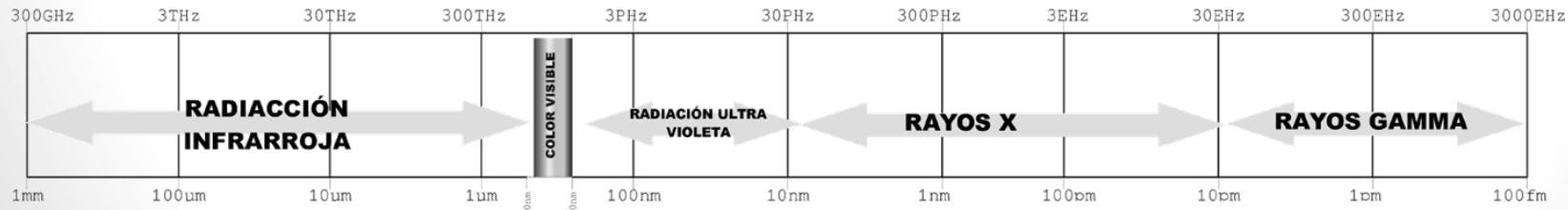
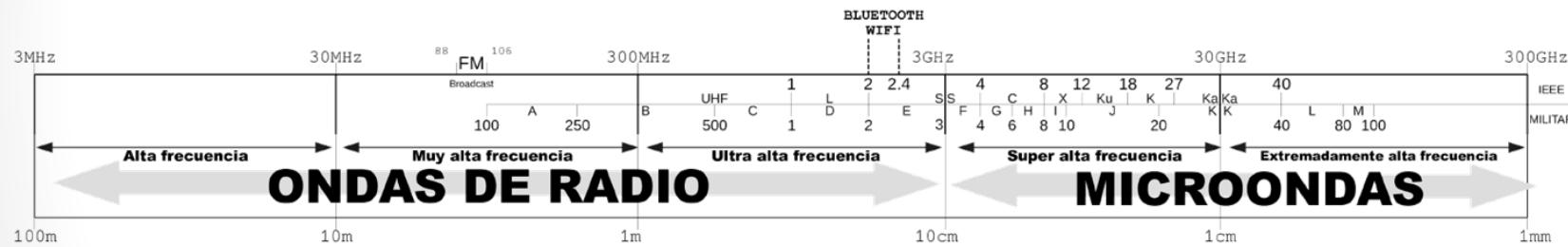
- Frecuencia / Periodo
- Longitud de onda
- Velocidad de propagación
- Polarización
- Densidad de potencia

$$A_c \cos(2\pi fct + \phi)$$

Amplitude Frequency Phase
Angle
(Frequency = Rate of change of Angle)

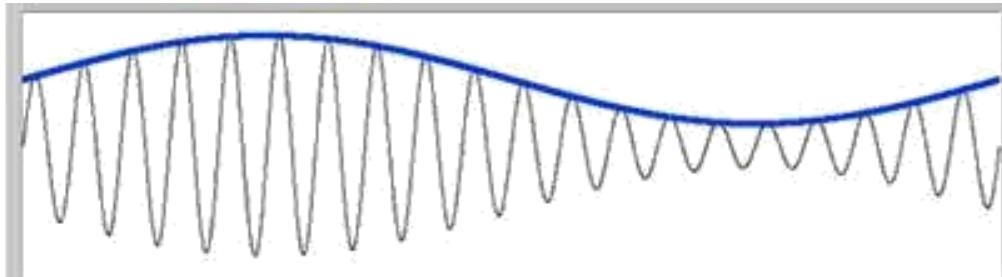


Espectro Radioeléctrico

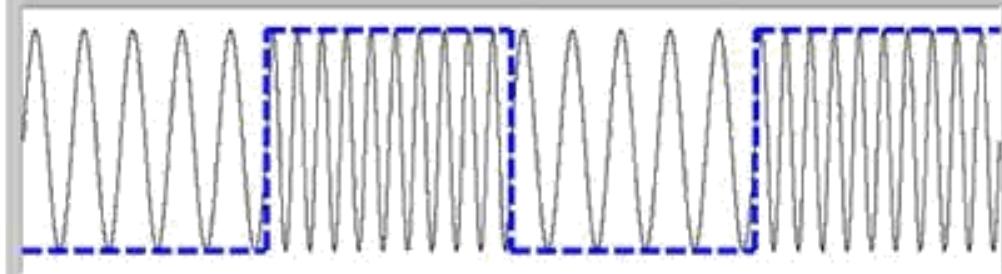


Modulación

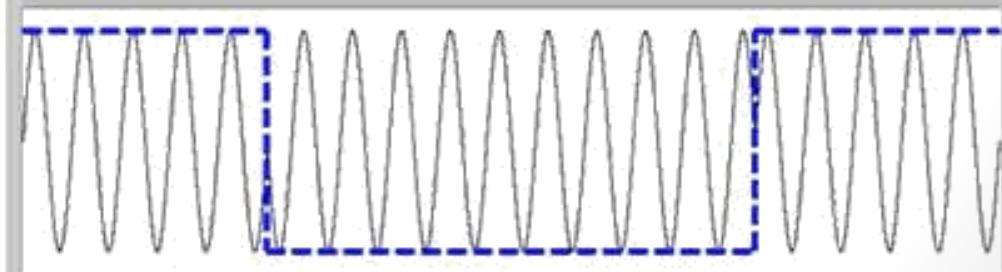
Amplitude
Modulation



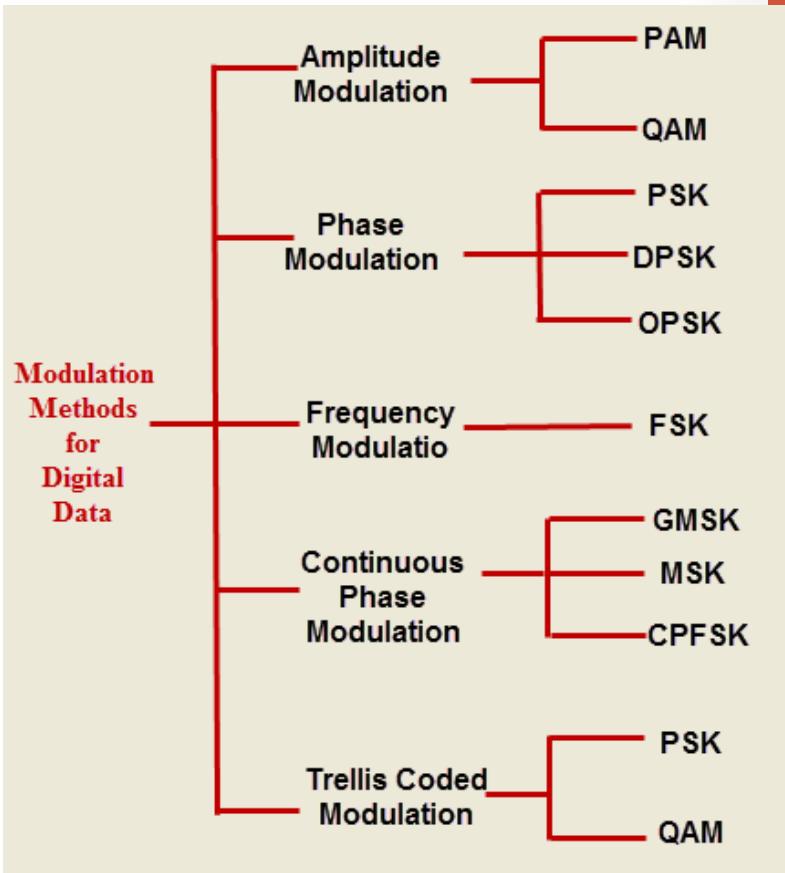
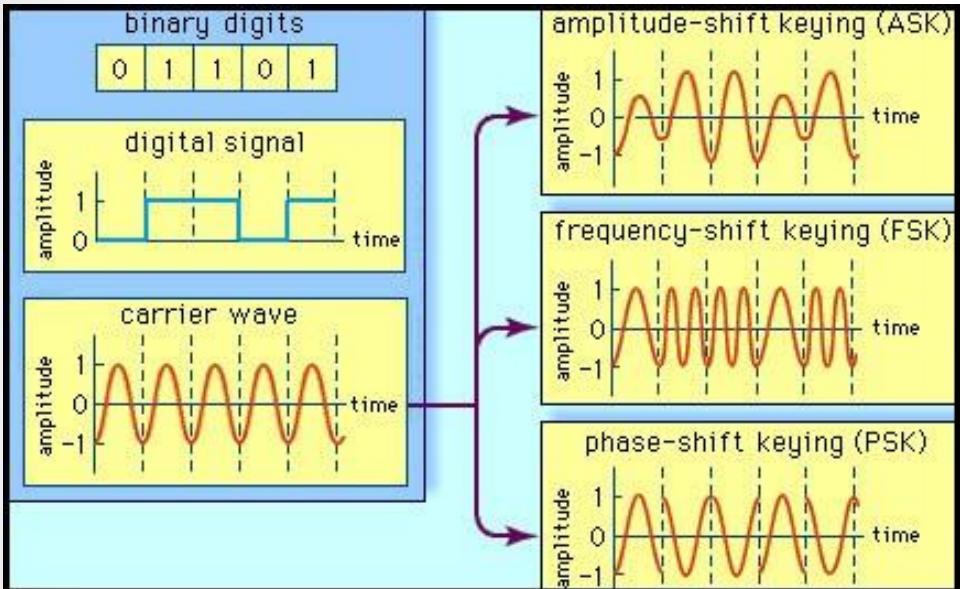
Frequency
Modulation



Phase
Modulation

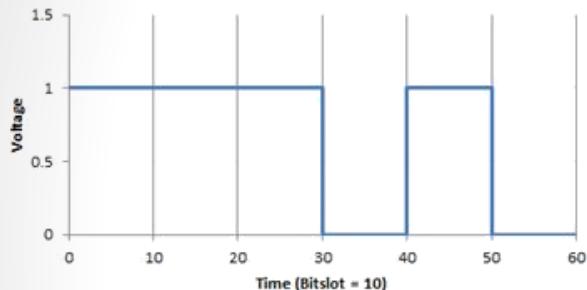


Modulación



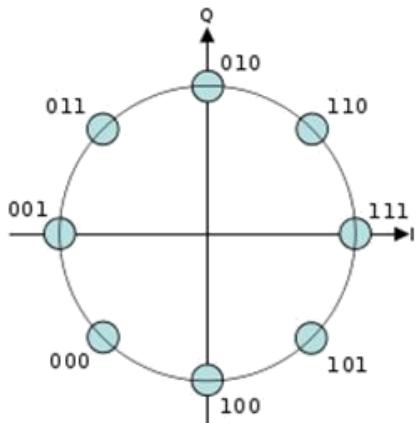
QAM

Example Bitstream

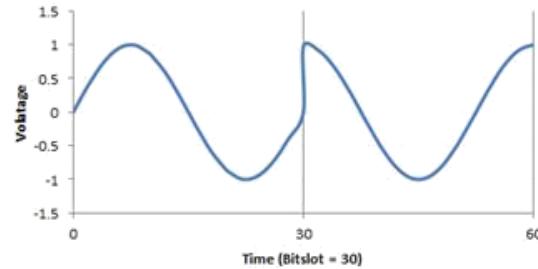


Bit Stream

8PSK Modulator



8PSK Signal

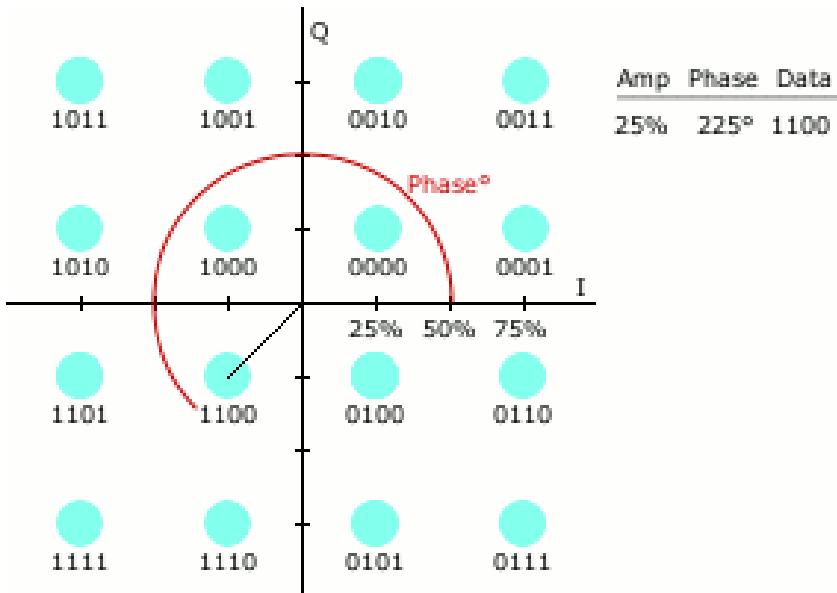


RF Wave

64QAM

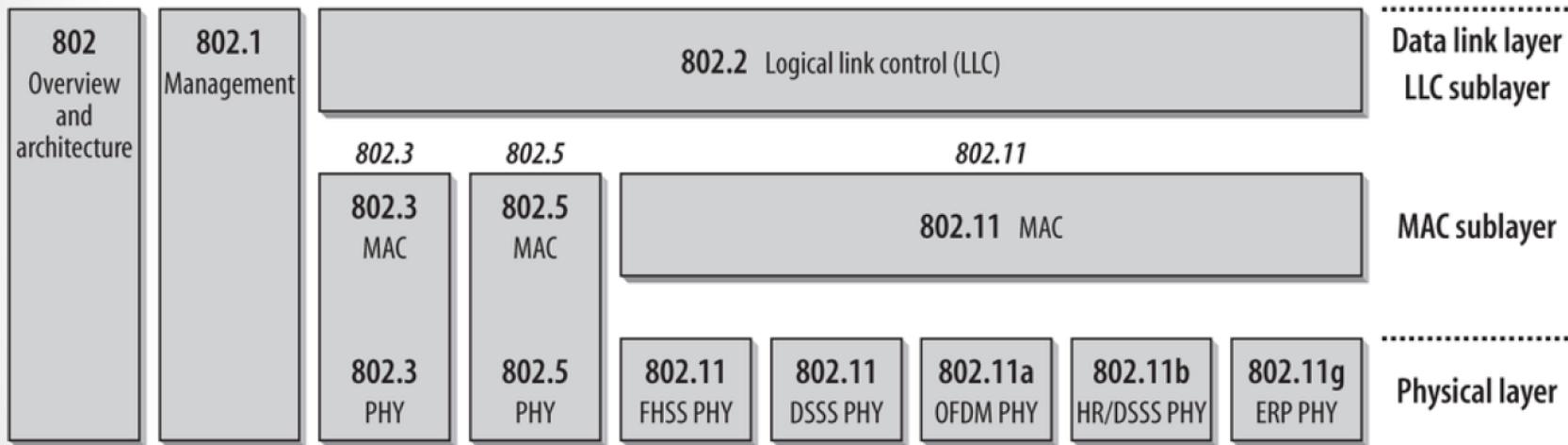
$I_k Q_k = 10$	$I_k Q_k = 00$
○ ○ ○ ○ 101100 101110 100110 100100	○ ○ ○ ○ 001000 001001 001101 001100
○ ○ ○ ○ 101101 101111 100111 100101	○ ○ ○ ○ 001010 001011 001111 001110
○ ○ ○ ○ 101001 101011 100011 100001	○ ○ ○ ○ 000010 000011 000111 000110
○ ○ ○ ○ 101000 101010 100010 100000	○ ○ ○ ○ 000000 000001 000101 000100
○ ○ ○ ○ 110100 110101 110001 110000	○ ○ ○ ○ 010000 010010 011010 011000
○ ○ ○ ○ 110110 110111 110011 110010	○ ○ ○ ○ 010001 010011 011011 011001
○ ○ ○ ○ 111110 111111 111011 111010	○ ○ ○ ○ 010101 010111 011111 011101
○ ○ ○ ○ 111100 111101 111001 111000	○ ○ ○ ○ 010100 010110 011110 011100

$I_k Q_k = 11$ $I_k Q_k = 01$



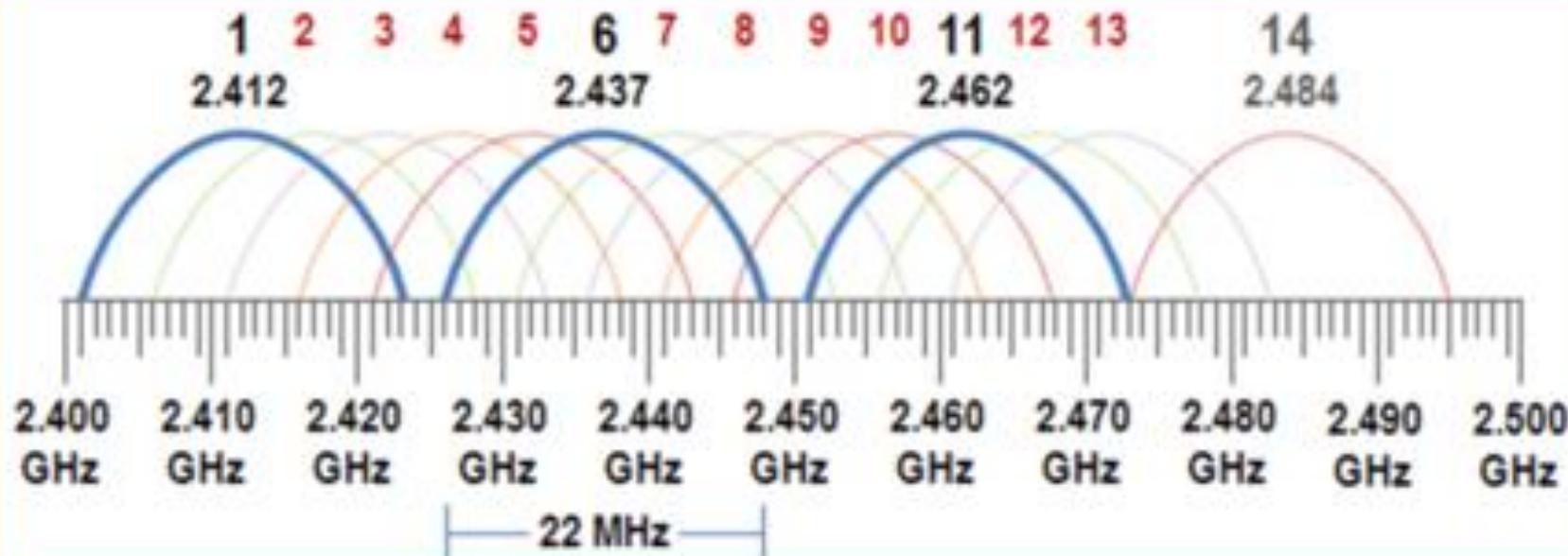
WiFi

Estándar IEEE 802.11 sobre redes inalámbricas de área local.



Standard	Banda	Ancho de banda teórico	Ancho de banda real
802.11a	5Ghz	54 Mbps	~22 Mbps
802.11b	2.4Ghz	11 Mbit/s	~5,9 Mbps
802.11g	2.4Ghz	54 Mbit/s	~22 Mbps
802.11n	2.4Ghz y 5Ghz	600 Mbps	~300 Mbps
802.11ac	5 Ghz	1000Mbps	~500 Mbps

WiFi: Canales y frecuencias



WiFi: Canales y frecuencias

Wi-Fi de 2.4 GHz

canal

canal actual: 11

ancho de banda del canal:

Wi-Fi de 5 GHz

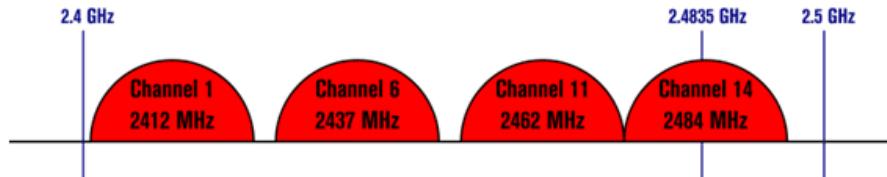
canal

canal actual: 100

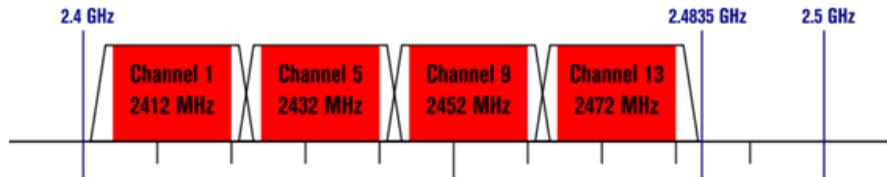
ancho de banda del canal:

Non-Overlapping Channels for 2.4 GHz WLAN

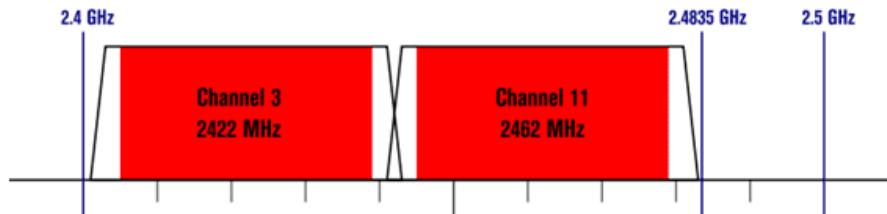
802.11b (DSSS) channel width 22 MHz



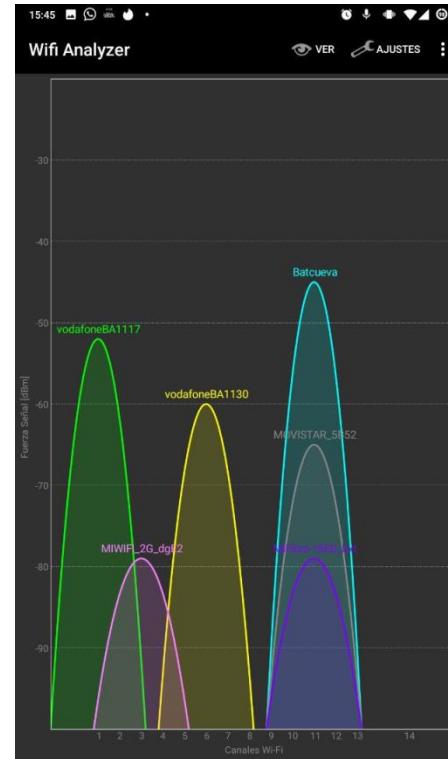
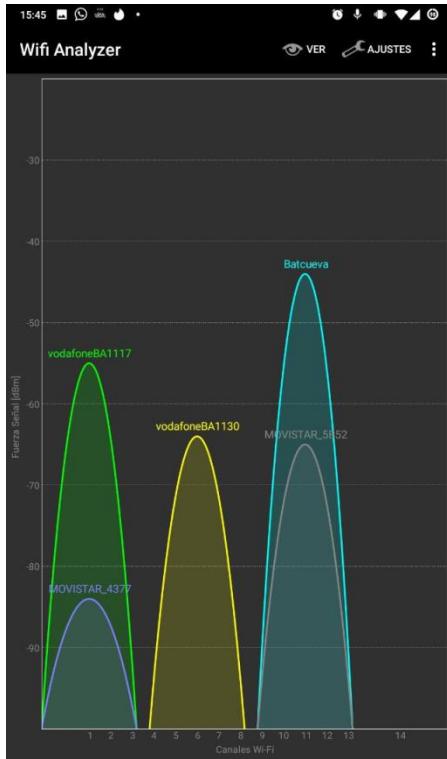
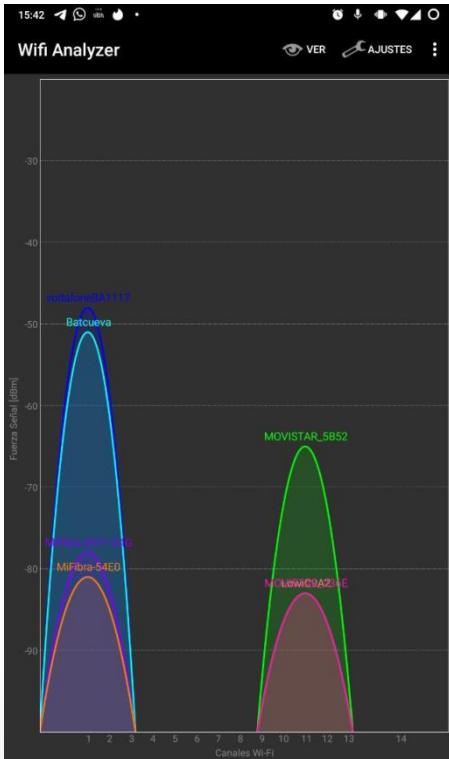
802.11g/n (OFDM) 20 MHz ch. width – 16.25 MHz used by sub-carriers



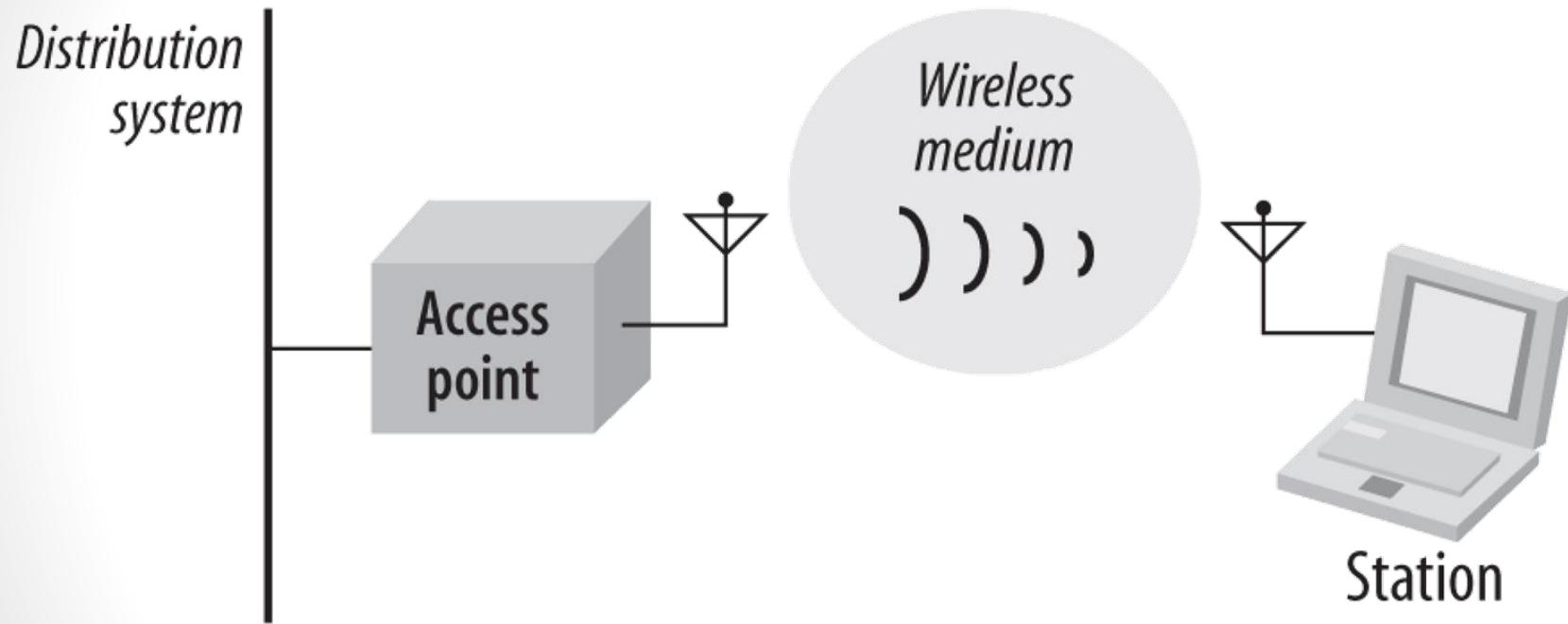
802.11n (OFDM) 40 MHz ch. width – 33.75 MHz used by sub-carriers



WiFi: Canales y frecuencias

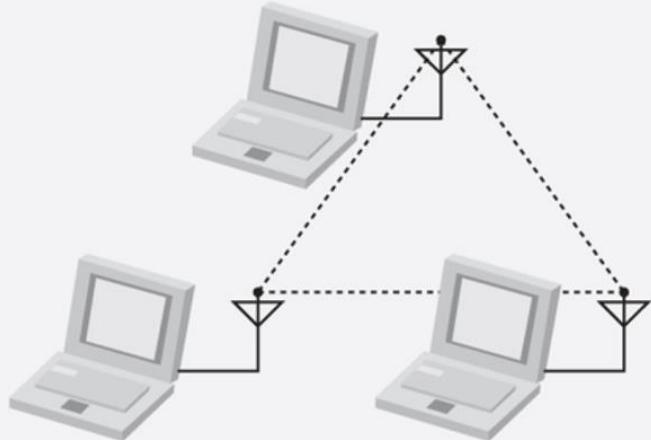


WiFi - Componentes

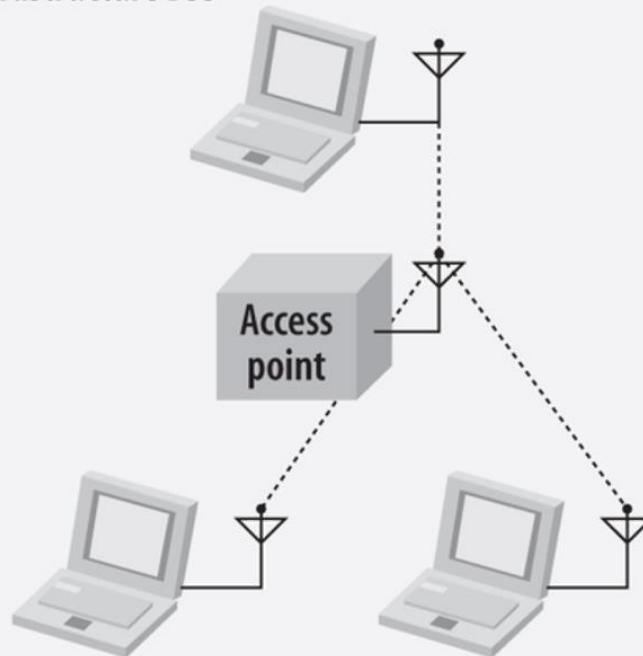


WiFi - Infraestructuras

Independent BSS



Infrastructure BSS



WiFi - Servicios

SERVICIO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	
Distribución	(Distribution)	Distribución	Envía tramas para determinar la dirección de destino en redes BSS de infraestructura.
Integración	(Integration)	Distribución	Envía de tramas a una red IEEE 802 LAN externa a la red inalámbrica
Asociación	(Association)	Distribución	Establece el AP que sirve como puente para una estación particular.
Reasociación	(Reassociation)	Distribución	Cambia el AP que sirve como puente para una estación particular.
Desasociación	(Disassociation)	Distribución	Elimina la estación de la red.
Autenticación	(Authentication)	Estación	Establece la identidad de la estación antes de la asociación.
Desautenticación	(DeAuthentication)	Estación	Termina la autenticación de la estación, y por tanto, también la asociación.
Confiabilidad	(Confidentiality)	Estación	Provee protección contra la intromisión en la red (Aevesdropping).
Entrega MSDU	(MSDU delivery)	Estación	MAC service data unit (MSDU) provee de datos del receptor.
TPC	(Transmit Power Control)	Estación	Reduce interferencias mediante la minimización de la potencia de transmisión.
DFS	(Dynamic Frequency Selection)	Estación	Evita interferencias con operaciones de muestreo en la banda de los 5GHz.

WiFi: Cifrado y Autenticación

	Autenticación	Cifrado	Seguridad	Rendimiento	Complejidad implementación
WEP	Ninguna	WEP	Nula	Alto	Baja
WPA -PSK-TKIP	Handshake	TKIP	Aceptable	Bajo	Baja
WPA2 -PSK-TKIP	Handshake	TKIP	Aceptable	Bajo	Baja
WPA -PSK-AES	Handshake	AES	Buena	Normal	Baja
WPA2 -PSK-AES	Handshake	AES	Muy Buena	Normal	Baja
WPA -MGT-TKIP	Servidor	TKIP	Buena	Bajo	Alta
WPA2 -MGT-TKIP	Servidor	TKIP	Muy Buena	Bajo	Alta
WPA -MGT-AES	Servidor	AES	Muy Buena	Normal	Alta
WPA2 -MGT-AES	Servidor	AES	La Mejor	Normal	Alta

WiFi: Referencias y bibliografía

- Transmisión de datos y redes de comunicaciones, 4º Edición. Behrouz A. Forouzan. Mc Graw Hill, 2007, ISBN 978-07-296775-3
- Ilustraciones de Telectronika.com
- <https://www.watelectronics.com/types-of-modulation-techniques-with-applications/>
- https://documentation.meraki.com/MR/WiFi_Basics_and_Best_Practices/Wireless_Fundamentals%3A_Modulation
- <https://www.sysadmit.com/2016/08/wifi-cifrado-y-autenticacion-buenas-practicas-capitulo-9.html>