



Redes de Datos- Conceptos básicos de LAN y MAN

PhD. Jhon Jairo Padilla Aguilar

Nota: Algunas gráficas han sido sacadas del curso de
William Stallings.

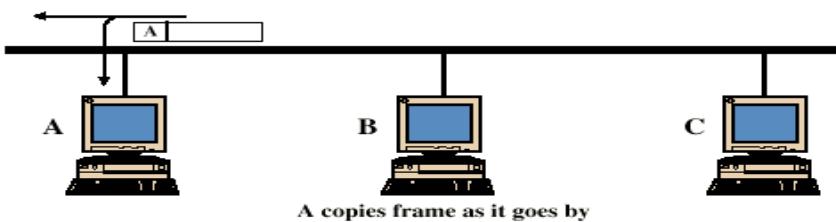
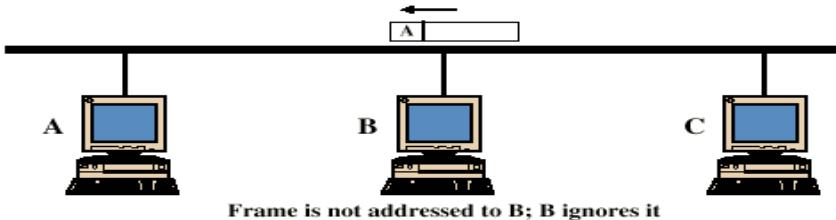
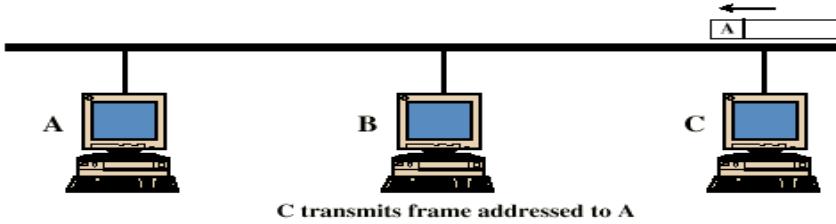
LAN

- Cobertura: Edificio, campus.
- Las estaciones intentan transmitir en el momento que lo requieran.
- Requieren un método de acceso al medio (Medium Access Control)
- Son propiedad de una empresa
- Velocidades de datos altas

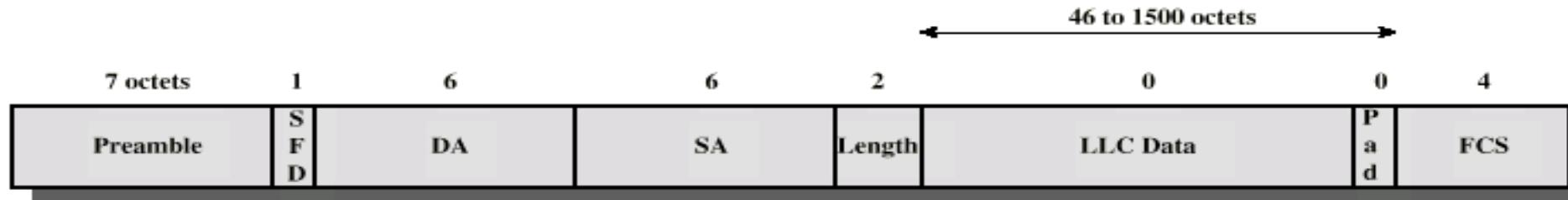
Características comunes de las LAN y MAN

- Los datos se transmiten en paquetes o tramas
- Medio de comunicación compartido
- Los datos transmitidos son escuchados por varias estaciones de usuario
- Pueden ser redes cableadas o redes inalámbricas

Necesidad de Identificación de los PCs



Formato de trama MAC de IEEE 802.3



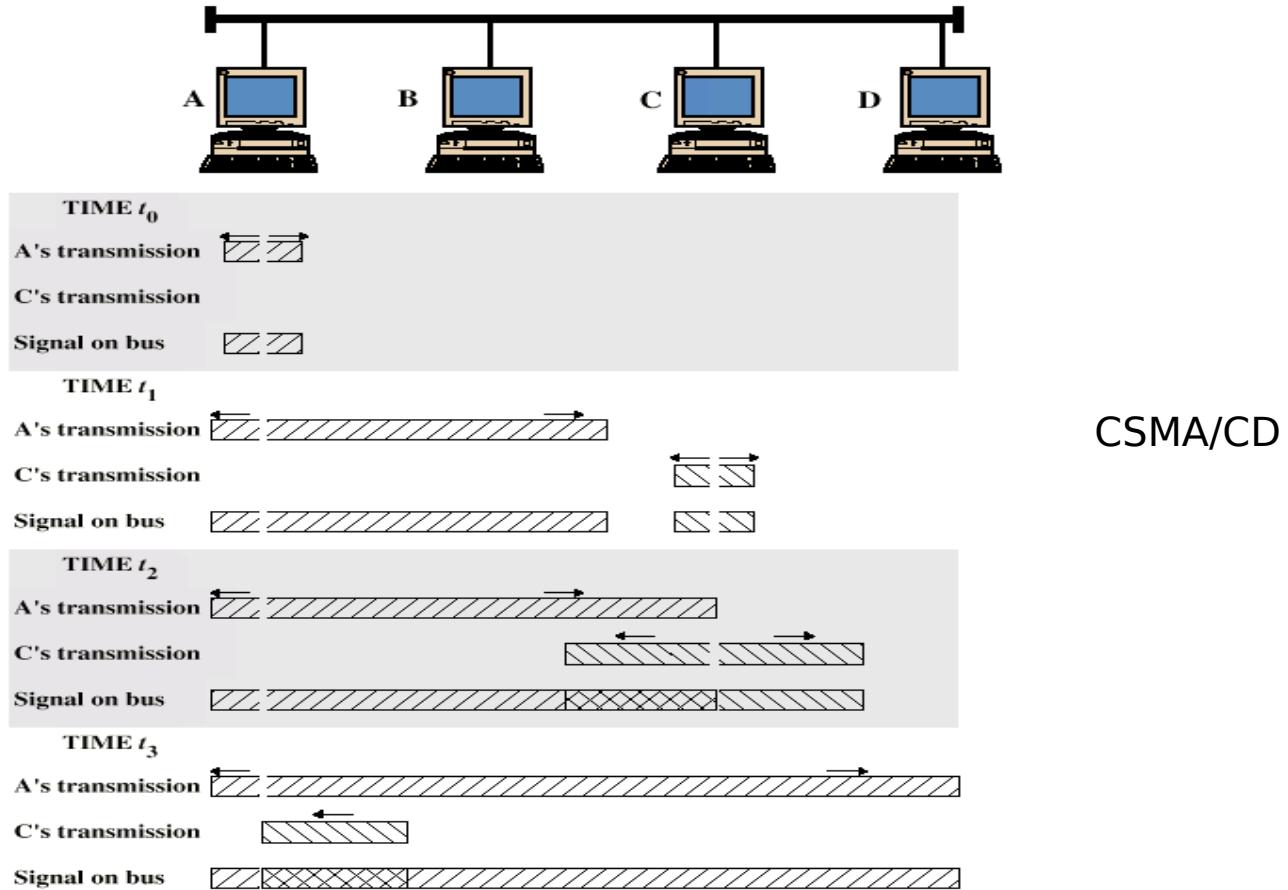
SFD = Start of frame delimiter

DA = Destination address

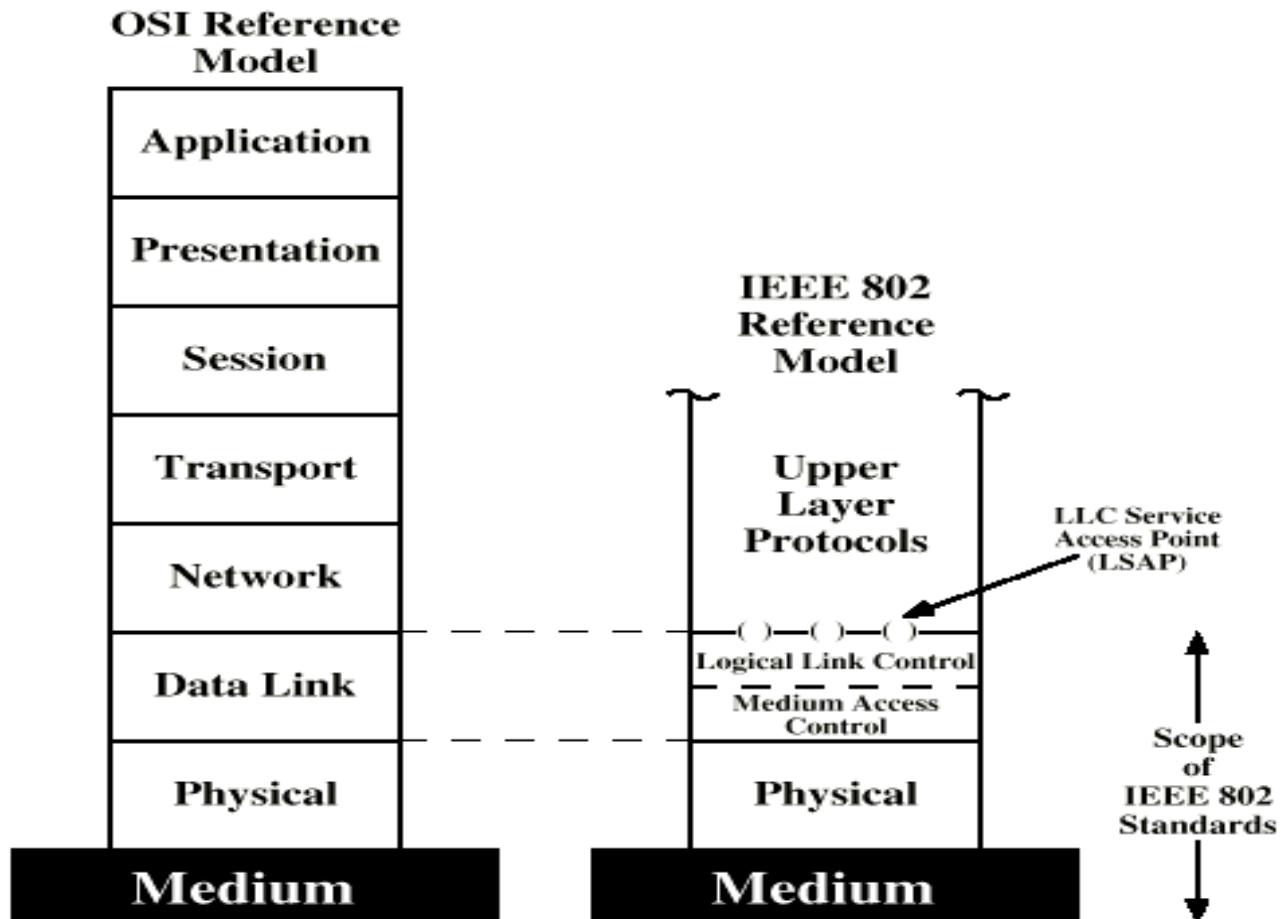
SA = Source address

FCS = Frame check sequence

Colisiones en un medio compartido



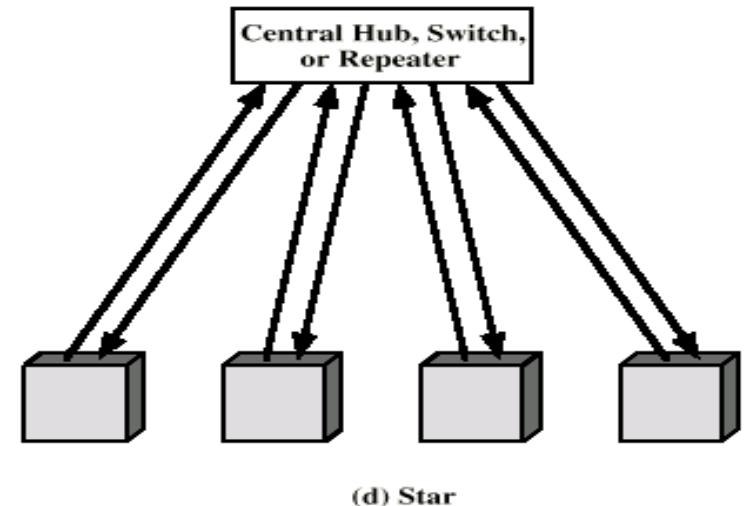
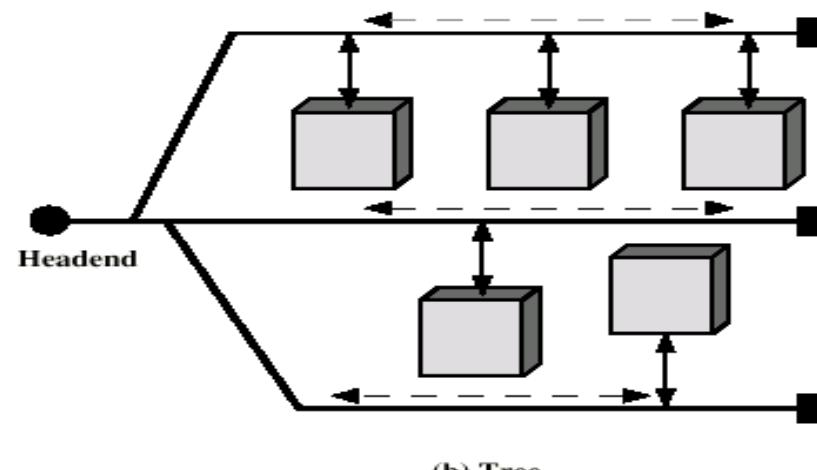
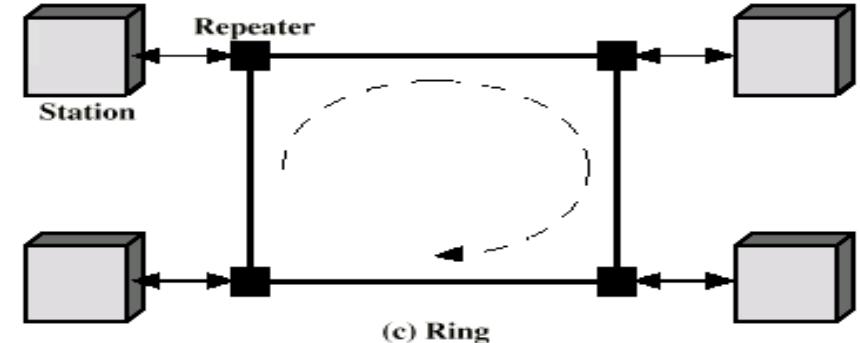
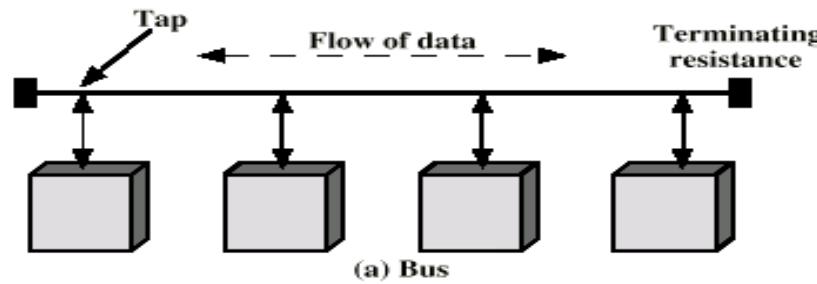
Necesidad subcapa MAC



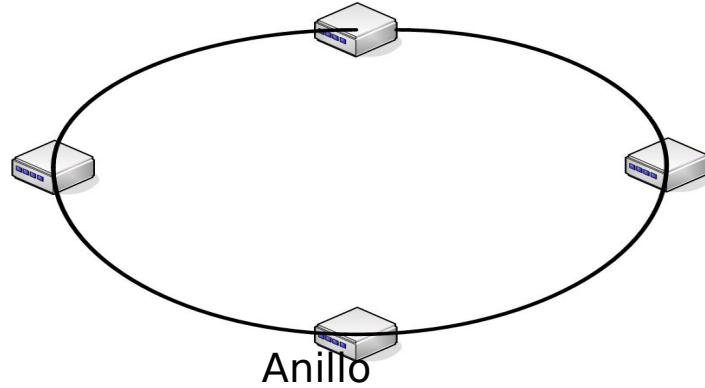
MAN

- Cobertura: desde varios edificios hasta una ciudad entera
- Pueden ser públicas
- Pueden interconectar varias LANs
- Velocidades de datos moderadas

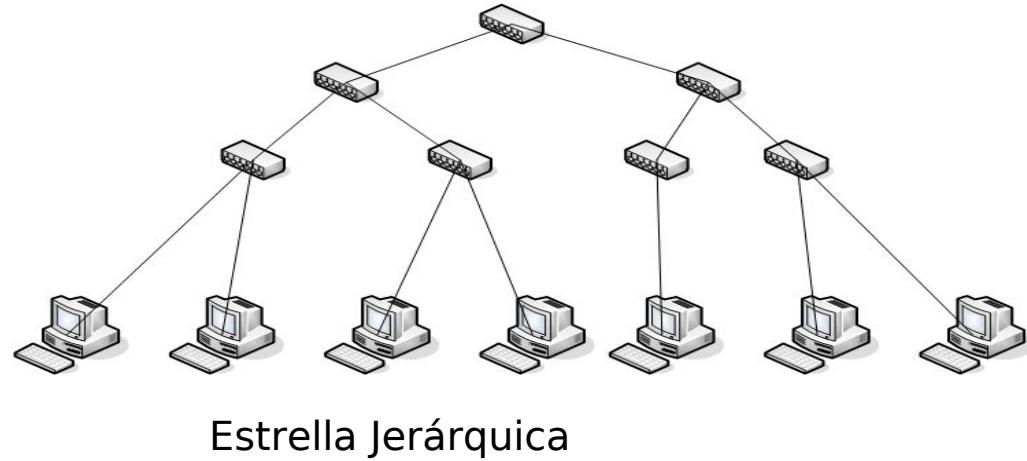
Topologías de las LAN



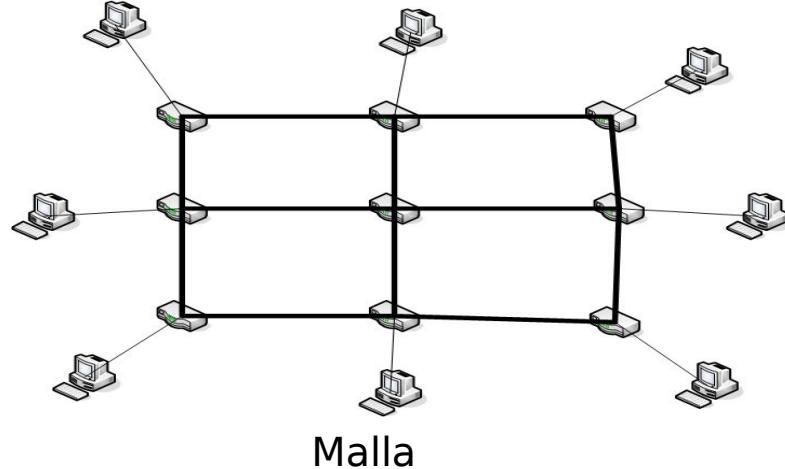
Topologías MAN



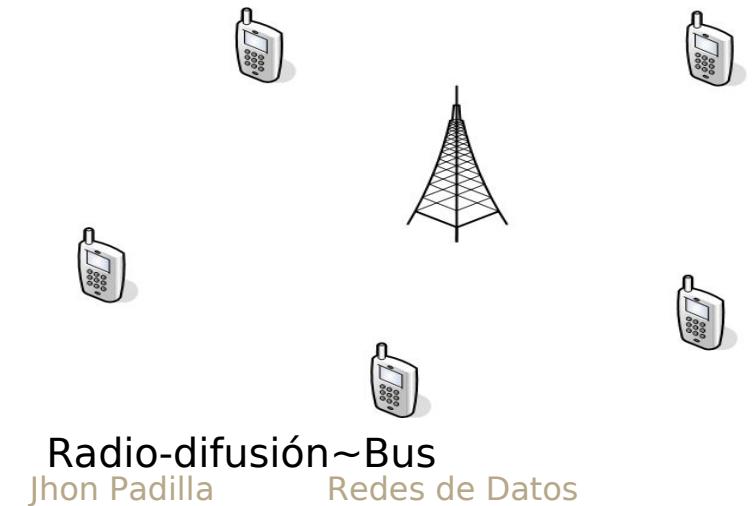
Anillo



Estrella Jerárquica



Malla



Radio-difusión~Bus
Jhon Padilla

Redes de Datos

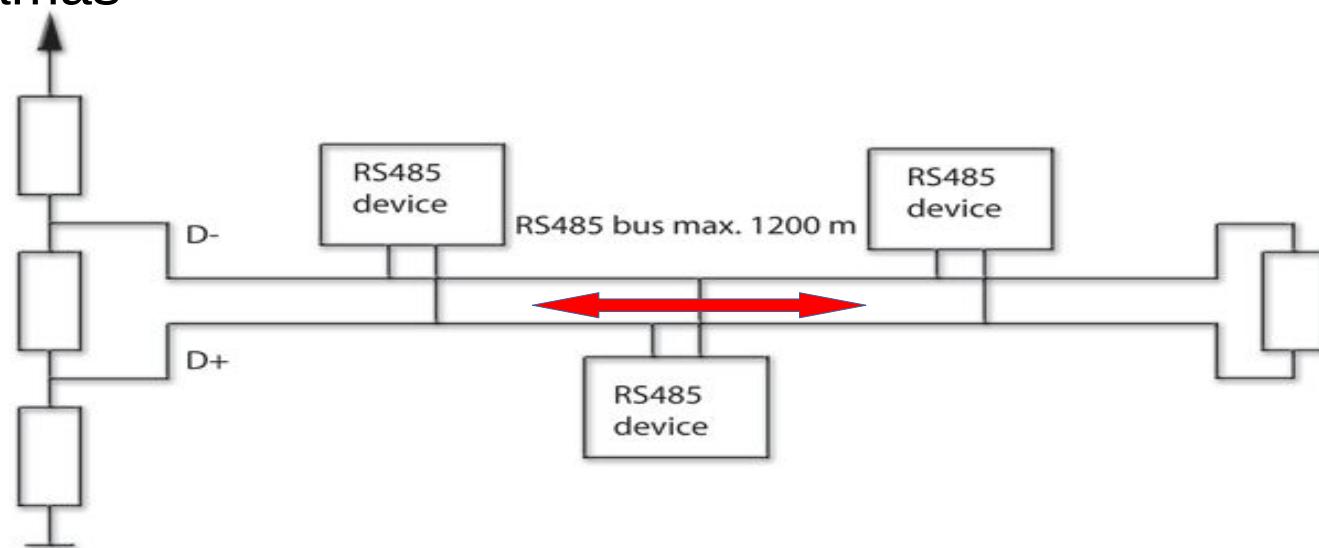


LAN en BUS/ARBOL

Jhon Jairo Padilla Aguilar, PhD.

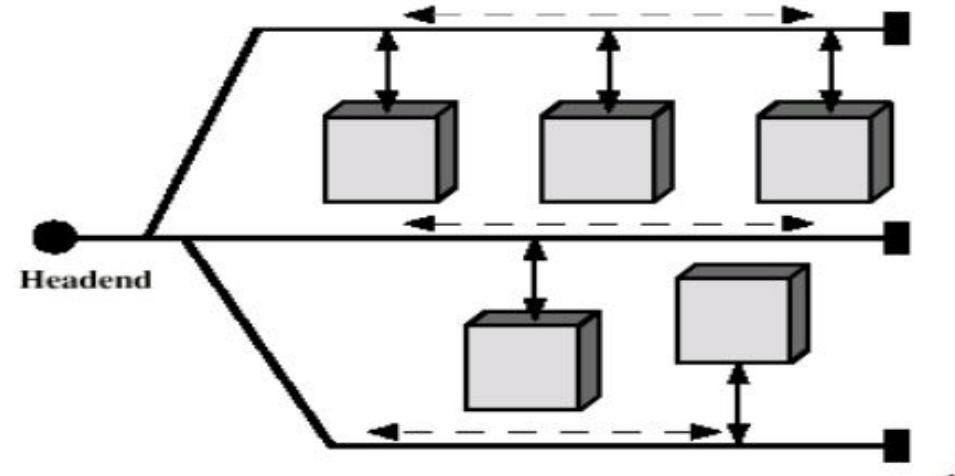
Bus

- Estaciones conectadas al medio de transmisión a través de tomas de conexión (taps).
- Transmisión Full-duplex en cada estación
- Propagación señal en ambas direcciones
- Cada extremo del bus tiene un terminador que absorbe las tramas



Arbol

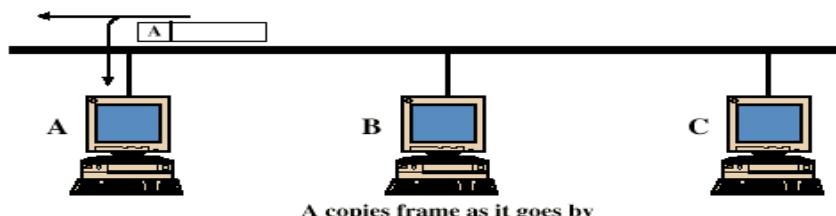
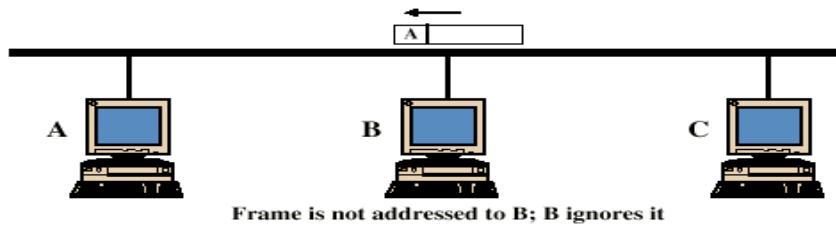
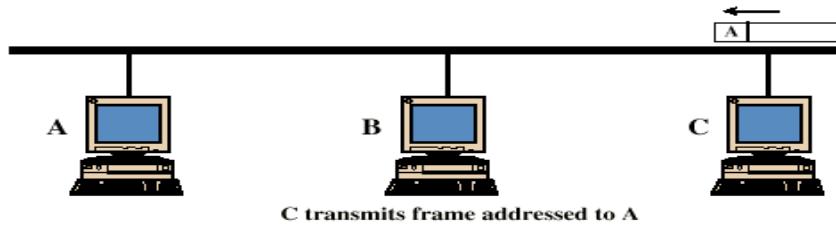
- Generalización del bus
- Medio de transmisión: cable ramificado sin bucles.
- Tiene un punto de inicio llamado raíz (headend), del que parten uno o más cables que a su vez pueden tener ramificaciones.
- La señal alcanza todas las estaciones



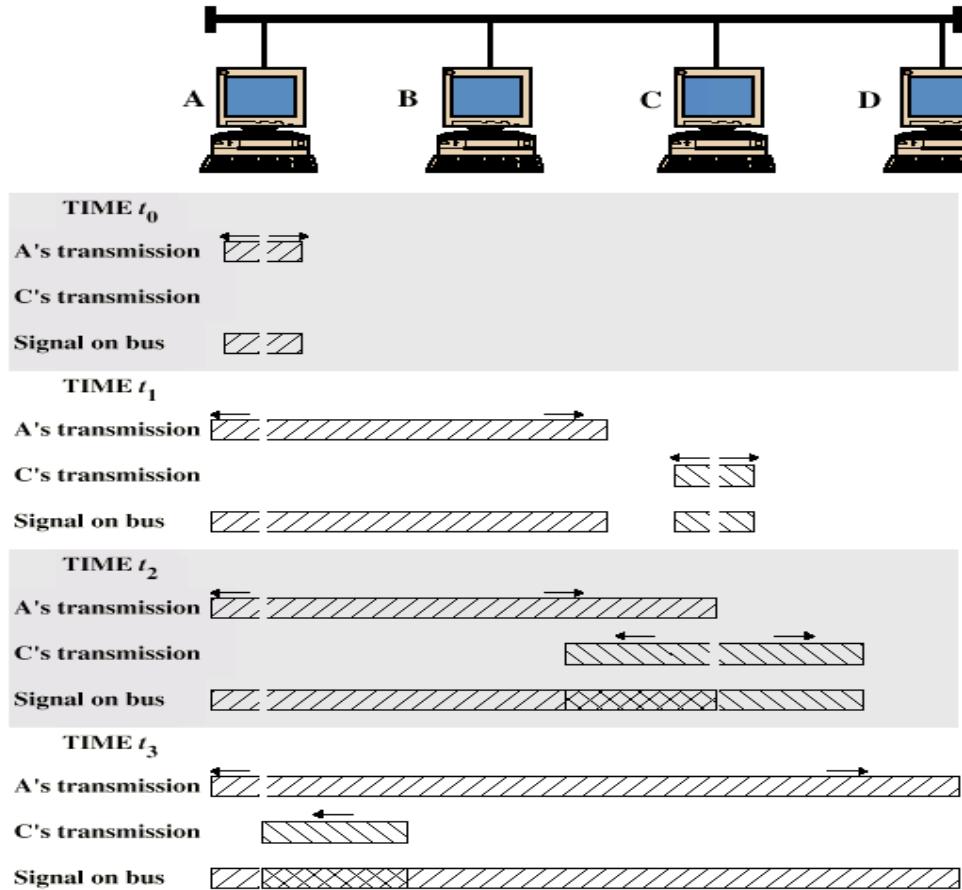
Problemas a resolver en un Bus/Arbol

- Se debe indicar a quién va dirigida la transmisión
- Colisiones
- Regulación del tiempo de transmisión de cada estación
- Las 2 últimas se resuelven mediante un protocolo MAC

BUS: Transmisión de tramas

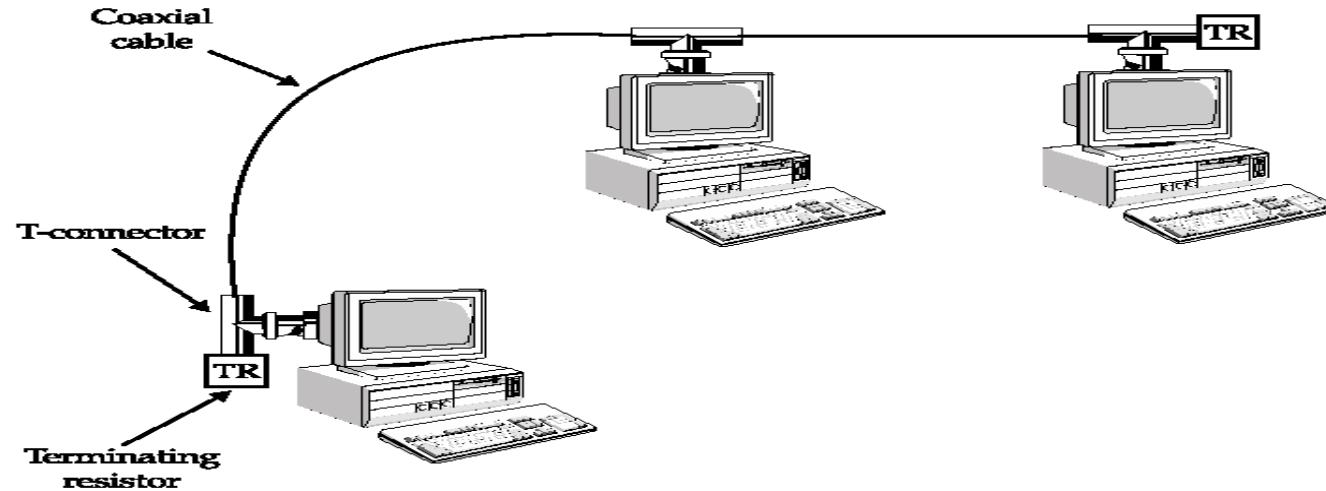


Colisiones en un medio compartido

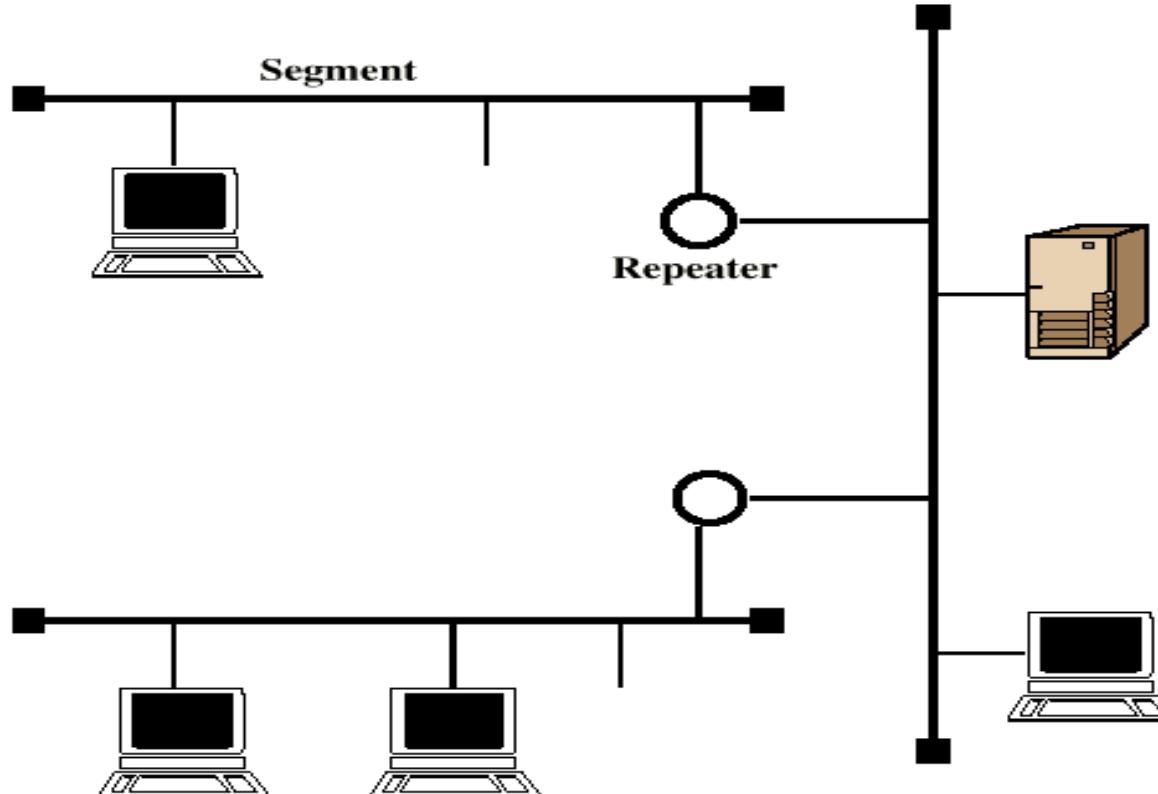


Medios de Transmisión

- Cable Coaxial Banda Base
 - Codificación digital (Manchester)
 - Topología en bus, long. 1-2km
 - Impedancia 50 ohm que evita reflexiones y mejora inmunidad al ruido a bajas frecuencias
 - *Ejemplos:* Ethernet (10BASE5), Cheapernet (10BASE2). La diferencia es el diámetro del cable, que afecta la atenuación.

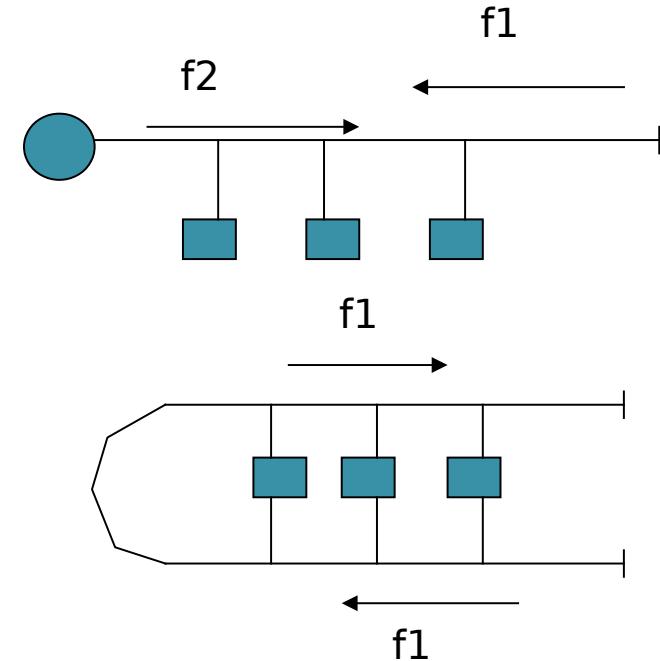


Configuración en banda base con repetidores



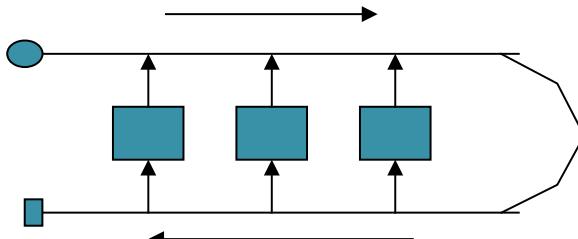
Medios de transmisión

- Cable coaxial banda ancha
 - Uso de modulaciones digitales
 - Se puede usar FDM
 - Permite ramificaciones (arbol, bus)
 - Longitud: Decenas de Km.
 - Es unidireccional pues los conectores son amplificadores analógicos que sólo permiten la transmisión en una dirección

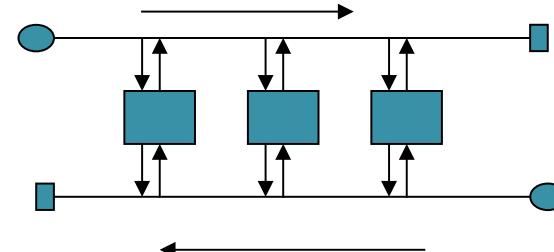


Medios de transmisión

- Fibra Optica
 - Tipos de tomas: Activa (Repetidor), Pasiva (Amplificador)
 - Método de Acceso al Medio: IEEE 802.6 (DQDB- Distributed Queue Dual Bus)

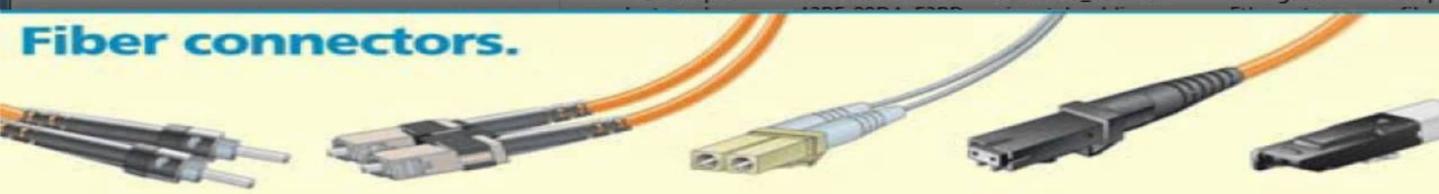


Bus simple



Bus dual

Fiber connectors.



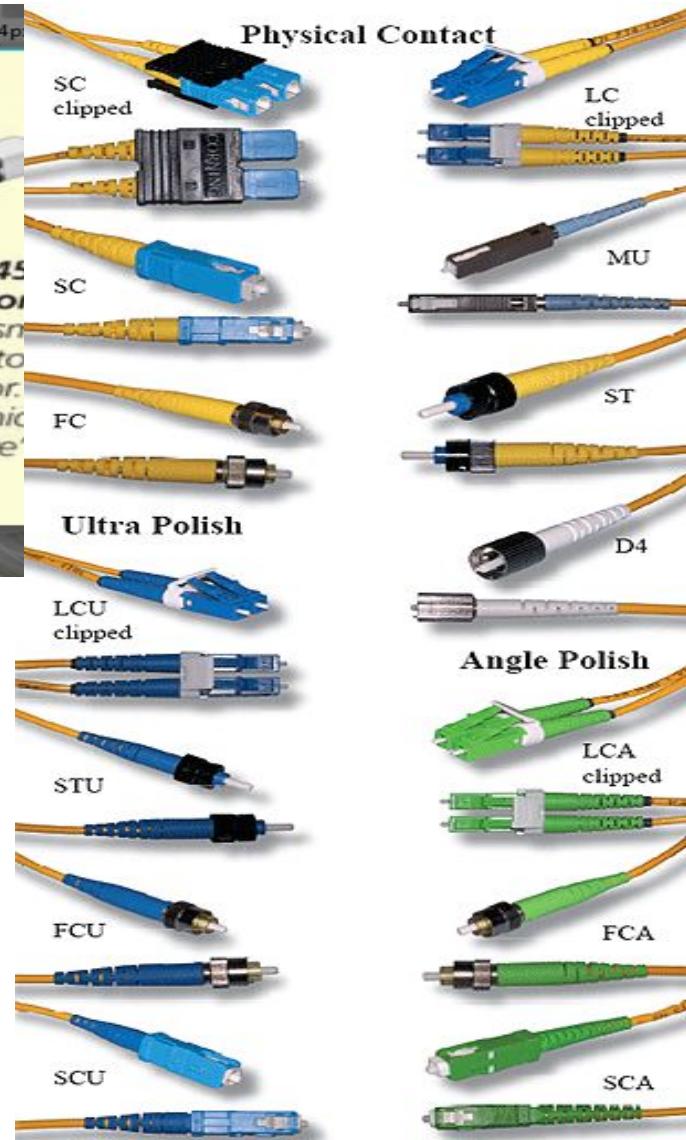
The ST® connector, which uses a bayonet locking system, is the most common connector.

The SC connector features a molded body and a push-pull locking system.

The LC connector, with a small-form-factor connector, features a ceramic ferrule and looks like a mini SC connector.

The MT-RJ connector, a small-form RJ-style connector, features a molded body and uses cleave-and-leave splicing.

The VF-45 connector, another small-form-factor connector, uses a unique "V-groove" design.



Red BUS EIA-485 (dos cables)

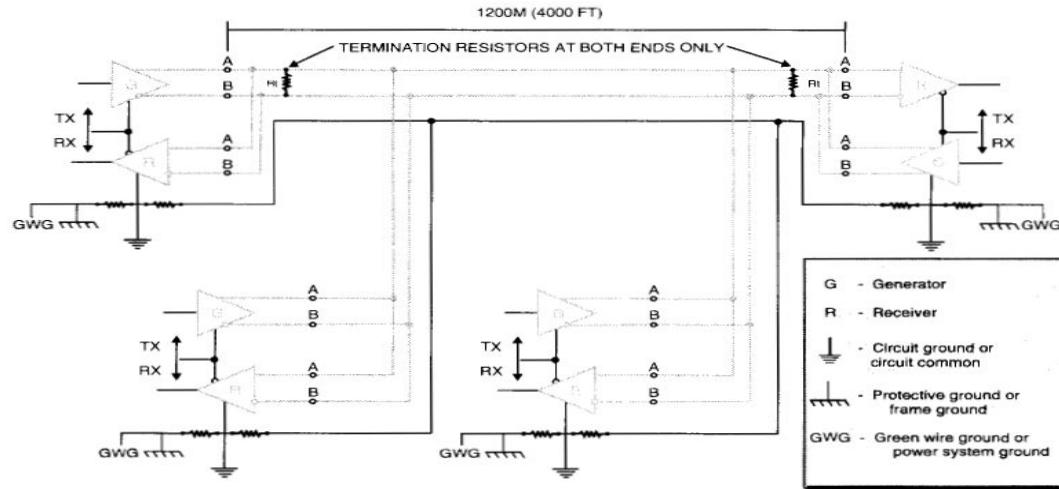


Figure 4.1
Typical two-wire multidrop network

Red Bus EIA-485 con 4 cables

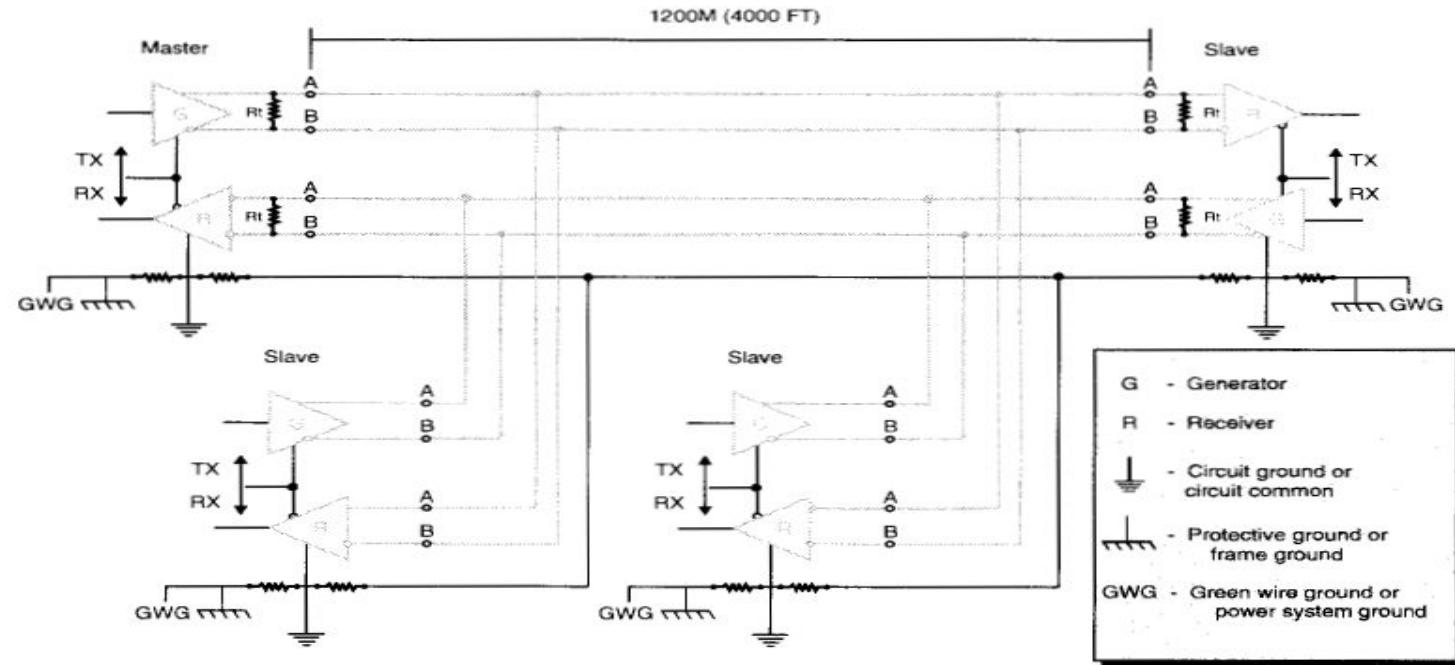


Figure 4.2
Four-wire network configuration

Conectores Profibus



Estándar Profibus



Velocidad	Distancia
9,6 Kbps	1200m
19,2 Kbps	1200m
93,75Kbps	1200m
187,5Kbps	600m
500Kbps	200m
1,5Mbps	200m
12Mbps	100m



LAN/MAN en Anillo

Jhon Jairo Padilla Aguilar, PhD.

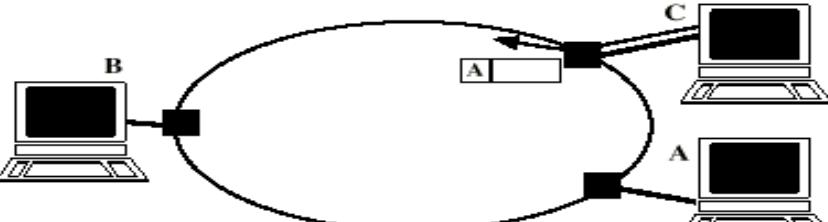
Anillo

- Conjunto de repetidores unidos por enlace punto a punto formando un lazo cerrado
- Repetidor:
 - Recibe y retransmite los datos sin almacenarlos.
- Enlaces unidireccionales
- Los datos circulan en una sola dirección por el anillo
- Cada estación se conecta a la red a través de un repetidor (transmite y recibe sus datos a través de él).

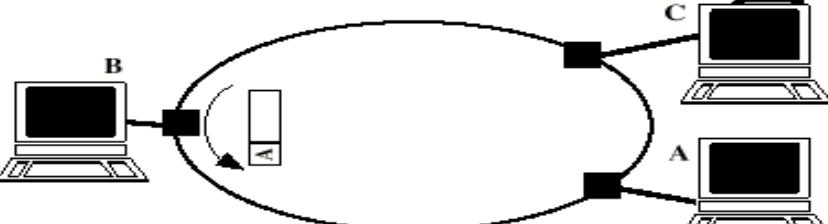
Anillo: Transmisión de tramas

MAC:
-Token Ring
-FDDI

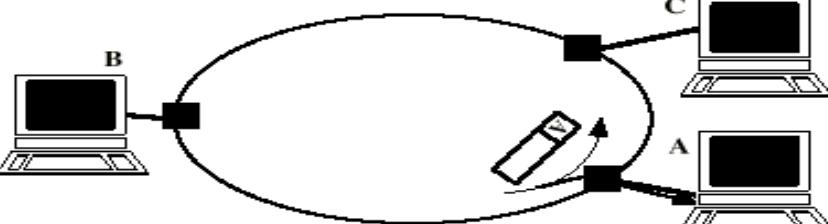
(a) C transmits frame addressed to A



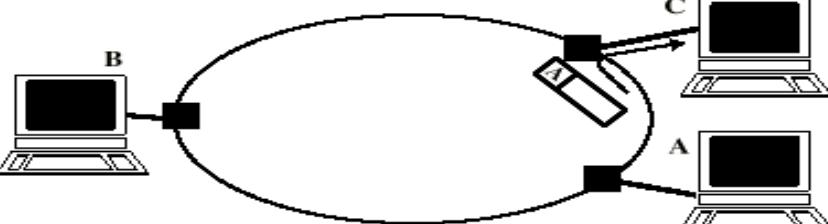
(b) Frame is not addressed to B; B ignores it



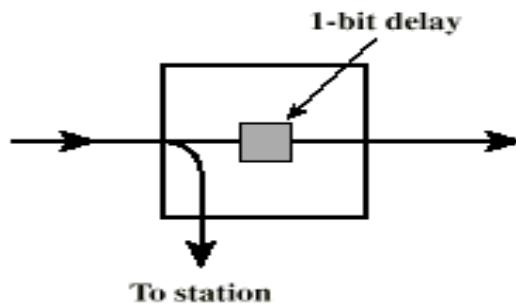
(c) A copies frame as it goes by



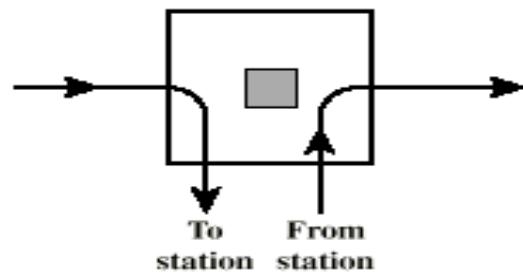
(d) C absorbs returning frame



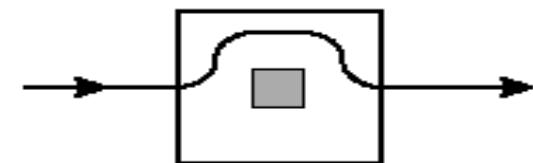
Estados de los repetidores



(a) Listen state



(b) Transmit state

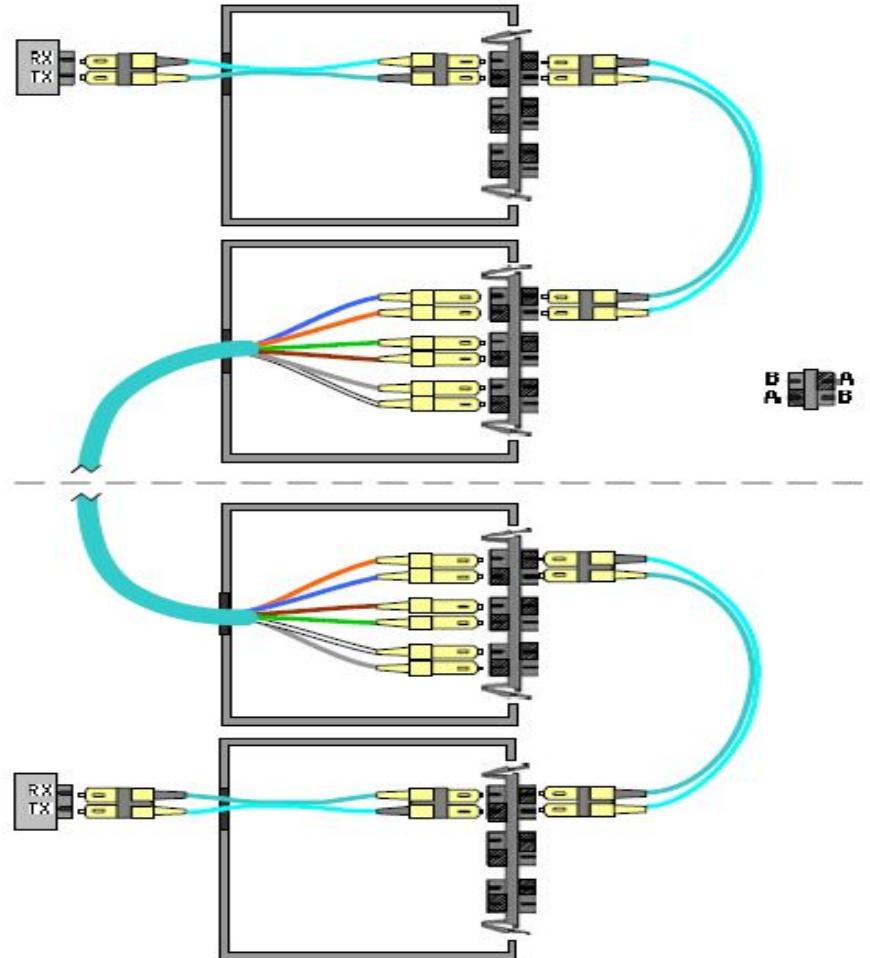


(c) Bypass state

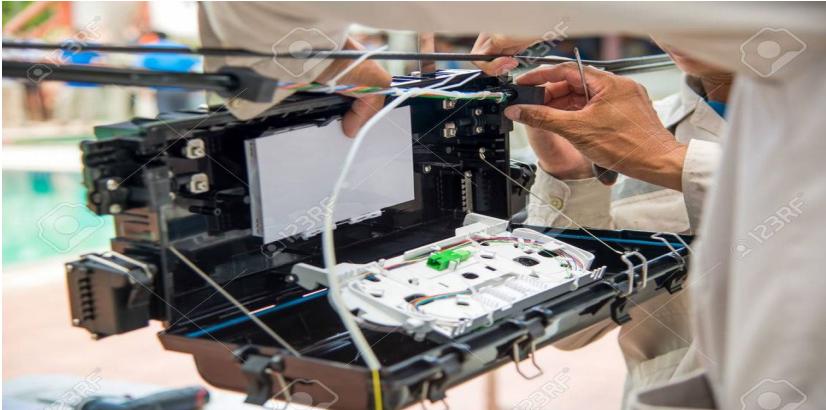
Medios de transmisión

- Par trenzado
- Cable coaxial
- Fibra óptica

Conexiones de fibra óptica



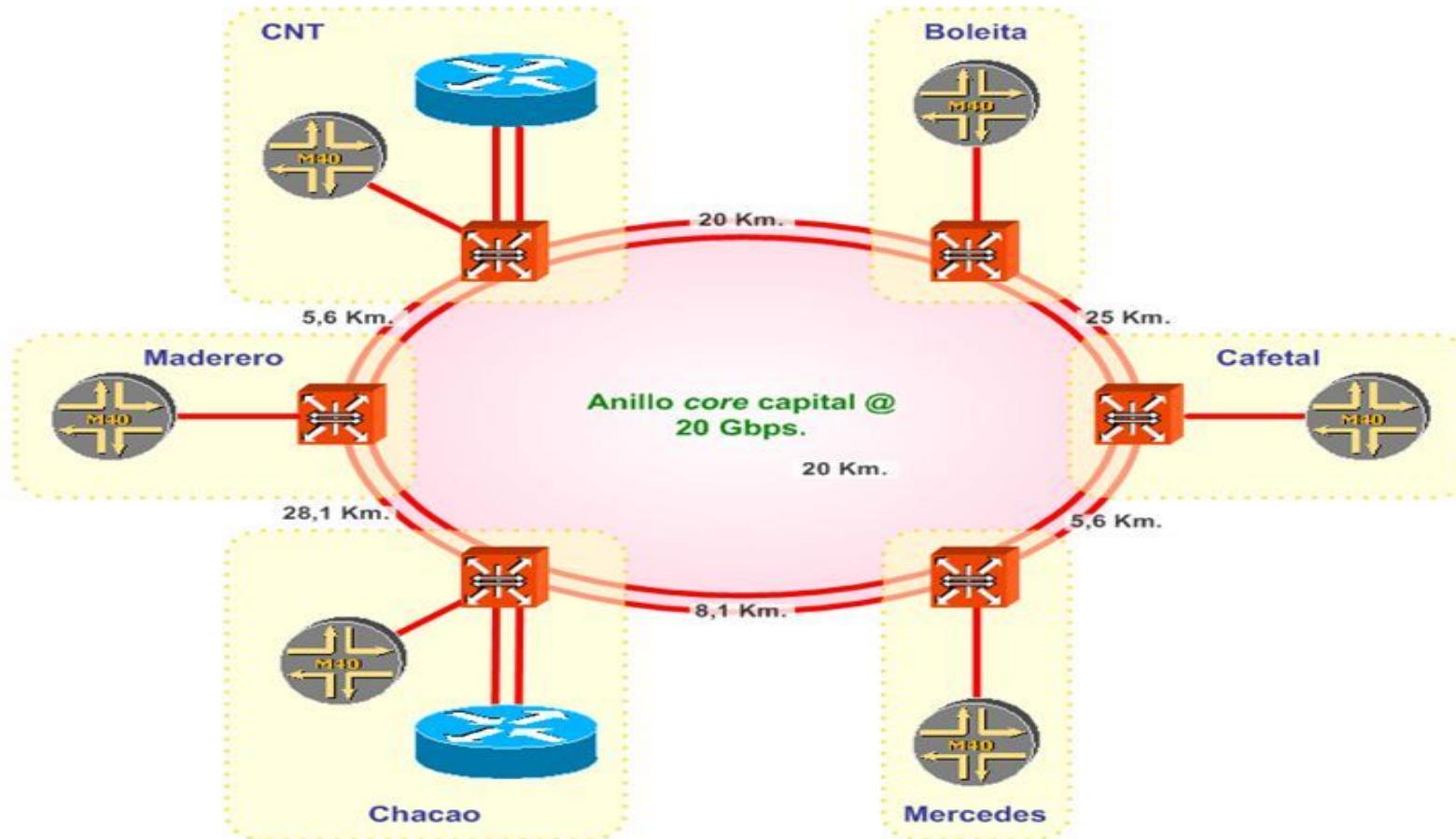
Instalación de fibra óptica



Arquitectura Red MetroEthernet

Topología de Red MetroEthernet

Región Capital: Anillo de Core



Jitter

- En cada repetidor no se elimina la variación en la temporización de los pulsos. Por el contrario, se va acumulando.
- Afecta el tiempo de 1 vuelta del bit (latencia de bit).
- Consecuencias: se recortan bits o se agregan bits a la cadena original.
- Limita el número de repetidores en el anillo
- Soluciones: buffers, equalizadores



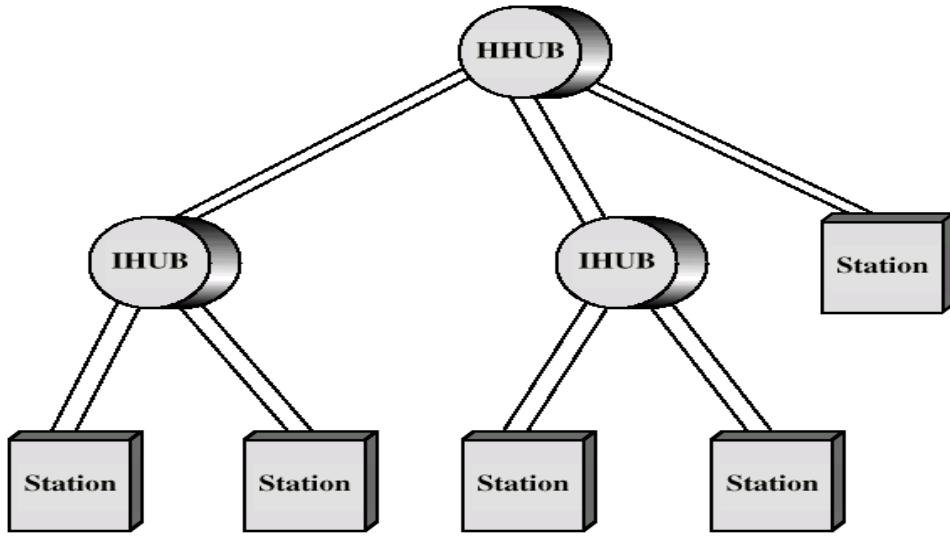
LAN/MAN en estrella

Jhon Jairo Padilla Aguilar, PhD.

Estrella

- Conector central común a todas las estaciones (Hub)
- Cada estación se conecta al centro mediante dos enlaces (Tx, Rx)
- Modos de funcionamiento nodo central:
 - **Modo Difusión:** Una trama se re-tx a todas las demás estaciones (=Bus)
 - **Modo Conmutación de tramas:** Las tramas sólo se retransmiten a la estación destino

Estrella Jerárquica de varios niveles



Esquema de la estrella

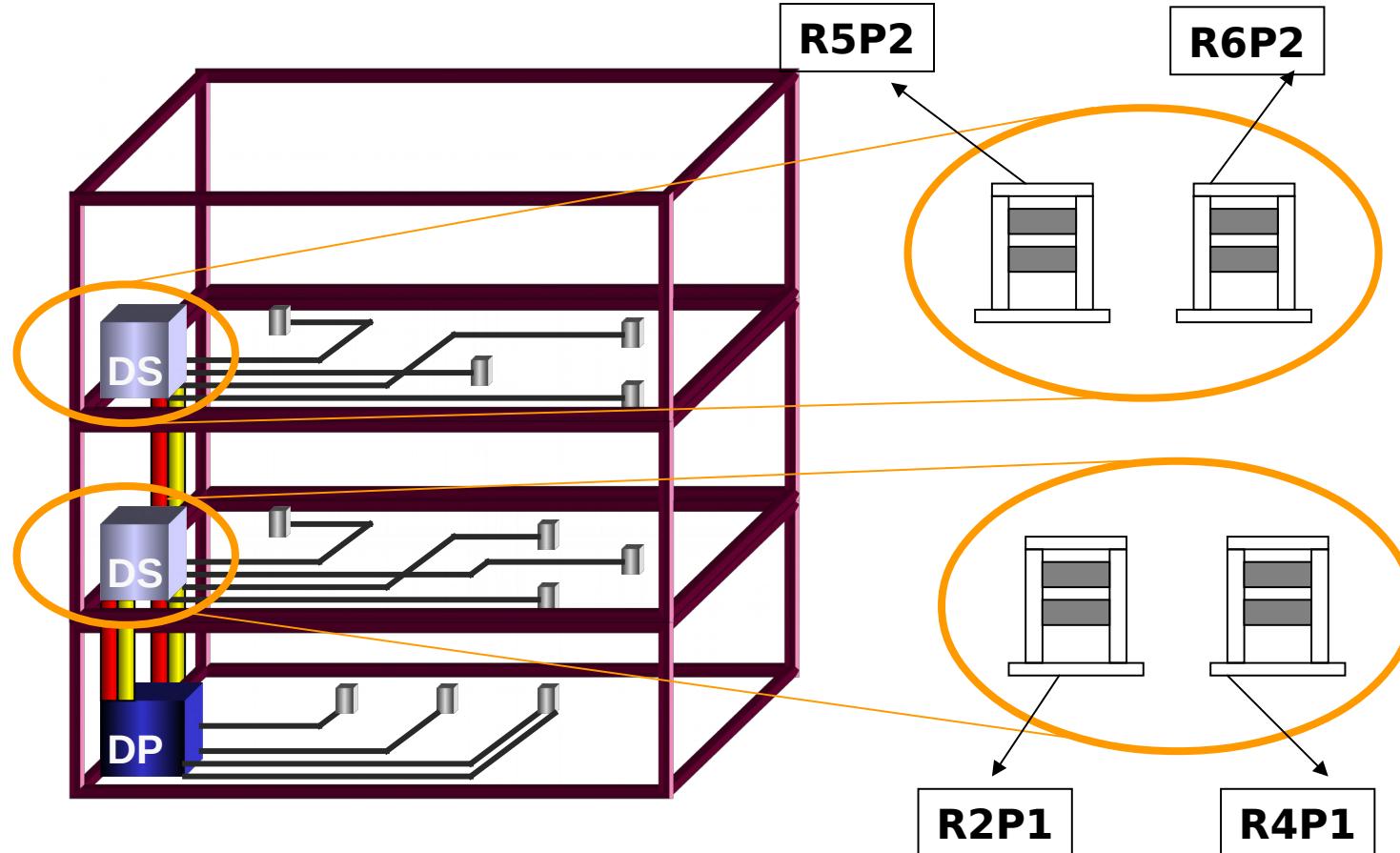


Conexiones en un HUB real

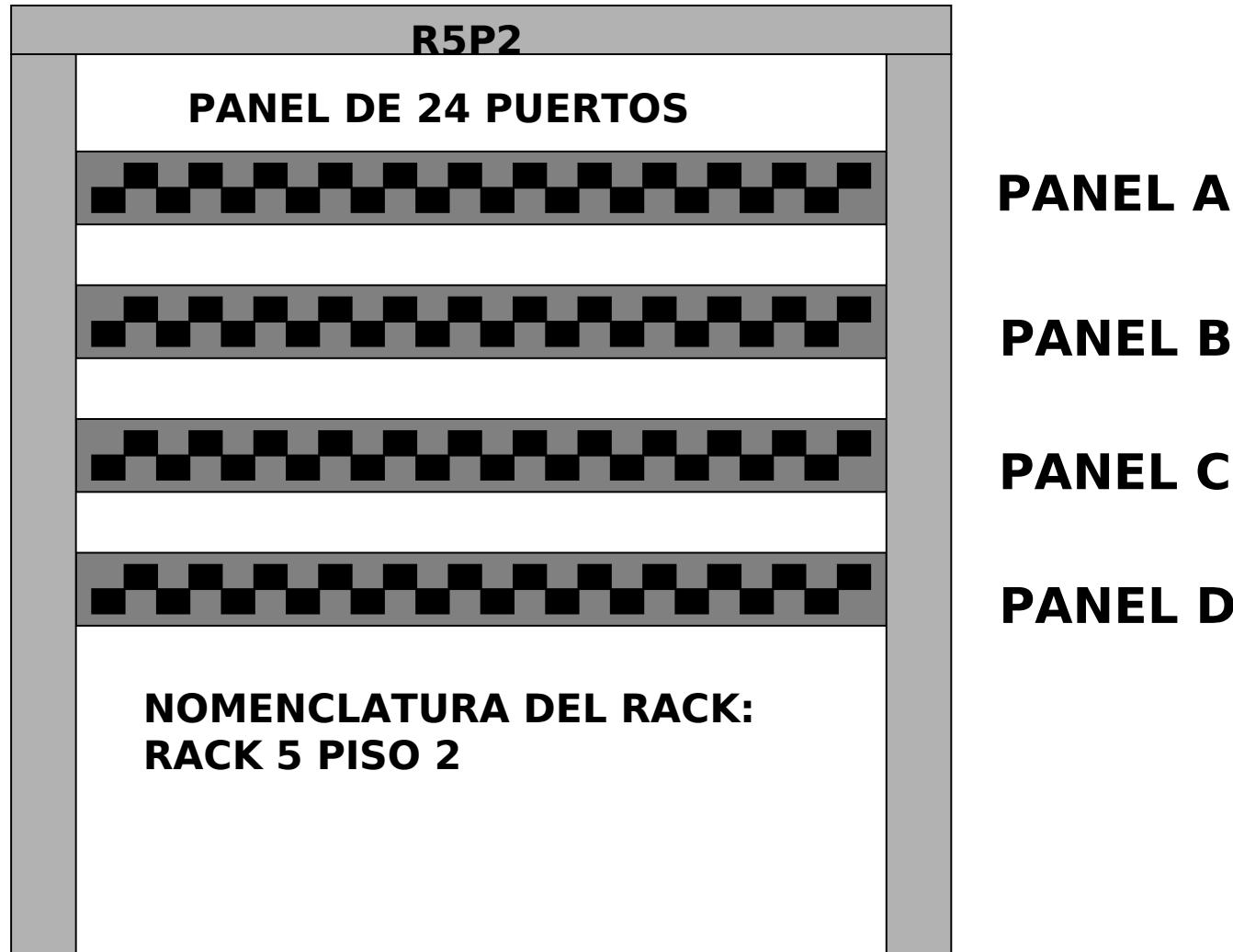


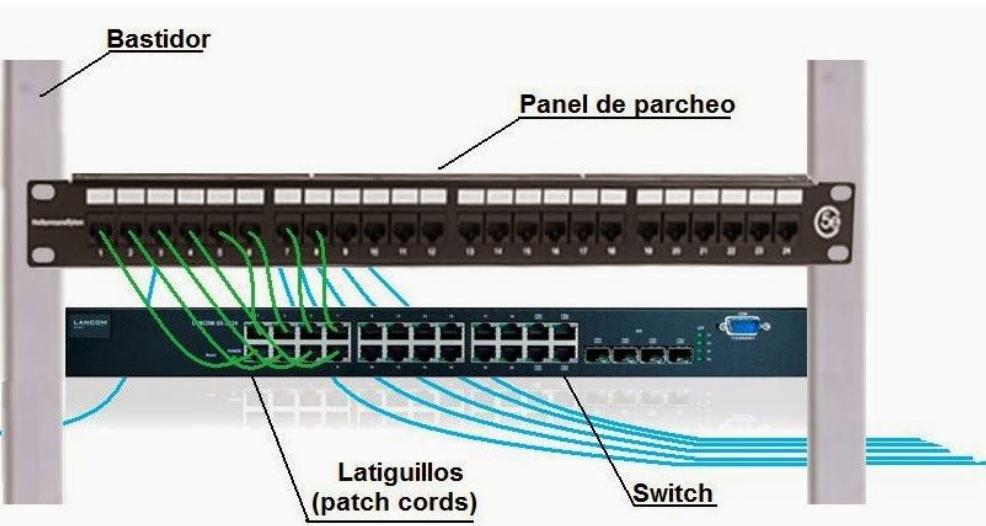
Estrella jerárquica práctica

Estrella jerárquica: Ubicación y distribución en un edificio

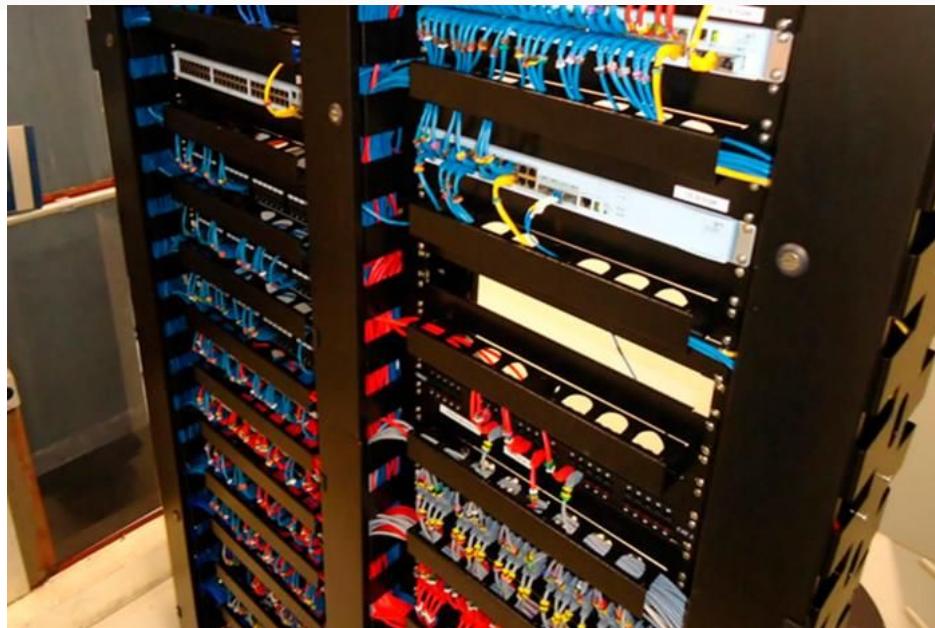


Numeración de los Rack y patch panel



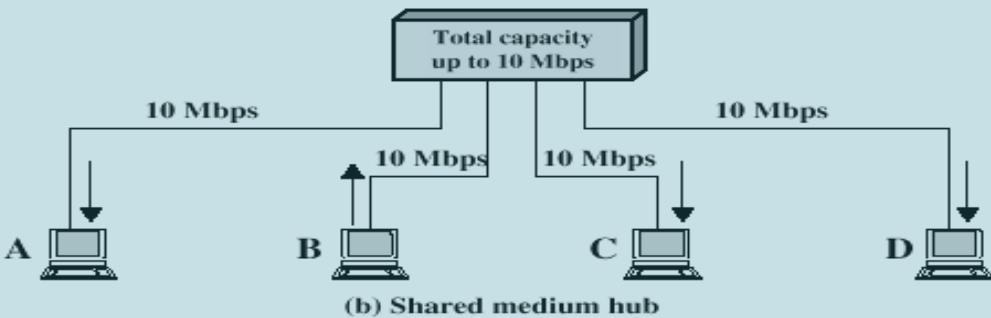
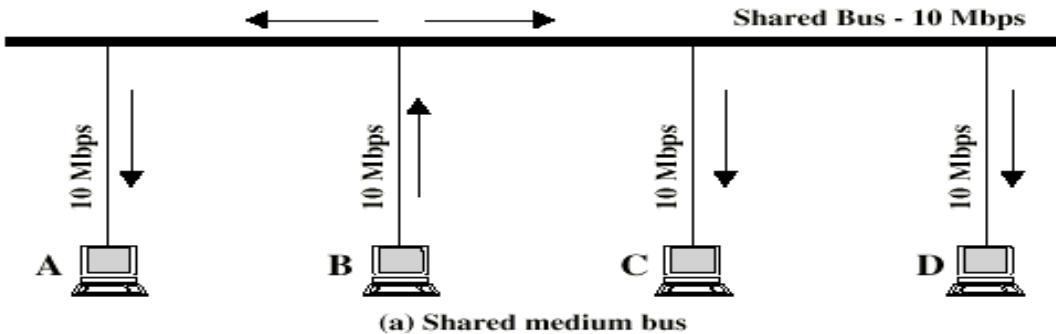


Conexión patch panel a switch

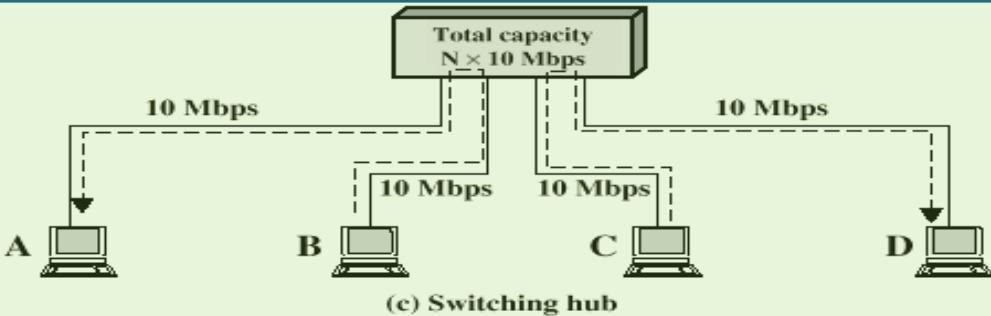


Hubs y Switches:

HUB: Trabaja en Modo Difusión (Repetidor a todos los enlaces). Es similar a un BUS.



SWITCH: Trabaja en Modo de Comunicación de tramas. Disminuye problemas de Colisiones.



Tipos de switches

- Switch de almacenamiento y envío
 - Acepta las tramas, las almacena y las re-envía
 - Mayor fiabilidad, más lento
- Switch rápido:
 - Re-transmite la trama tan pronto recibe la dirección en la cabecera MAC
 - Más rápido, menos fiable

Switches de Capa 2

- Los switch vistos hasta el momento hacen la conmutación de tramas con base en la dirección Ethernet de las tramas (Switch capa 2)
- Problemas:
 - Sobrecarga en difusión (broadcast)
 - Falta de enlaces múltiples (los estándares permiten un solo camino entre usuarios)

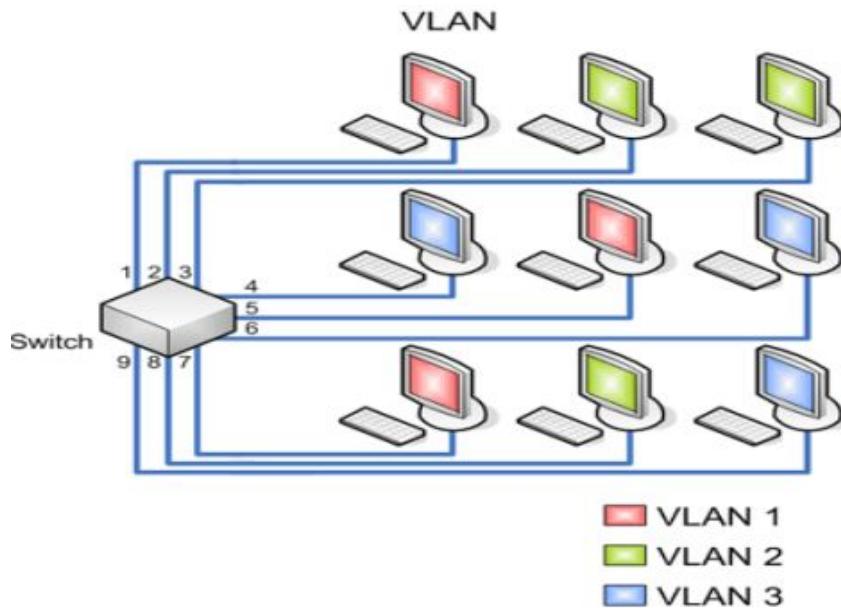
Sobrecarga de difusión

- Existen direcciones de broadcast:
 - Las tramas enviadas a estas direcciones llegan a todos los usuarios de un switch capa 2
 - Demasiadas tramas de difusión generan congestión
- Tormenta de difusión:
 - Un dispositivo defectuoso puede insertar tramas de difusión de forma descontrolada y congestionar la red

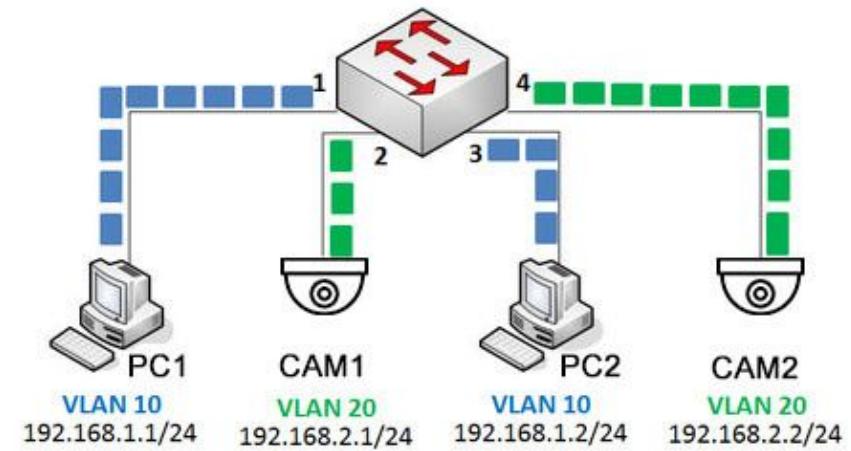
Switch capa 3

- Realiza la conmutación de paquetes a nivel de capa 3 (Internet).
- Diferencia paquetes por la dirección IP
- Permite organizar VLANs (Redes LAN Virtuales):
 - Los computadores de una VLAN no se ven con los de otra VLAN así estén conectados al mismo Switch.
- La conmutación la hacen por Hardware en lugar de Software (Rapidez)

Aplicación de las VLAN



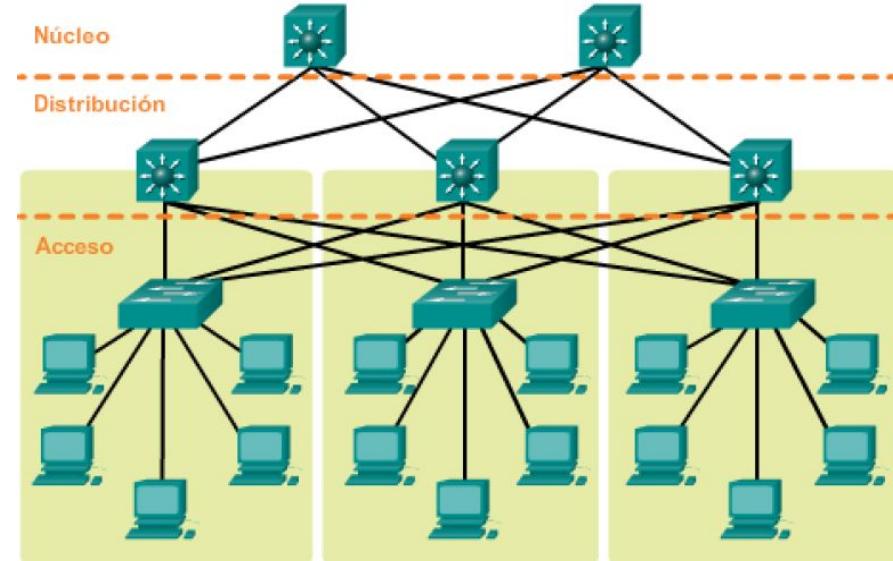
Segmentación de la red
usando VLANs



Ejemplo de uso de
VLANs para separar
usuarios de diferentes
tipos

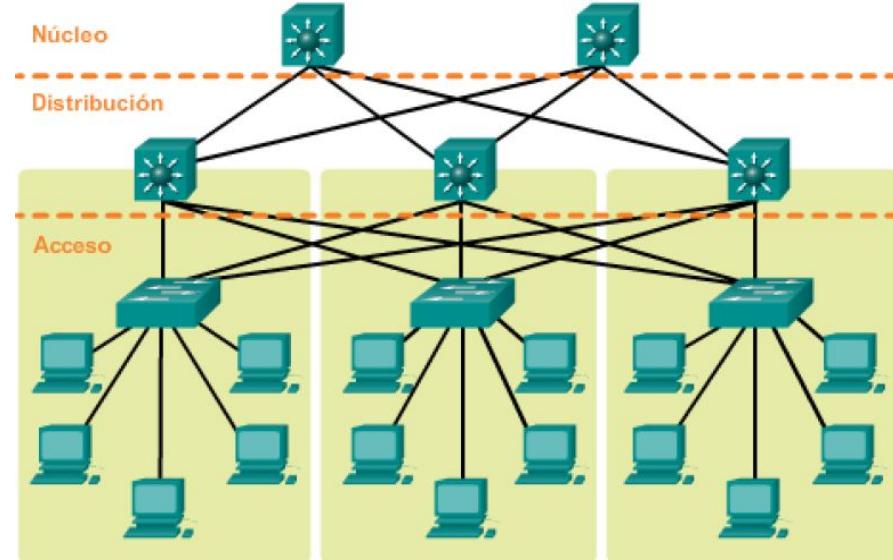
Jerarquía de Red

- Un diseño típico de red LAN jerárquica de campus empresarial incluye las siguientes tres capas:
 - **Capa de acceso:** proporciona acceso a la red para los grupos de trabajo y los usuarios.
 - **Capa de distribución:** proporciona una conectividad basada en políticas y controla el límite entre las capas de acceso y de núcleo.
 - **Capa de núcleo:** proporciona un transporte rápido entre los switches de distribución dentro del campus empresarial.



Organización de las redes LAN en estrella

- Capa de Acceso:
 - Conexión directa a usuarios
 - Comutadores capa 2
 - Puntos de Acceso inalámbricos
- Capa distribución:
 - Comutadores capa 3 que interconectan los comutadores capa 2 al núcleo de la red
- Capa Núcleo:
 - Comutadores capa 3 que transportan todo el tráfico de la red





Estándares LAN Bus/Estrella

Ethernet (10 Mbps)

Norma IEEE 802.3 a 10Mbps

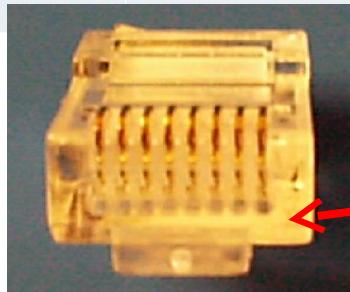
Nomenclatura:

<Tasa de datos><Método de señalización><Max Long. segmento>

Característica	10Base5	10Base2	10Base-T	10Base-FP
Medio	Coaxial	Coaxial	UTP (Par trenzado no apantallado)	Fibra Optica 850nm
Señalización	Banda Base-Manchester	Banda Base-Manchester	Banda Base-Manchester	Manchester On/Off
Topología	Bus	Bus	Estrella	Estrella
Nodos	100	30	-	33

Fast Ethernet (100 Mbps)

Tecnología	100 Base-TX	100 Base-FX	100 Base-T4	
Medio de Tx	2 pares STP (par trenzado apantallado)	2 pares UTP categoría 5	2 Fibras ópticas	4 pares categorías 3,4,5,6,7
Señalización	MLT-3	MLT-3	4B5B/NRZI	8B6T/NRZ
Long. Max segmento	100m	100m	100m	100m
Cobertura red	200m	200m	400m	200m



Conector RJ-45



Cable UTP cat 5,6,7

Codificación 8B6T para Ethernet

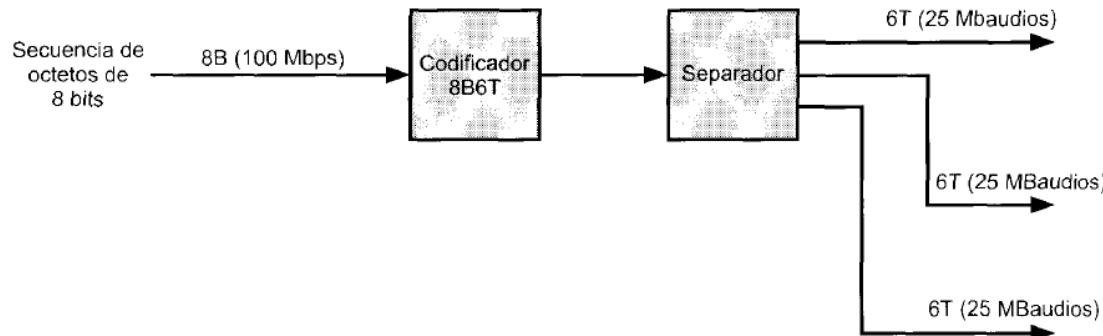


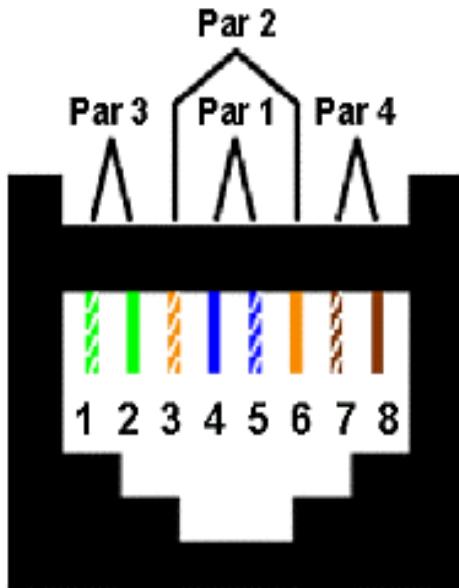
Tabla 14.7. Porción de la tabla de código 8B6T.

Octeto de datos	Grupo de código 6T	Octeto de datos	Grupo de código 6T	Octeto de datos	Grupo de código 6T	Octeto de datos	Grupo de código 6T
00	+ - 00 + -	10	+ 0 + ~ - 0	20	00 ~ + + -	30	+ - 00 - +
01	0 + - + - 0	11	+ + 0 ~ 0 -	21	- ~ + 00 +	31	0 + - - + 0
02	+ - 0 + - 0	12	+ 0 + - 0 -	22	+ + - 0 + -	32	+ - 0 - + 0
03	- 0 + + - 0	13	0 + + - 0 -	23	+ + - 0 - +	33	- 0 + - + 0
04	- 0 + 0 + -	14	0 + + ~ - 0	24	00 + 0 - +	34	- 0 + 0 - +
05	0 + - - 0 +	15	+ + 00 - -	25	00 + 0 + -	35	0 + - - + 0
06	+ - 0 - 0 +	16	+ 0 + 0 - -	26	00 - 00 +	36	+ - 0 + 0 -
07	- 0 + - 0 +	17	0 + + 0 - -	27	- - + + + -	37	- 0 + + 0 -
08	- + 00 + -	18	0 + - 0 + -	28	- 0 - + + 0	38	- + 00 - - +
09	0 - + + - 0	19	0 + - 0 - +	29	- - 0 + 0 +	39	0 - + - + 0
0A	- + 0 + - 0	1A	0 + - + + -	2A	- 0 - + 0 +	3A	- + 0 - + 0
0B	+ 0 - + - 0	1B	0 + - 00 +	2B	0 - - + 0 +	3B	+ 0 - - + 0
0C	+ 0 - 0 + -	1C	0 - + 00 +	2C	0 - - - + 0	3C	+ 0 - 0 - +
0D	0 - + - 0 +	1D	0 - + + + -	2D	- - 00 ++	3D	0 - + + 0 -
0E	- + 0 - 0 +	1E	0 - + 0 - +	2E	- 0 - 0 + +	3E	- + 0 + 0
0F	+ 0 - - 0 +	1F	0 - + 0 + -	2F	0 - - 0 + +	3F	+ 0 - + 0 -

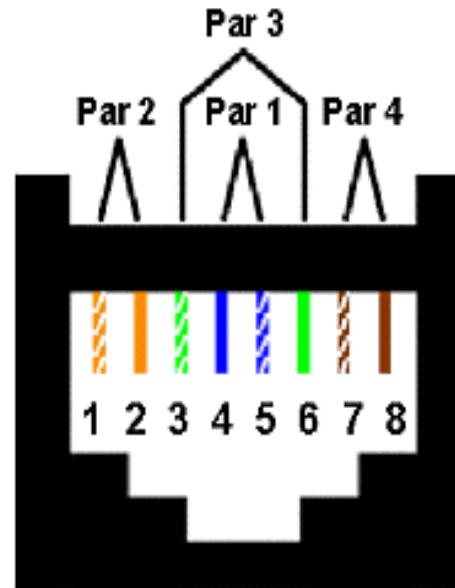
Mapa de Cables

Asignación pin/par

568A



568B (opcional)



568A → 568A

568B → 568B

PC a SWITCH

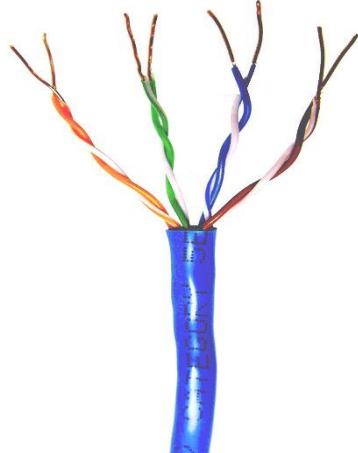
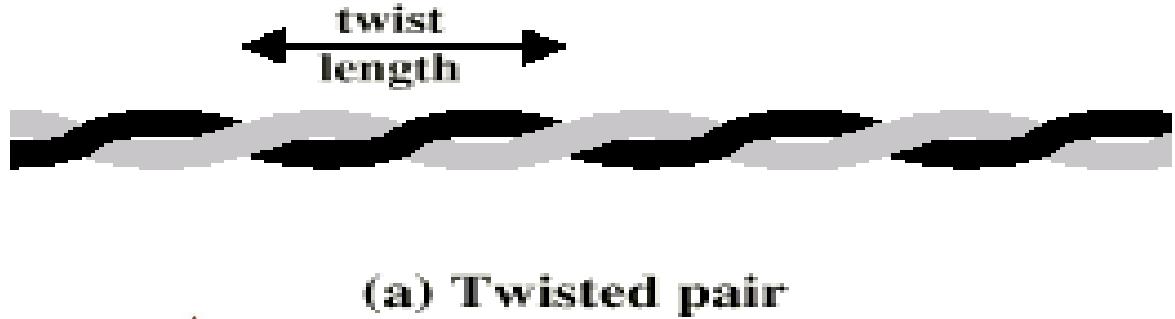
568A → 568B

568B → 568A

PC a PC (Crossover)

Par Trenzado

- Separately insulated
- Twisted together
- Often "bundled" into cables
- Usually installed in building during construction



Par Trenzado- Aplicaciones

- ▶ Es un medio muy común hoy en día
- ▶ Red telefónica
 - ▶ Entre la casa y la central local: bucle de abonado (subscriber loop)
- ▶ Entre edificios
 - ▶ En los conmutadores (private branch exchange -PBX)
- ▶ En Redes de Area Local (LAN)
 - ▶ 10Mbps, 100Mbps, 1000 Mbps



Par trenzado – Pros y Contras

- ▶ Barato
- ▶ Fácil de manipular
- ▶ Hoy en día se consiguen altas velocidades
- ▶ Distancias cortas



Par Trenzado- Características de Transmisión

- ▶ Sistemas Analógicos
 - ▶ Amplificadores cada 5km a 6km
- ▶ Sistemas Digitales
 - ▶ Usan señales analógicas y digitales
 - ▶ Repetidores cada 2km o 3km
- ▶ Distancia Limitada
- ▶ Velocidades de hasta 1Gbps
- ▶ Susceptible a interferencia y ruido



Categorías UTP

- ▶ Cat 3
 - ▶ Hasta 16MHz
 - ▶ Voice grade found in most offices
 - ▶ Distancia del trenzado: 7.5 cm a 10 cm
- ▶ Cat 4
 - ▶ Hasta 20 MHz
- ▶ Cat 5/5E
 - ▶ Hasta 100MHz
 - ▶ Utilizado comunmente en redes de oficinas
 - ▶ Distancia del trenzado: 0.6 cm a 0.85 cm
- ▶ Cat 6/6A
 - ▶ Hasta 1000 MHz
 - ▶ Utilizado comunmente en redes de oficinas



Par trenzado Apantallado y No Apantallado

▶ **UTP (Unshielded Twisted Pair):**

Es un cable sin apantallamiento, muy utilizado en entornos domésticos o de oficina y nada recomendable en casos de cables muy largos que van por dentro de la pared.

▶ **FTP (Foiled Twisted Pair):**

Los pares de cables van trenzados y también están sin apantallar, pero tienen una protección global que los protege a todos a la vez. También se recomiendan para uso doméstico.

▶ **STP (Shielded Twisted Pair):**

Cada par de cables trenzados están recubiertos de forma individual por una malla conductora, que actúa como apantallamiento. Son recomendables para instalaciones que van entre paredes, Redes industriales con campos electromagnéticos fuertes.

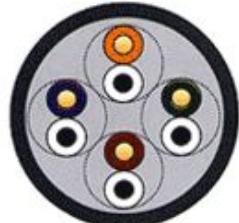
▶ **SFTP (Shield Foiled Twisted Pair):**

En instalaciones entre paredes de larga longitud se suelen emplear estos cables, más costosos, pero también más protegidos. Los pares trenzados de cable están apantallados por una malla protectora individual y a su vez tiene un recubrimiento global para todos los cables.

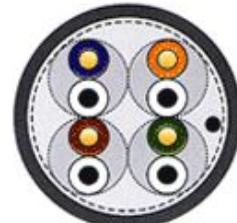
Costo Aumenta



Tipos de par trenzado según apantallamiento



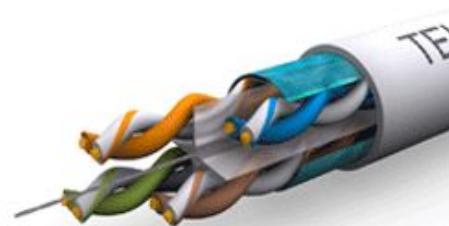
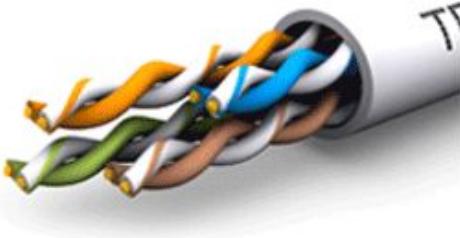
UTP



FTP



STP



Mayor Protección contra Interferencias,
Mayores Costos



Cuáles son las categorías de un cable de red

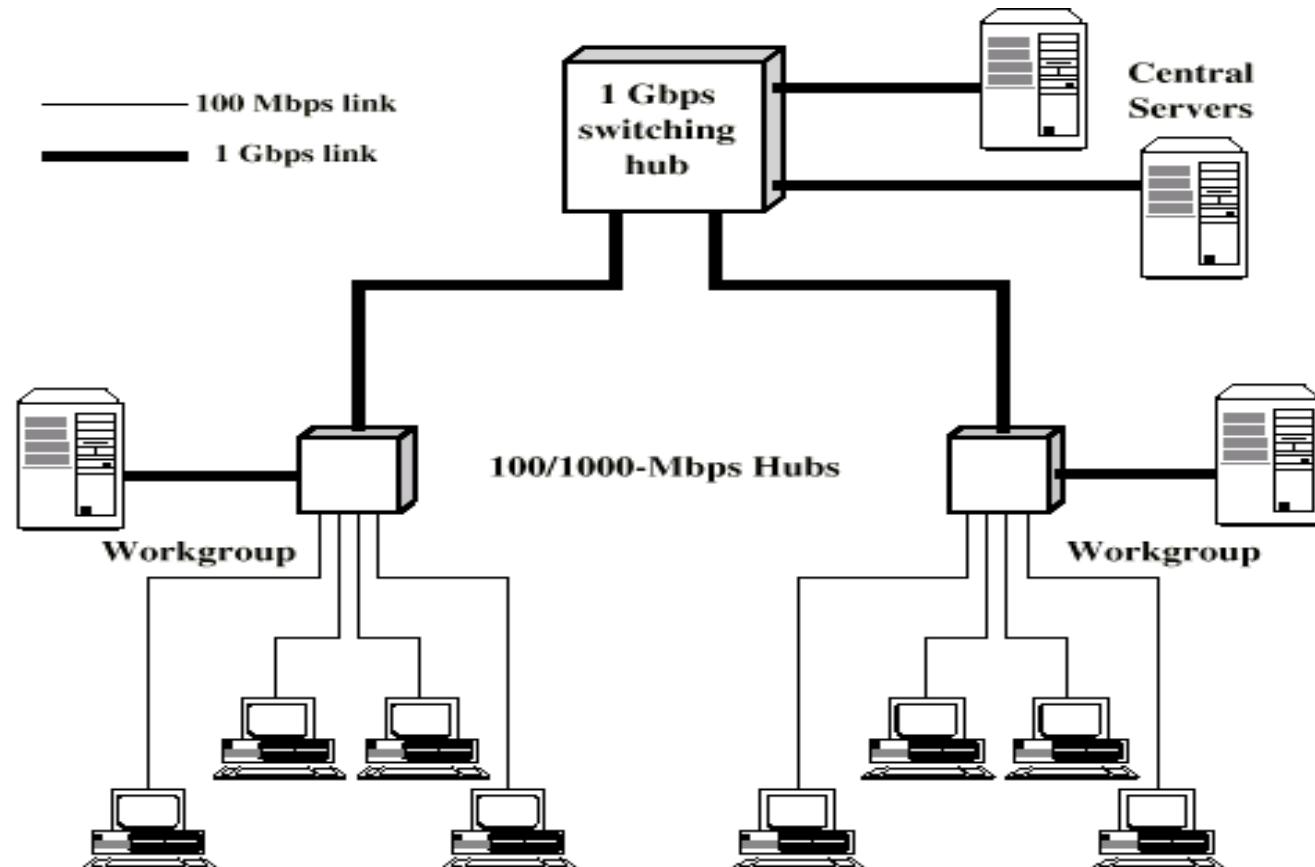
CATEGORÍA	VELOCIDAD	FRECUENCIA	VELOCIDAD DE DESCARGA
ETHERNET CAT 5	100 Mbps	100 MHz	15,5 MB/s
ETHERNET CAT 5E	1.000 Mbps	100 MHz	150,5 MB/s
ETHERNET CAT 6	1.000 Mbps	250 MHz	150,5 MB/s
ETHERNET CAT 6A	10.000 Mbps	500 MHz	1.250 MB/s ó 1,25 GB/s
ETHERNET CAT 7	10.000 Mbps	600 MHz	1,25 GB/s
ETHERNET CAT 7A	10.000 Mbps	1.000 MHz	1,25 GB/s
ETHERNET CAT 8	40.000 Mbps	2.000 MHz	5 GB/s



Gigabit Ethernet

- Velocidad: 1000Mbps
- Similar a Fast Ethernet
 - Usa CSMA/CD
 - Formato tramas igual a Ethernet y Fast Ethernet
- Variaciones
 - Adición de símbolos de relleno (mantienen duración de 4096 bits)
 - Ráfagas de tramas: Puede transmitir varias tramas pequeñas sin perder el control del medio
- Medios Tx: Fibra óptica, par trenzado apantallado y no apantallado

Configuración de Gigabit Ethernet

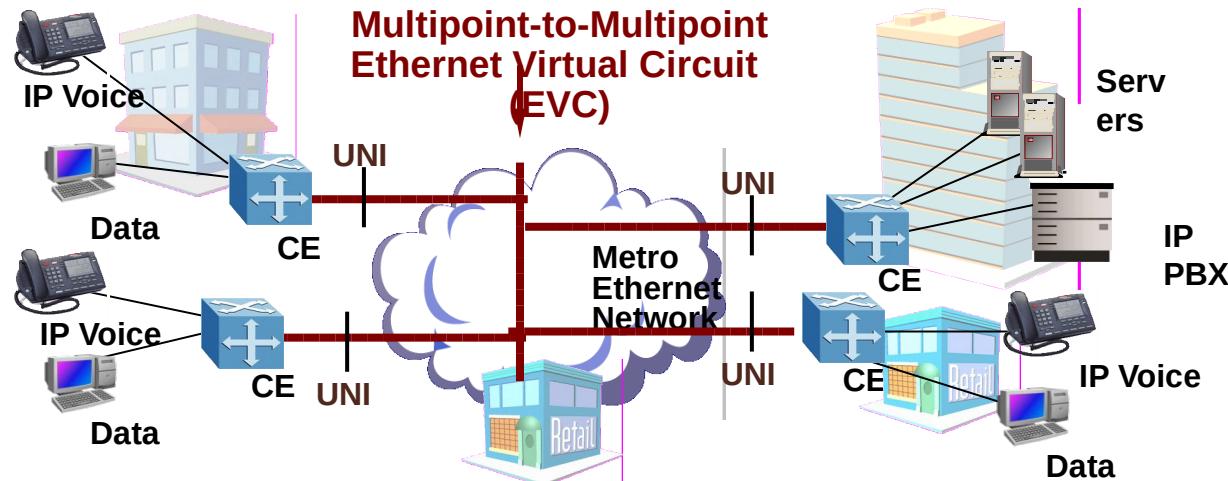


Características Físicas Gigabit Ethernet

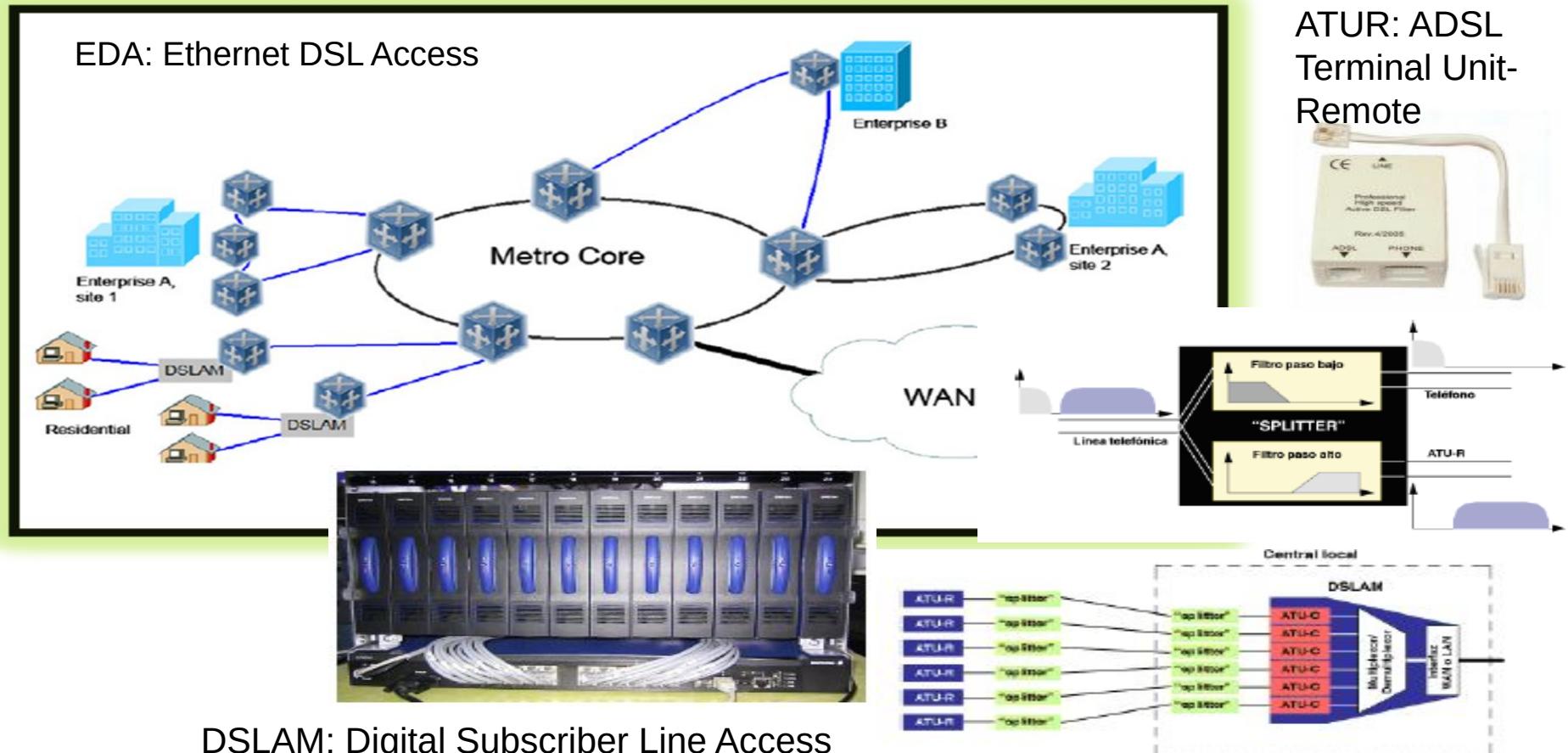
Tecnología	1000Base-SX	1000Base-LX	1000Base-CX	1000Base-T
Medio Tx	Fibra multimodo, Longitud de onda corta	Fibra mono-modo ó multi-modo, Long. De onda Larga	STP, Longitud<25 m	4 pares UTP categ. 5 (última categoría: 7A)
Señalización	8B/10B	8B/10B	8B/10B	8B/10B

Ethernet a 10 Gbps

- Permiten la construcción de redes MAN (MetroEthernet) e incluso WAN
- Interconectan LANs dispersas geográficamente
- Ventajas:
 - No requiere conversión de paquetes a otras tecnologías
 - Políticas de QoS
 - Utiliza interfaces ópticas estándares
 - Distancias hasta 40 km en los enlaces



Ejemplo de una MetroEthernet



DSLAM: Digital Subscriber Line Access Multiplexer

Jhon Padilla

Redes de Datos

Tecnologías Ethernet a 10 Gbps

Tecnología	Tipo Fibra	Distancia
10GBASE-S (corta)	850nm, fibra multimodo	300m
10GBASE-L (larga)	1310nm, fibra monomodo	10km
10GBASE-E (Extendida)	1550nm, fibra monomodo	40Km
10GBASE-LX4	1310nm, fibra monomodo ó multimodo	10Km (Multiplexa 4 ondas de luz con WDM)



Redes LAN Inalámbricas (WLAN)

Partes de una WLAN

- CM: Módulo de control

- Puente
 - Encaminamiento
 - Punto de Acceso



- UM: Módulo de usuario

- Puede controlar varias estaciones móviles

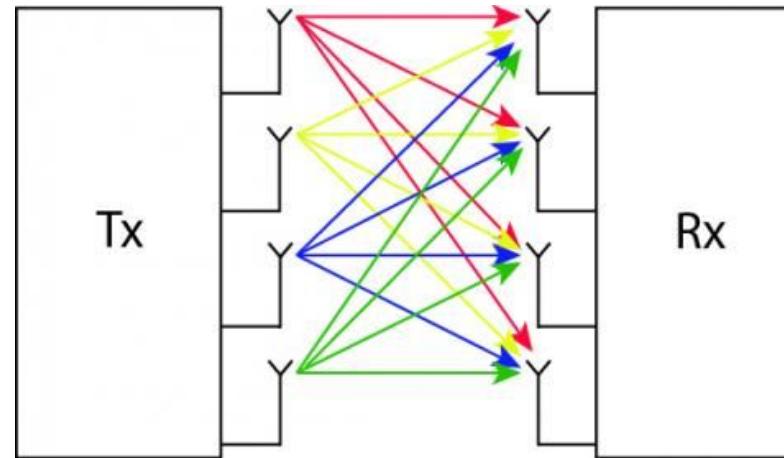
- Estaciones móviles



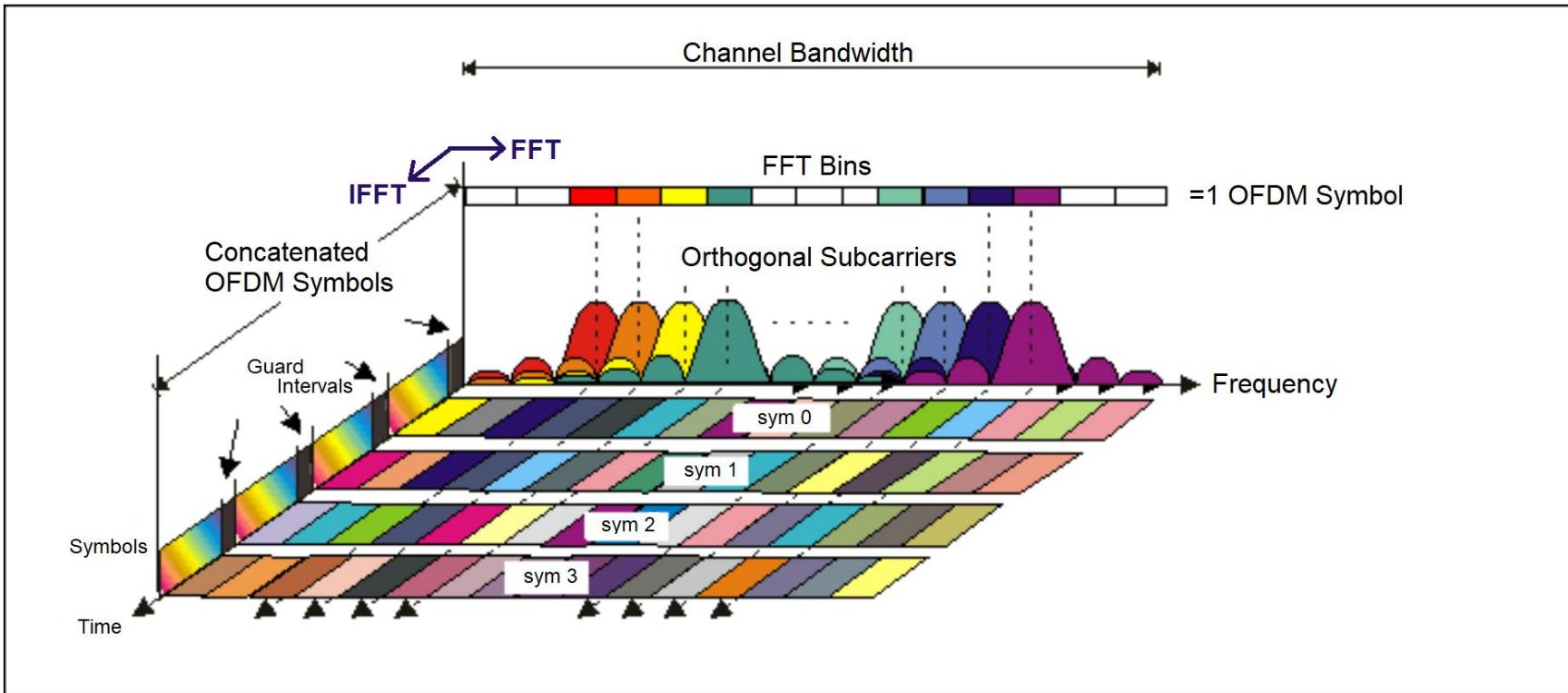
Access Point



AP con Tecnología MIMO



Tecnología OFDM

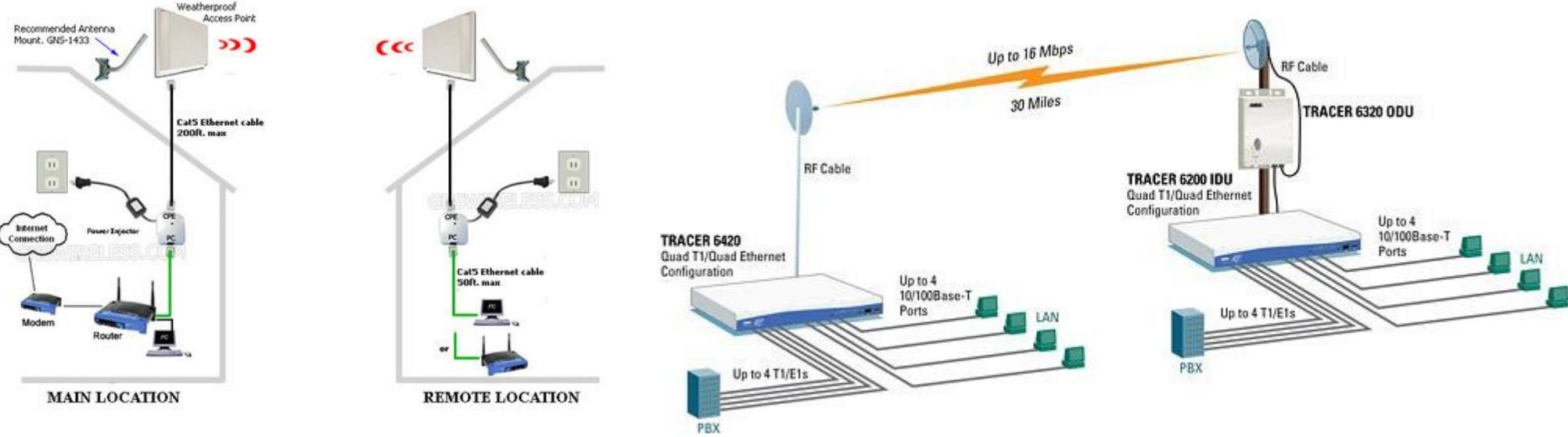


Frequency-Time Representative of an OFDM signal

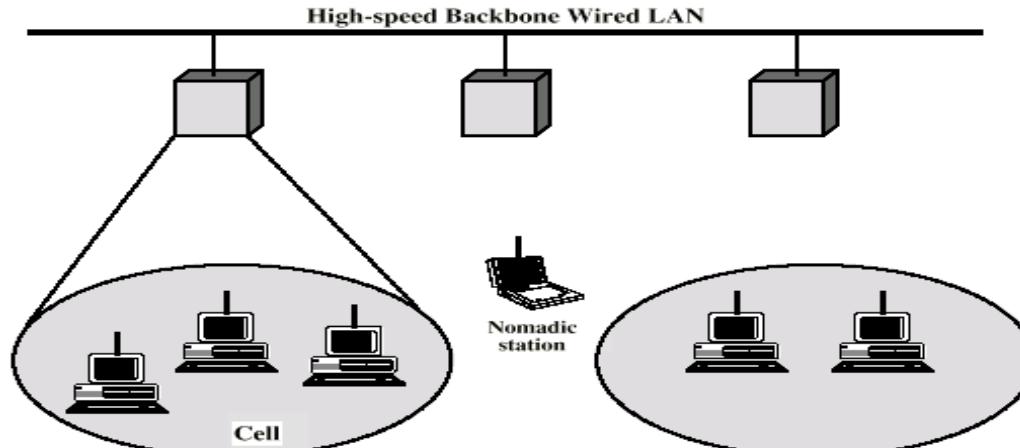
Usos de una WLAN

- *Ampliación de redes LAN:* Expansión de redes fijas para aceptar estaciones inalámbricas
- *Interconexión de edificios:* Interconexión de dos puentes
- *Redes Ad-hoc:* No hay un controlador central, redes sin infraestructura

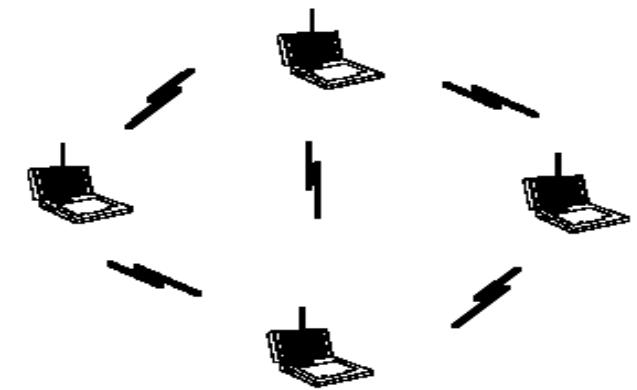
Puente Wi-Fi (interconexión de Edificios)



Usos de WLAN



(a) Infrastructure Wireless LAN

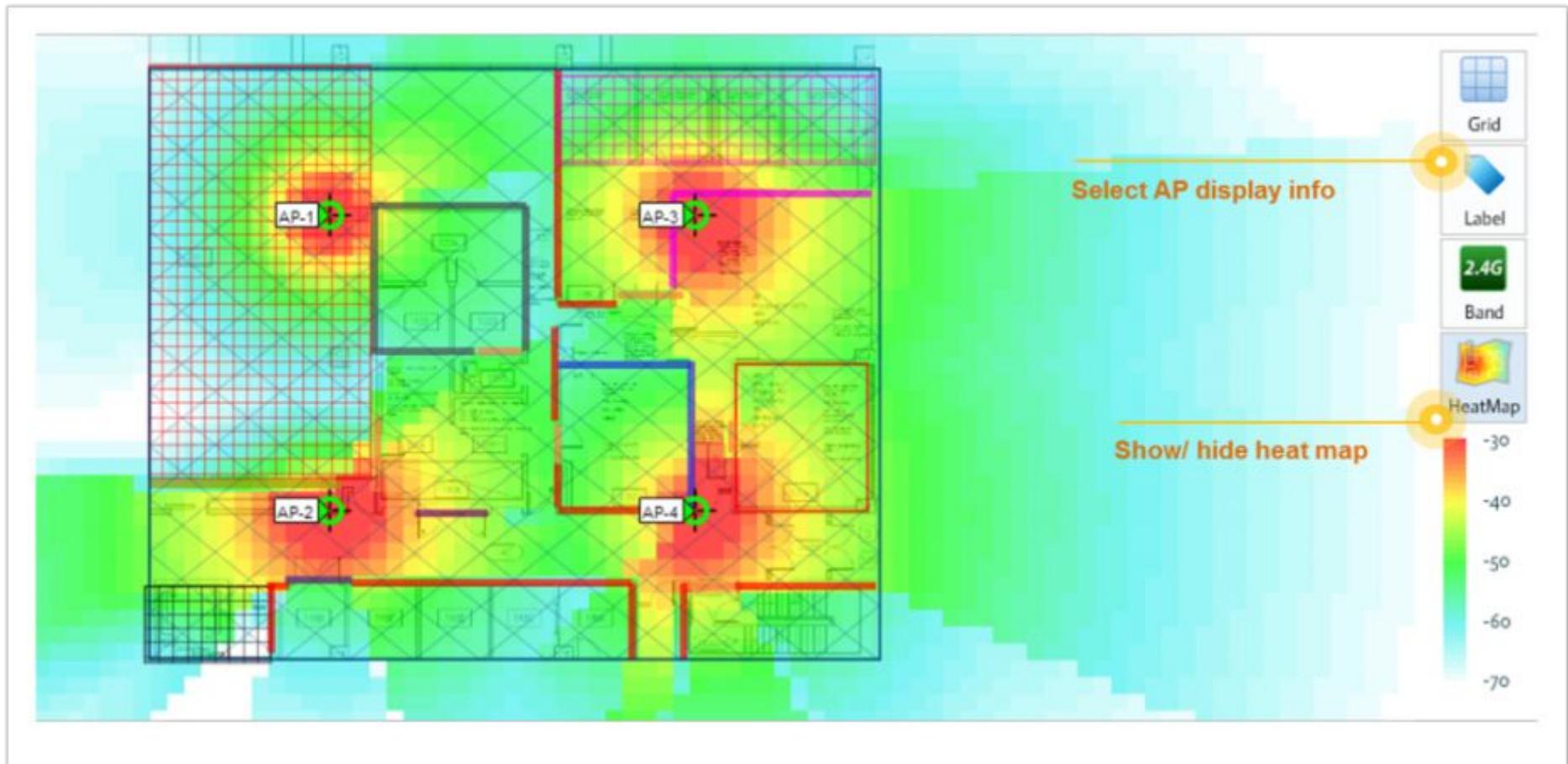


(b) Ad hoc LAN

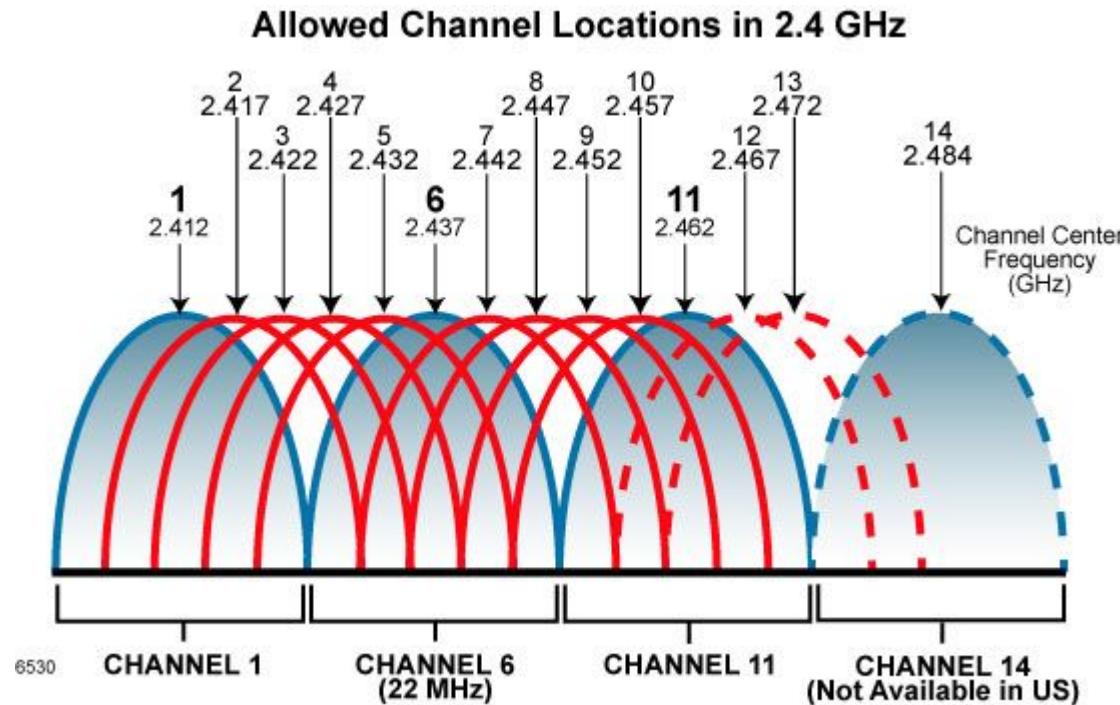
Obstáculos y zona de cobertura de una WLAN



Interferencias entre AP's



Distribución de canales banda 2.4 Ghz

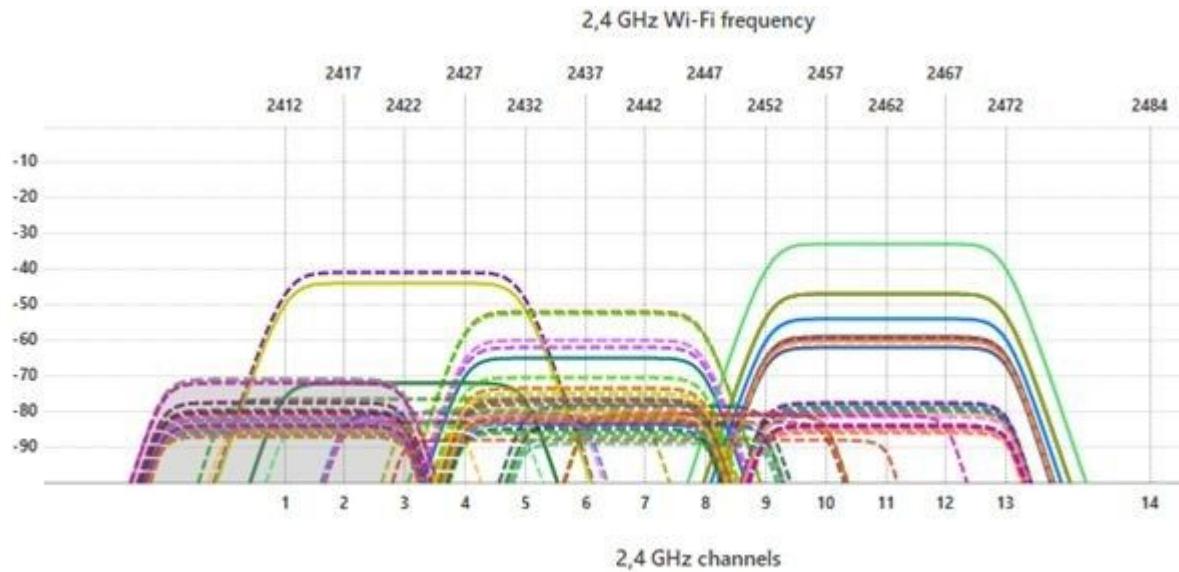


Distribución de canales banda 5Ghz

5 GHz Channel Allocations

Frequency (GHz)	5.150	5.250	5.470	5.600	5.640	5.725	5.850
802.11 Allocations	UNII-1	UNII-2a		UNII-2c (Extended)		UNII-3	
Center Frequency	5180 5200 5220 5240	5260 5280 5300 5320	5500 5520 5540 5560 5580 5600	TDWR	5620 5640	5745 5765 5785 5805 5825	
20 MHz	36 40 44 48	52 56 60 64	100 104 108 112 116 120 124 128	132 136 140 144	149 153 157 161 165		
40 MHz	38 46	54 62	102 110 118 126	134 142	151 159		
80 MHz	42	58	106 122	138	155		
160 MHz	50		114				
FCC	1,000 mW Tx Power Indoor & Outdoor No DFS needed	250 mw w/6dBi Indoor & Outdoor DFS Required	250mw w/6dBi Indoor & Outdoor DFS Required 144 Now Allowed	120, 124, 128 Devices Now Allowed		1,000 mW EIRP Indoor & Outdoor No DFS needed 165 was ISM, now UNII-3	
DFS Channels				DFS Channels			

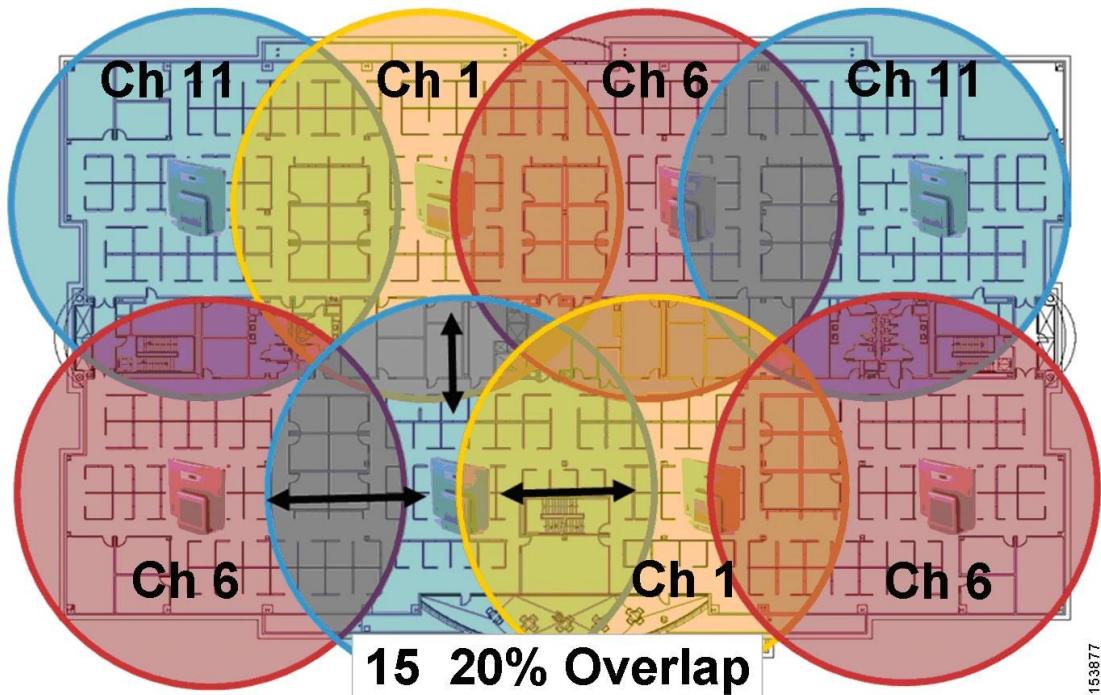
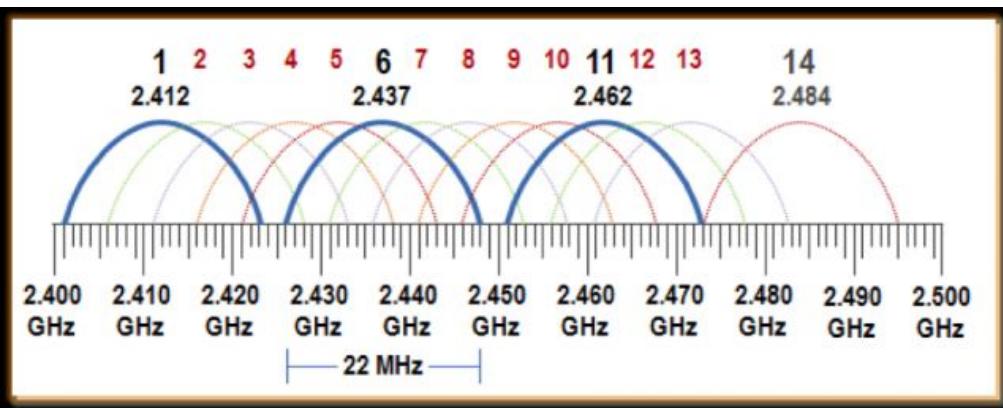
Medición de Señal de AP's en un punto



Planeación de frecuencias WLAN de múltiples celdas

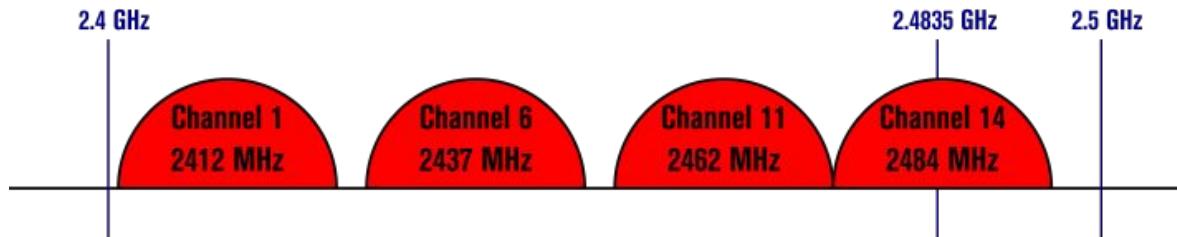
Cuando son muchos AP se vuelve un problema de optimización complejo!!!

Separación ideal en frecuencia de celdas vecinas

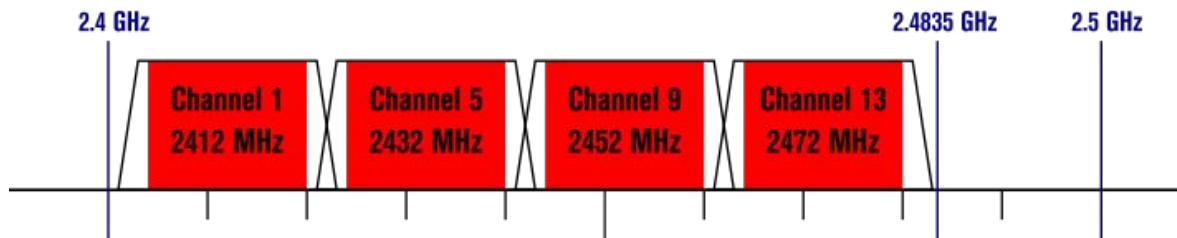


Non-Overlapping Channels for 2.4 GHz WLAN

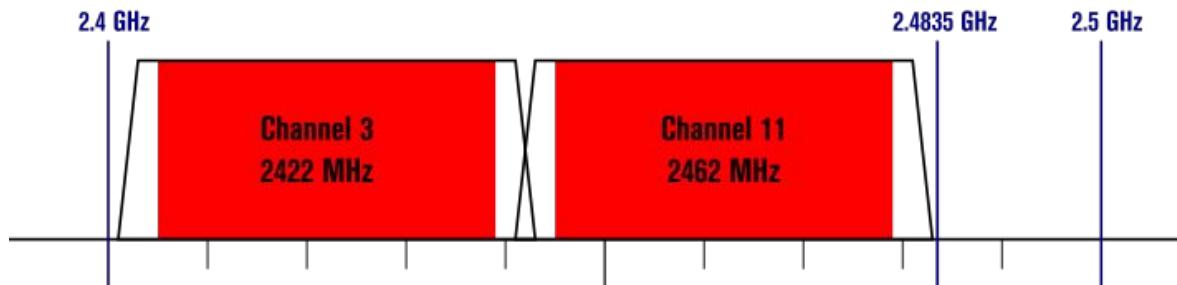
802.11b (DSSS) channel width 22 MHz



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



Tecnologías WLAN

- Infrarrojos
- Espectro expandido (banda ISM)
- Banda estrecha (licencias FCC)
- Estándar más usado: IEEE 802.11

Característica	802.11	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
Tecnología Física	DSSS	DSSS/CCK	OFDM	OFDM DSSS/CCK	SDM/OFDM
Tasas de datos	1.0, 2.0 Mbps	5.5, 11 Mbps	6-54 Mbps	1-54 Mbps	6-600 Mbps
Banda de frecuencias	2.4 Ghz	2.4 Ghz	5 Ghz	2.4 Ghz	2.4, 5.0 Ghz
Espaciamiento de canales	25 Mhz	25 Mhz	20Mhz	25 Mhz	20 y 40 Mhz

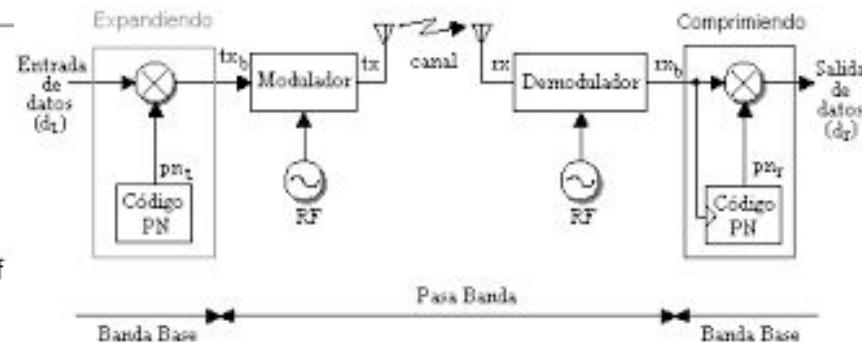
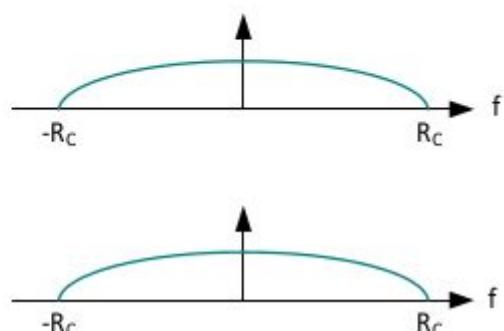
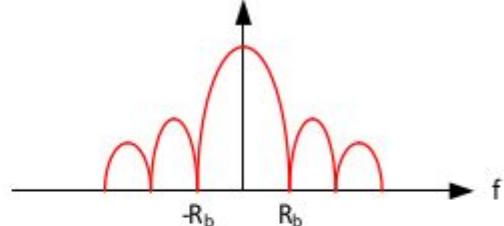
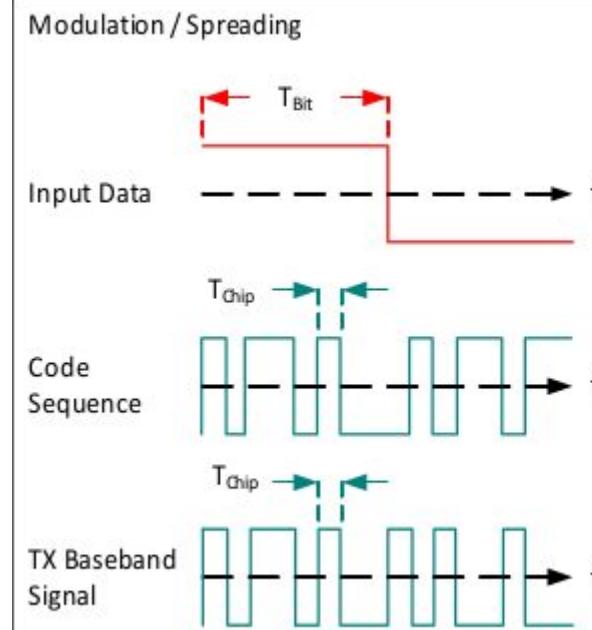
CCK: Complementary Code Keying

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplex

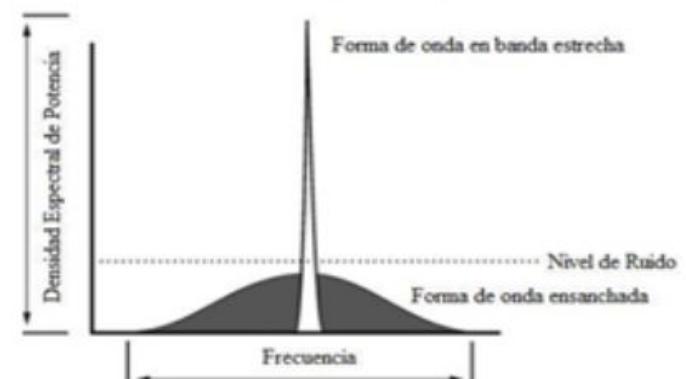
SDM: Spatial Division Multiplex

DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum

Direct Sequence Spread Spectrum



Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS)



Comparación tecnologías

	802.11n	802.11ac	802.11ad
Throughput	600 Mbps	3.2 Gbps	Up to 7 Gbps
Coverage	Home, 70 m	Home, 30 m	Room, <5m
Freq. Band	2.4/5 GHz	5 GHz	2.4/5/60 GHz
Antennas	4 x 4 MIMO	8 x 8 MIMO	>10 x 10 MIMO
Applications	Data, Video	Video	Uncompressed Video

	2'4GHZ	5GHZ
Mayor Cobertura	✓	✗
Transpasar paredes	✓	✗
Mayor velocidad	✗	✓
Más saturada	✓	✗

Comparación 802.11 n y ac

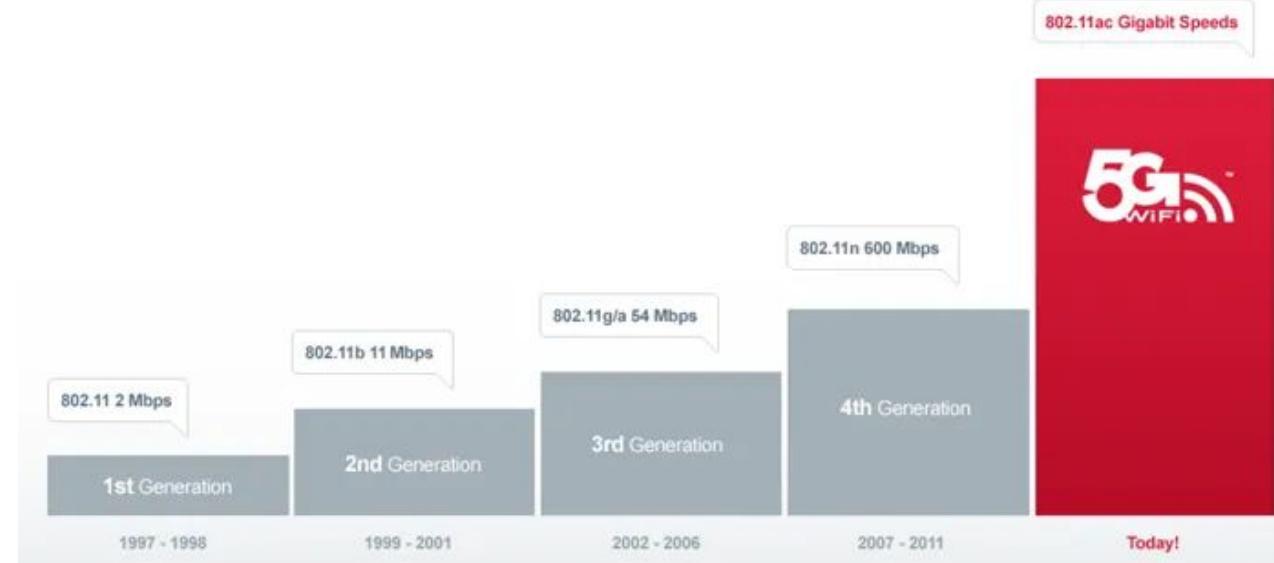
WiFi Evolution: IEEE 802.11n ➤ 802.11ac Wave 1 ➤ 802.11ac Wave 2

Products based on	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac Wave 1	IEEE 802.11ac Wave 2
Standard basis	Standard adopted October 2009	Last stable draft of 802.11ac	Standard adopted December 2013
Frequency band (GHz)	2.4 & 5 (opt)	5	5
Channel width	20 & 40 MHz	20, 40 & 80 MHz	20, 40, 80, 80-80 & 160 MHz
Multiple-Input, Multiple-Output (MIMO) support	Single-User (SU-MIMO)	Single-User (SU-MIMO)	Multi-User (MU-MIMO), (2)
Number of Spatial Streams (1)	2 - 4	3	3 - 4 (opt)
Modulation (Quadrature Amplitude Modulation)	64 QAM (rate 5/6)	256 QAM (rates 3/4 and 5/6)	256 QAM (rates 3/4 and 5/6)
Theoretical capacity (PHY rate, 3 spatial streams) (3)	450 Mbps	1300 Mbps	2600 Mbps

THE EVOLUTION OF WIFI



Evolucion de WiFi



Comparación nuevas tecnologías Wi-Fi

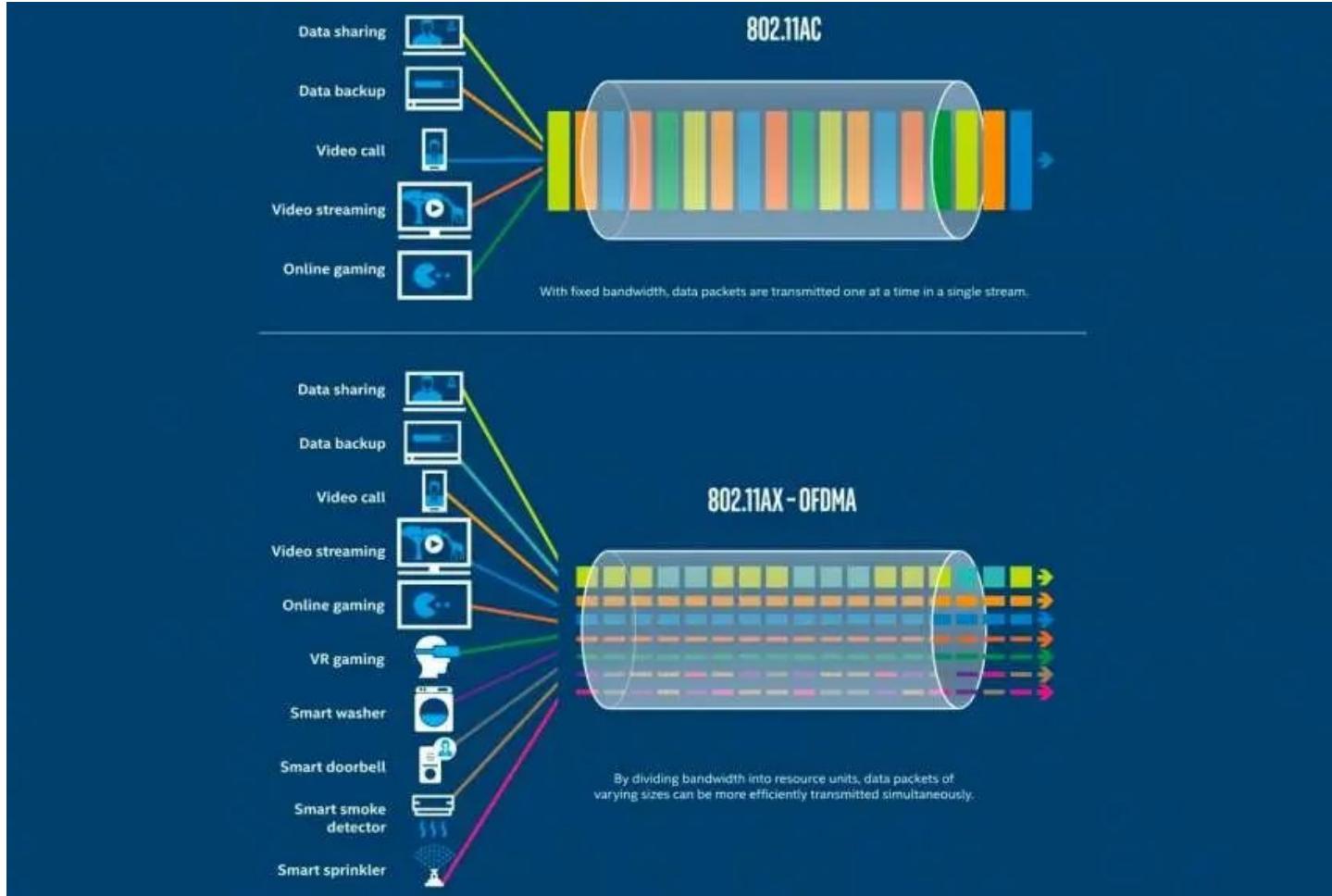
Feature	Wi-Fi 4	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6
Channel bandwidth (MHz)	20, 40	20, 40, 80, 80 + 80, 160	20, 40, 80, 80 + 80, 160
Frequency bands	2.4 and 5 GHz	5 GHz	2.4 and 5 GHz
Maximum data rate	150 Mbps	3.5 Gbps*	9.6 Gbps*
Highest subcarrier modulation	64-QAM	256-QAM	1024-QAM
Spatial streams	1	4	8
Underlying technology	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac	IEEE 802.11ax

* Depending upon number of spatial streams and channel used

Generation of network connection	Sample user interface visual
Wi-Fi 6	6
Wi-Fi 5	5
Wi-Fi 4	4



Comparación beneficios WiFi 5 y 6

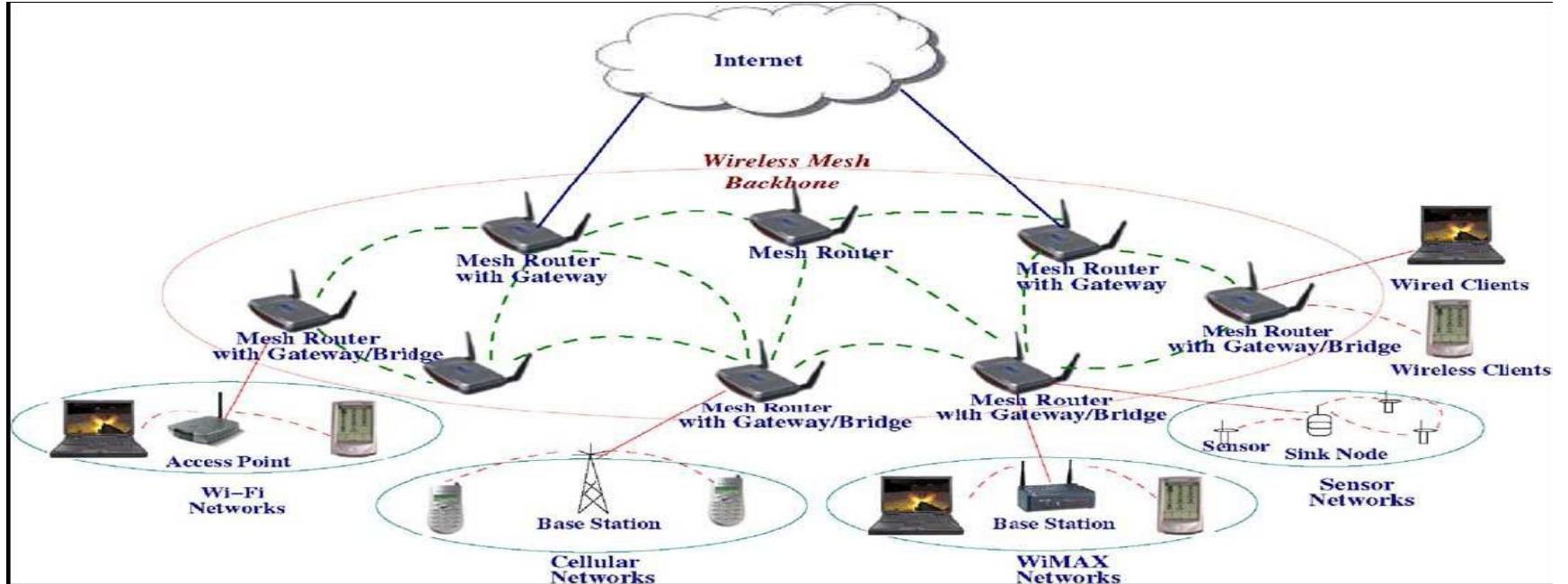




Redes MAN inalámbricas

Redes Malladas

Redes Malladas

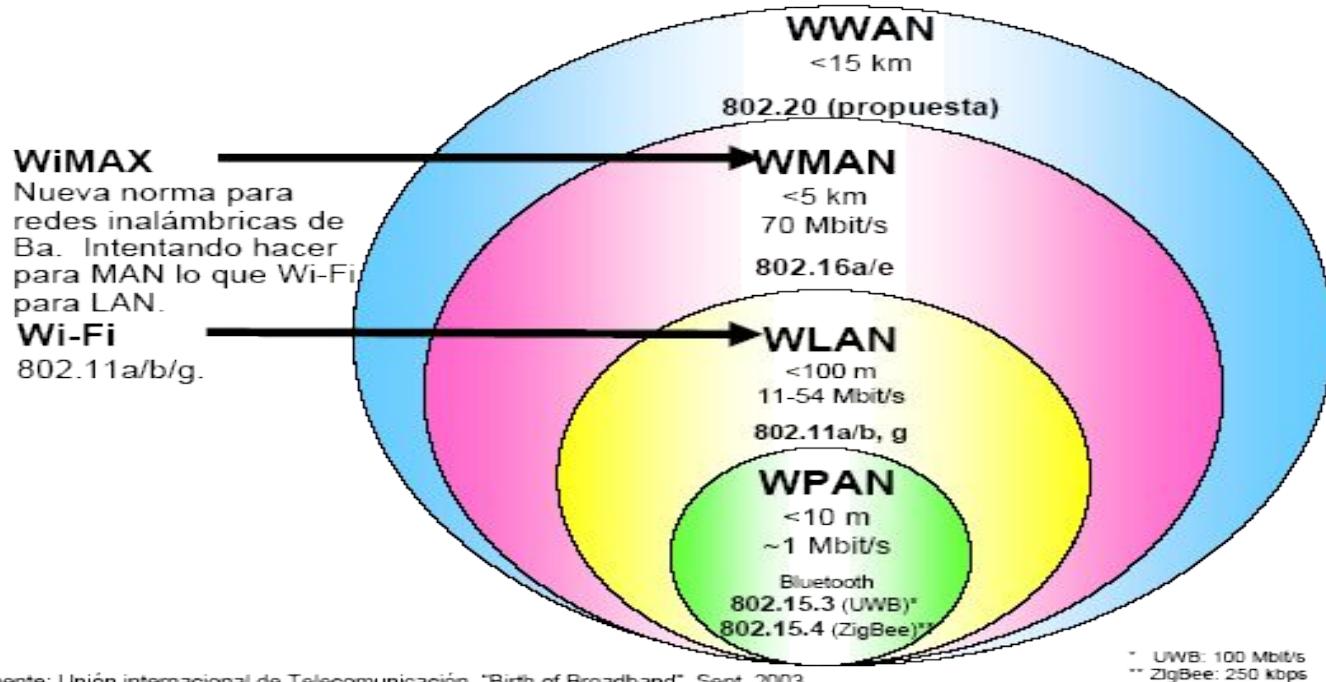


- **Fiabilidad:** Redundancia en los caminos en caso de fallos
- **Economía:** Es una alternativa barata para tecnología de última milla



WMAN con Wi-MAX

Wi-MAX

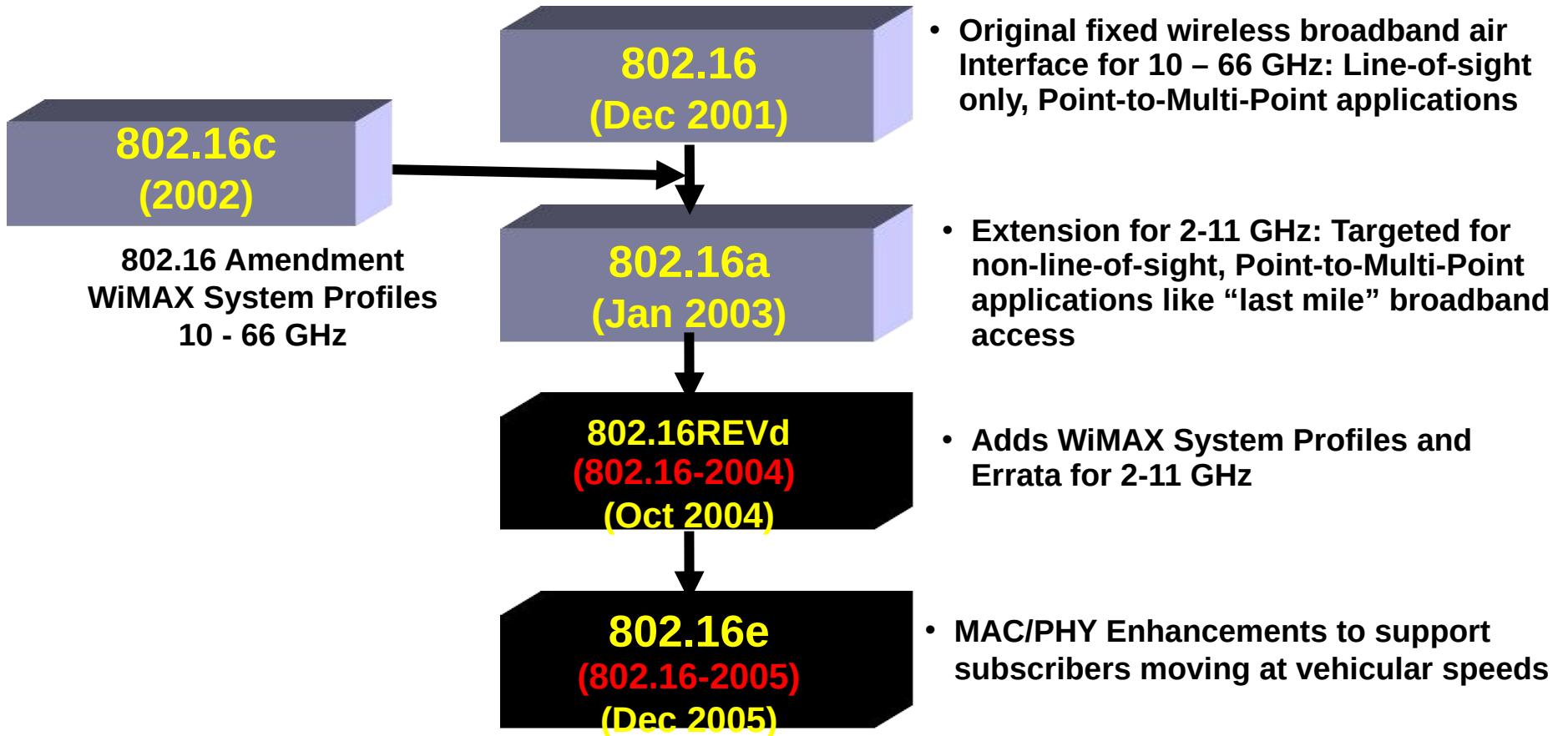


Dos tipos de Servicios



- Con Línea de Visión:
 - Tiene mayores velocidades (menos errores e interferencias a mayores frecuencias)
- Sin línea de vista:
 - Frecuencias más bajas
 - Menos velocidad (más errores)

Historia Estándares 802.16



Tecnologías Wi-MAX

	802.16	802.16a	802.16e
Espectro	10 - 66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
Funcionamiento	Solo con visión directa	Sin visión directa (NLOS)	Sin visión directa (NLOS)
Tasa de bit	32 - 134 Mbit/s con canales de 28 MHz	Hasta 75 Mbit/s con canales de 20 MHz	Hasta 15 Mbit/s con canales de 5 MHz
Modulación	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64QAM	Igual que 802.16a
Movilidad	Sistema fijo	Sistema fijo	Movilidad pedestre
Anchos de banda	20, 25 y 28 MHz	Selezionables entre 1,25 y 20 MHz	Igual que 802.16a con los canales de subida para ahorrar potencia
Radio de celda típico	2 - 5 km aprox.	5 - 10 km aprox. (alcance máximo de unos 50 km)	2 - 5 km aprox.

Wi-Fi/WiMAX to 4G Evolution Path

IEEE Std 802.16a
2003

IEEE Std 802.16 d
2004

IEEE Std 802.16 e
2006

IEEE Std 802.16 m
2011+

Line-of-sight fixed
operation in 10 to 66
GHz

Air Interface support
for 2 to 11 GHz

High-speed data
rates for fixed
wireless and
nomadic access

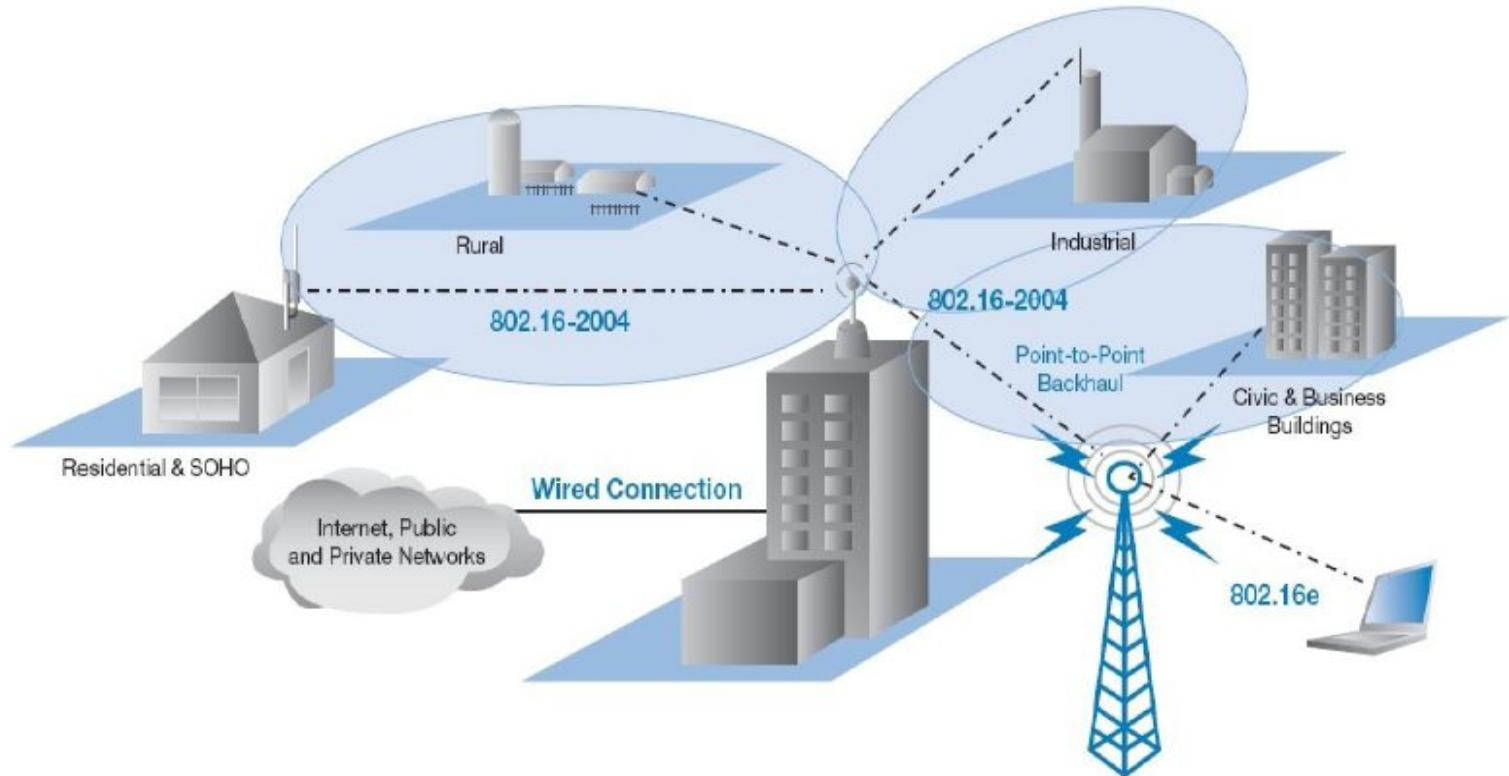
Improved air
interface,
capability for
(limited) mobility

- **Fixed WiMAX** is based on the IEEE 802.16 d
- **Mobile WiMAX** is based on the IEEE 802.16 e standard,
supports both fixed and mobile applications.

Evolución de WiMAX

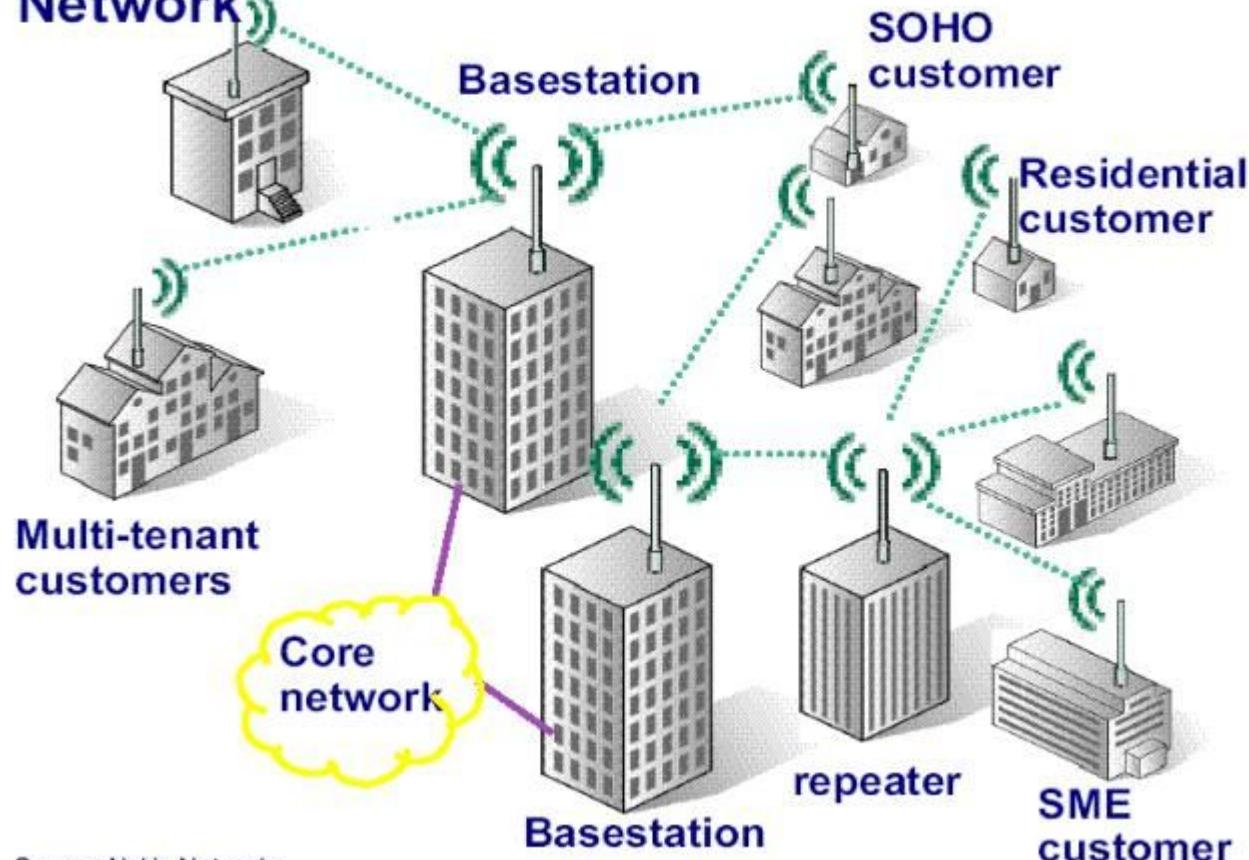
Estándar	Descripción
802.16	Utiliza espectro licenciado en el rango de 10 a 66 GHz, necesita línea de visión directa, con una capacidad de hasta 134 Mbit/s en celdas de 3 a 7,5 km (2 a 5 millas). Soporta calidad de servicio. Publicado en 2002.
802.16a	Ampliación del estándar 802.16 hacia bandas de 2 a 11 GHz, con sistemas NLOS y LOS, y protocolo PTP y PTMP. Publicado en abril de 2003.
802.16c	Ampliación del estándar 802.16 para definir las características y especificaciones en la banda de 10-66 GHz. Publicado en enero de 2003.
802.16d	Revisión del 802.16 y 802.16a para añadir los perfiles aprobados por el WiMAX Forum. Aprobado como 802.16-2004 en junio de 2004 (la última versión del estándar).
802.16e	Extensión del 802.16 que incluye la conexión de banda ancha nómada para elementos portátiles del estilo de los notebooks. Publicado en diciembre de 2005.
802.16m	Extensión del 802.16 que entrega datos a velocidad de 1 Gbit/s en reposo y 100 Mbit/s en movimiento.
802.16m-2011	Conocido como Mobile WiMAX Release 2, interfaz de aire avanzada, con tasas de 100 Mbit/s móvil y 1 Gbit/s de datos fija, con OFDMA ⁵

Escenarios de uso de WiMAX



Escenarios WiMAX. Fuente: Intel

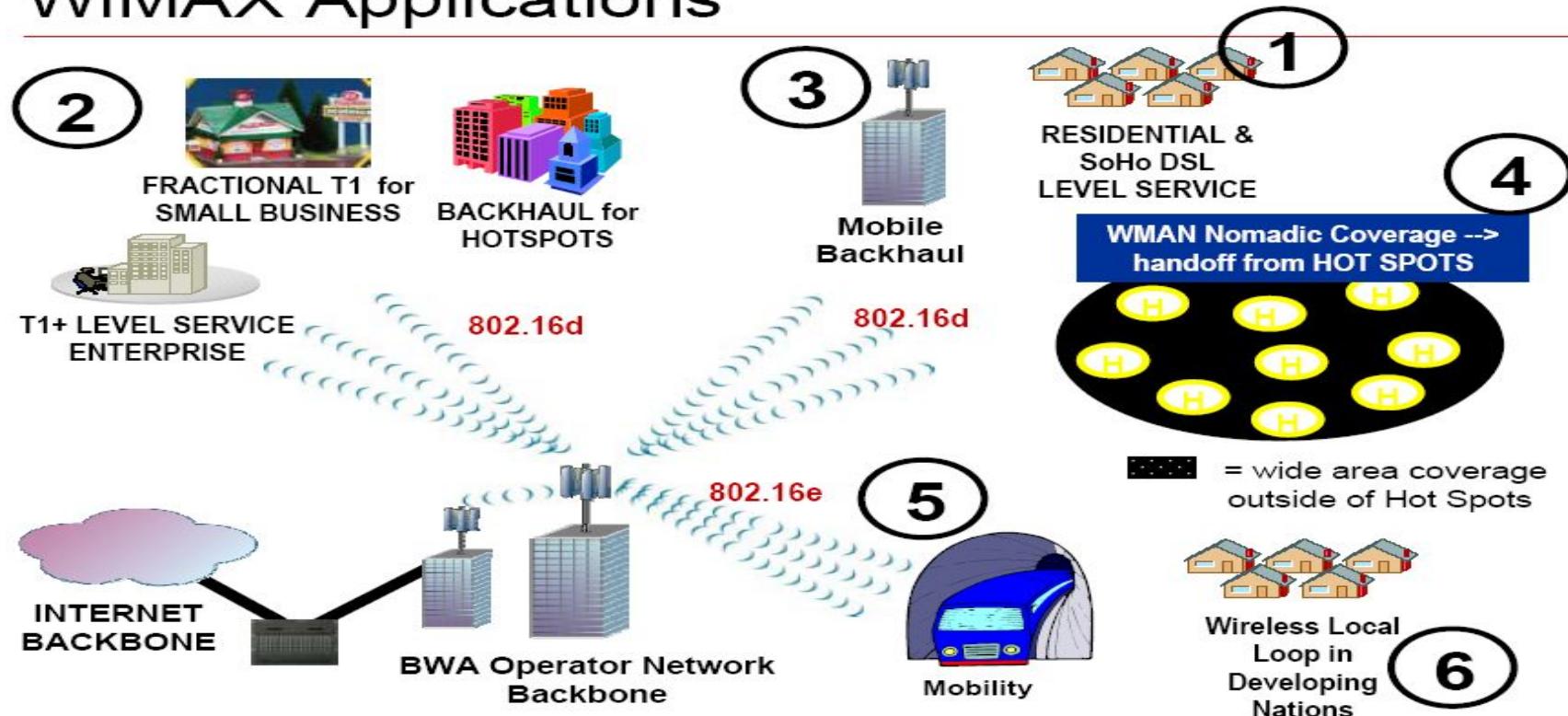
WirelessMAN: Wireless Metropolitan Area Network



Source: Nokia Networks

Aplicaciones de WiMAX

WiMAX Applications



Alternativas de uso de Wi-MAX para uso residencial

