

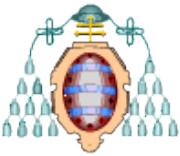
INGENIERÍA DE REDES

Grado en Ingeniería Informática

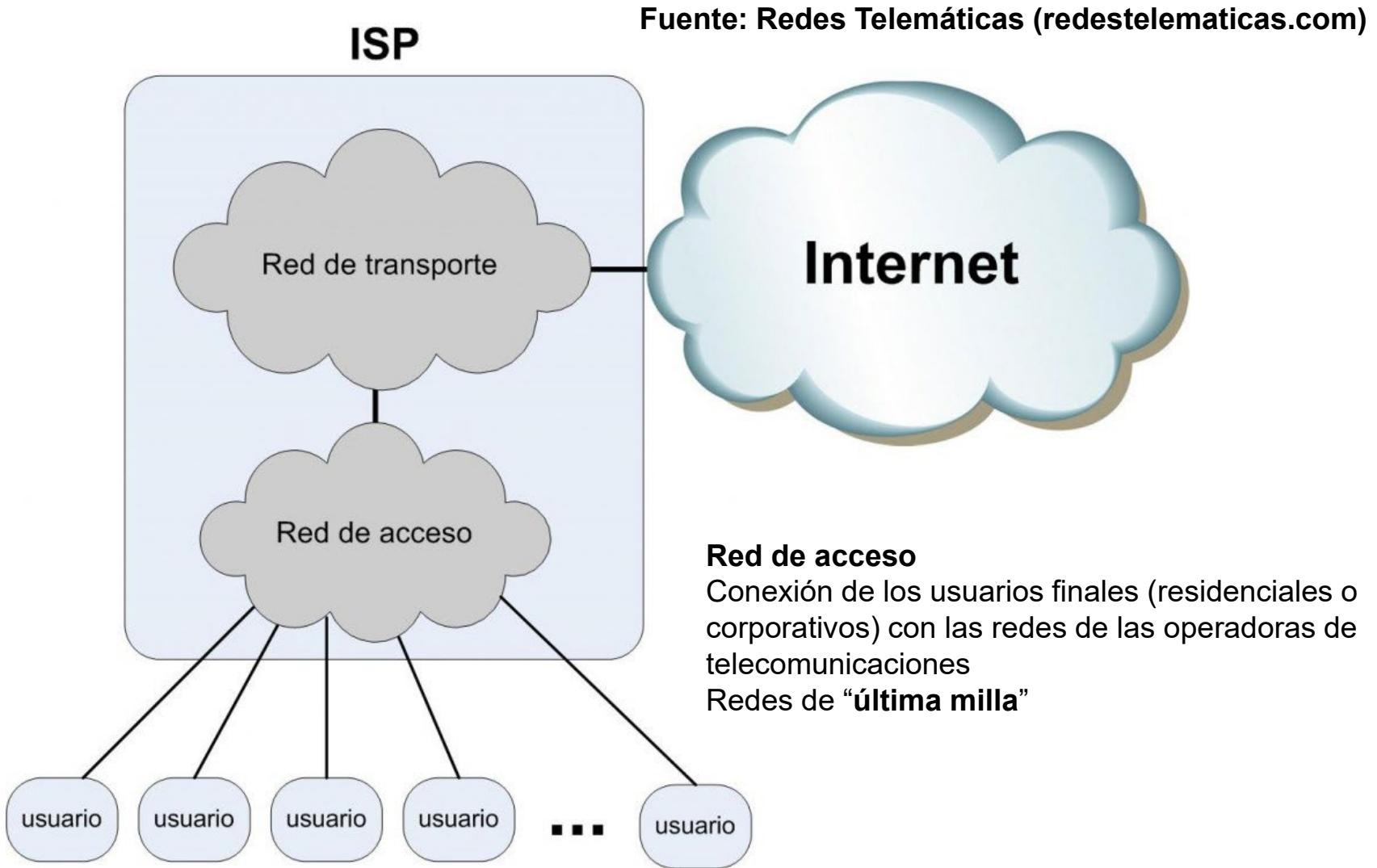
Tema 3:

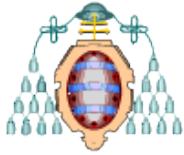
Tecnologías de acceso de banda ancha

Roberto García Fernández
Área de Ingeniería Telemática
Universidad de Oviedo



Redes de acceso

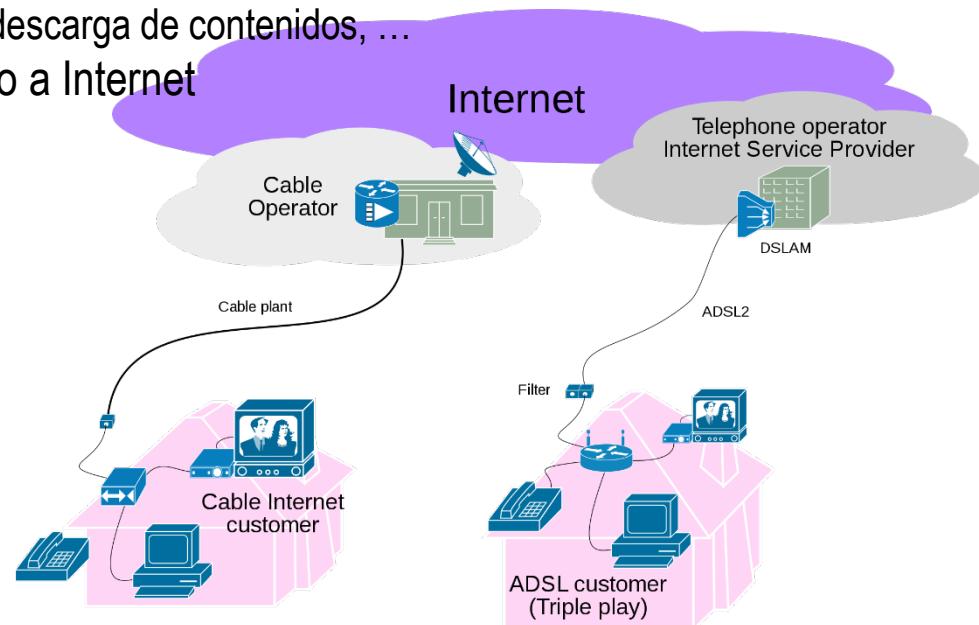




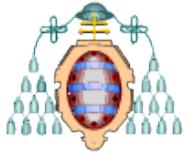
Tecnologías de acceso de banda ancha

Ingeniería
Telemática

- Tecnologías de acceso
 - Información hasta el usuario final
 - Acceso a Internet de banda ancha
- Clave en la industria de telecomunicaciones
 - Desarrollo de nuevos servicios en Internet
 - Web, redes sociales, interactividad, multimedia
 - Distribución de televisión, descarga de contenidos, ...
 - Oferta de servicios de acceso a Internet
 - ADSL
 - Redes de cable
 - Redes inalámbricas
- Convergencia de redes
 - Triple play
 - Telefonía
 - Televisión
 - Internet



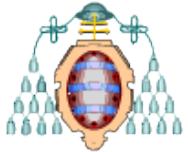
This file is licensed under the [Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/) license.



Tecnologías de acceso de banda ancha

Ingeniería
Telemática

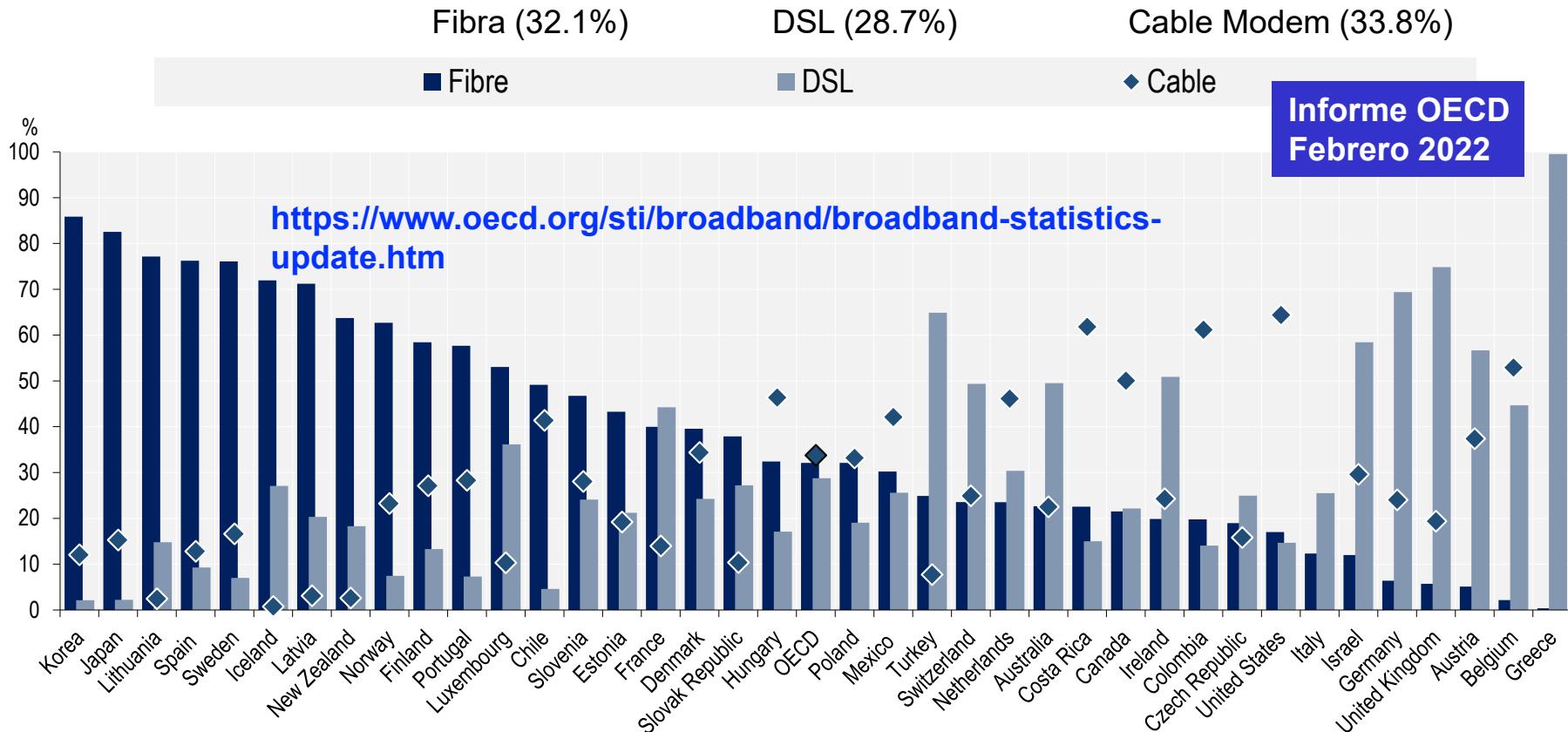
- Tecnologías sobre cable
 - Redes híbridas de fibra y coaxial (HFC)
 - Bucle digital de abonado (xDSL)
 - Fibra óptica (FTTx)
- Tecnologías inalámbricas
 - Redes WiMAX
 - Acceso por satélite
 - Redes locales inalámbricas
 - Acceso móvil de banda ancha



Tecnologías de acceso de banda ancha fija

Ingeniería
Telemática

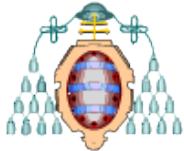
TOTAL: 462 millones líneas OECD



Fuente: OECD broadband statistics update

OECD – Paris, 10 February 2022

High-speed fibre internet continues its strong growth in OECD countries as DSL declines



Tecnologías de acceso de banda ancha fija

Ingeniería
Telemática

3. COMUNICACIONES FIJAS - 3.2. Banda ancha fija - c) Datos por operador

40. Líneas de banda ancha fija por tecnología y por operador (III 2019) (número de líneas)

	xDSL	FTTH	HFC	WIFI-WIMAX-LMDS	Sobre red móvil	Otros	Total
Movistar	1.506.849	4.242.764	0	5	246.321	112	5.996.051
Orange	810.667	3.131.534	15.433	0	0	380	3.958.014
Vodafone	280.129	1.206.584	1.676.597	0	0	0	3.163.310
Grupo MASMOVIL	244.863	1.097.826	0	0	0	0	1.342.689
Euskaltel	9.607	41.895	569.044	4	0	476	621.026
Procono	0	66.686	22.229	0	0	0	88.915
Resto	3.030	52.593	0	14.738	46	0	70.407
Total	2.855.145	9.839.882	2.283.303	14.747	246.367	968	15.240.412
	18.7%	64.6%	15.0%	0.1%	1.6%		

Vodafone incluye Ono, Orange incluye Jazztel, Euskaltel incluye R y TeleCable y Grupo MASMOVIL incluye Más Móvil, Pepephone, Yoigo y Xtra Telecom.

Última actualización 03/02/2020

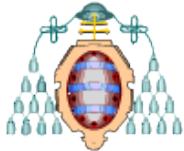
Extracción de datos 18/02/2020

Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia

Fuente: CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia)

http://data.cnmc.es/datagraph/jsp/inf_trim.jsp

Informe CNMC
Trimestral III 2019



Tecnologías de acceso de banda ancha fija

Ingeniería
Telemática

3. COMUNICACIONES FIJAS - 3.2. Banda ancha fija - d) Datos por operador

41. Líneas de banda ancha fija por tecnología y por operador (III 2020) (número de líneas)

	xDSL	FTTH	HFC	WIFI-WIMAX-LMDS	Sobre red móvil	Otros	Total
Movistar	1.129.622	4.552.271	0	0	267.909	102	5.949.904
Orange	575.814	3.266.881	9.568	0	0	324	3.852.587
Vodafone	173.198	1.429.739	1.627.460	0	0	0	3.230.397
Grupo MASMOVIL	132.547	1.666.890	0	0	0	0	1.799.437
Euskaltel	7.821	90.640	551.314	4	0	355	650.134
Resto	1.457	252.759	11.152	15.235	36	11.685	292.324
Total	2.020.459	11.259.180	2.199.494	15.239	267.945	12.466	15.774.783
	12,8%	71,4%	13,9%	0,1%	1,7%	0,1%	100,0%

Vodafone incluye Ono, Orange incluye Jazztel, Euskaltel incluye R y TeleCable y Grupo MASMOVIL incluye Más Móvil, Pepephone, Yoigo y Xtra Telecom.

Última actualización 20/01/2021

Extracción de datos 24/02/2021

Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia

Fuente: CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia)

http://data.cnmc.es/datagraph/jsp/inf_trim.jsp

Informe CNMC
Trimestral III 2020



Tecnologías de acceso de banda ancha fija

Ingeniería
Telemática

3. COMUNICACIONES FIJAS - 3.2. Banda ancha fija - d) Datos por operador

40. Líneas de banda ancha fija por tecnología y por operador

(número de líneas)

	xDSL	FTTH	HFC	WIFI-WIMAX-LMDS	Sobre red móvil	Otros	Total
Movistar	773.738	4.769.500	0	0	252.001	87	5.795.326
Orange	414.356	3.470.920	4.490	0	0	324	3.890.090
Vodafone	97.443	1.536.073	1.477.463	0	0	0	3.110.979
Grupo MASMOVIL	94.860	2.267.925	508.071	0	0	398	2.871.254
Digi	0	388.663	0	0	0	0	388.663
Resto	358	209.272	4.586	12.213	23	10.931	237.383
Total	1.380.755	12.642.353	1.994.610	12.213	252.024	11.740	16.293.695
	8,5%	77,6%	12,2%	0,1%	1,5%	0,1%	100,0%

Vodafone incluye Ono, Orange incluye Jazztel, Euskaltel incluye R y TeleCable y Grupo MASMOVIL incluye Más Móvil, Pepephone, Yoigo, Xtra Telecom y Euskaltel.

Última actualización 17/01/2022

Extracción de datos 01/03/2022

Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia

Fuente: CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia)

http://data.cnmc.es/datagraph/jsp/inf_trim.jsp

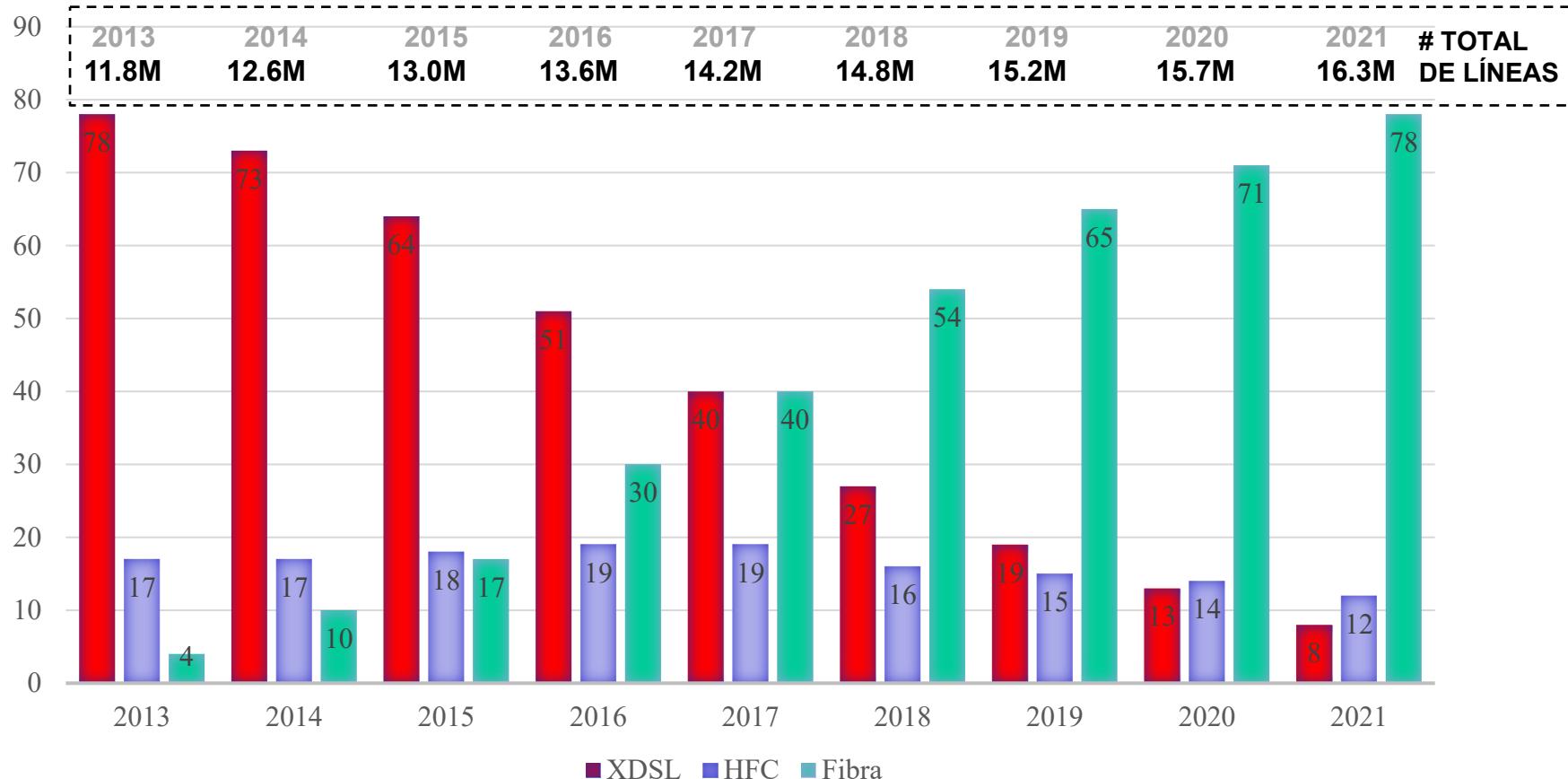
Informe CNMC
Trimestral III 2021

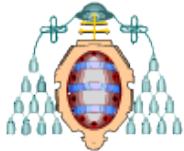


Tecnologías de acceso de banda ancha fija

Ingeniería
Telemática

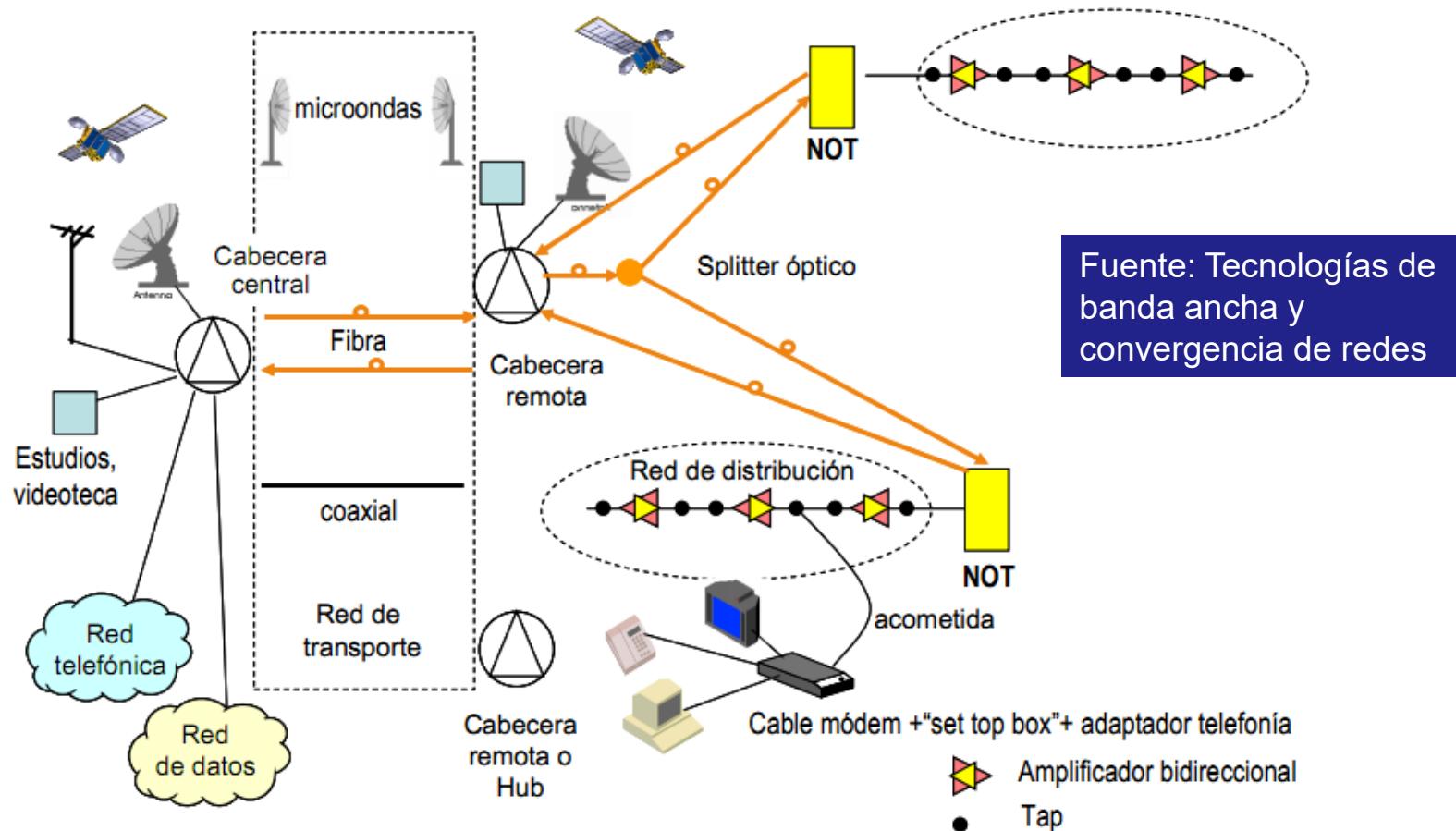
EVOLUCIÓN DE LAS PRINCIPALES TECNOLOGÍAS DE ACCESO % DE LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA POR TECNOLOGÍA

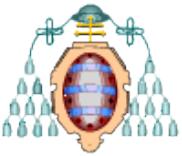




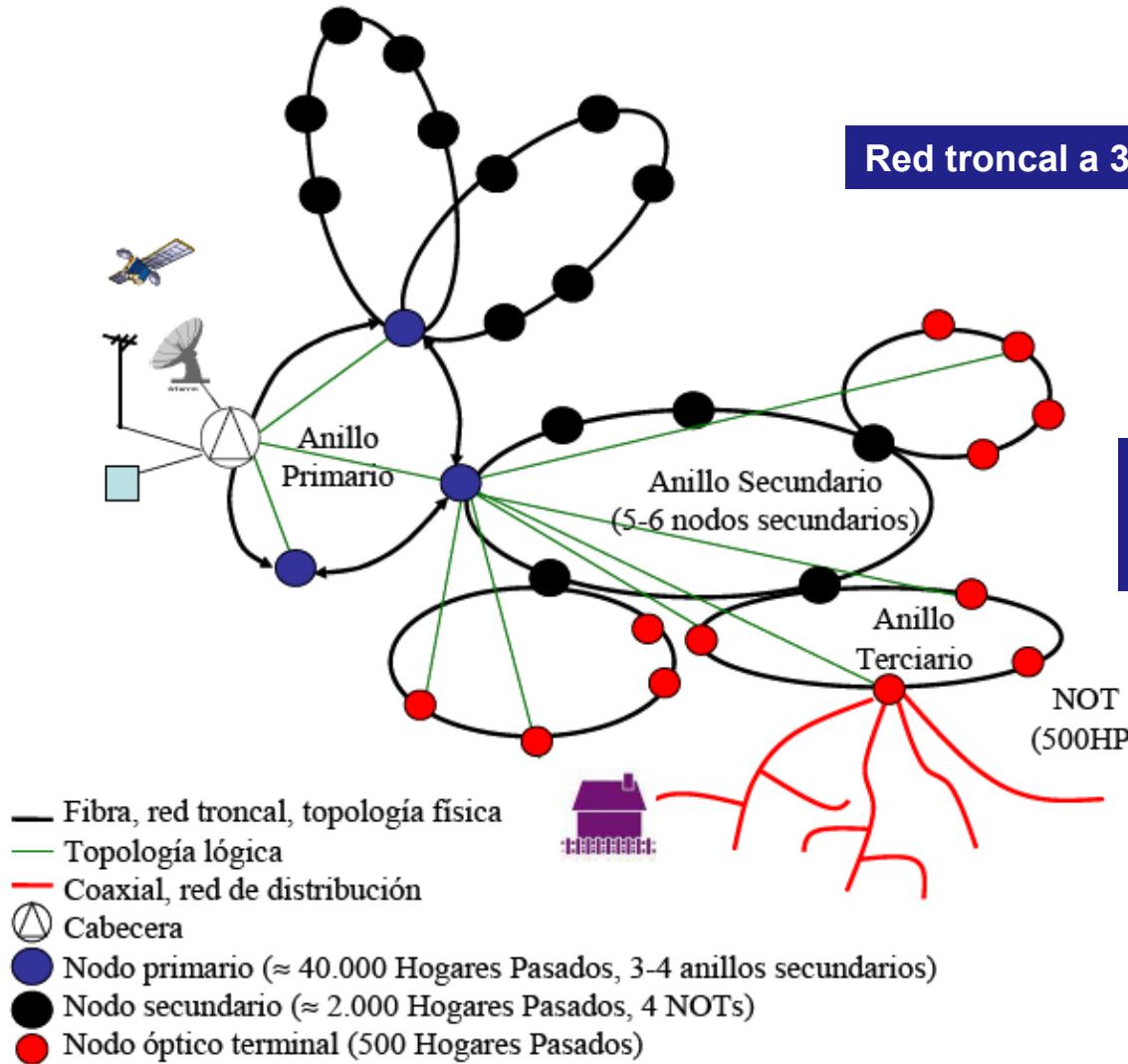
Redes híbridas de cable y coaxial

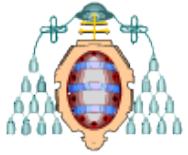
- Redes HFC: Hybrid Fiber Coaxial
 - Evolución de las redes de distribución de televisión por cable coaxial





Redes híbridas de cable y coaxial





Capacidades DOCSIS

Ingeniería
Telemática

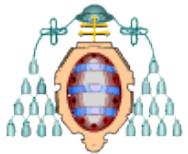
Estándar DOCSIS	Capacidad Downstream	Capacidad Upstream
DOCSIS 1.0	38 Mbps	5 Mbps
DOCSIS 1.1	38 Mbps	10 Mbps
DOCSIS 2.0	40 Mbps	30 Mbps
DOCSIS 3.0	160 Mbps	120 Mbps
DOCSIS 3.1	10 Gbps	1 Gbps

3. COMUNICACIONES FIJAS - 3.2. Banda ancha fija - b) Líneas

36. Número de líneas de banda ancha fija por velocidad y tecnología

Informe CNMC
Trimestral III 2021
Actualización: 11/01/2022

	xDSL	FTTH	HFC	Resto
< 2 Mbps	13.791	421	2.318	67
≥ 2 Mbps < 10 Mbps	139.097	288	1.867	6.055
≥ 10 Mbps < 30 Mbps	1.169.583	75.179	3.440	253.342
≥ 30 Mbps < 50 Mbps	58.244	300	907	13.239
≥ 50 Mbps < 100 Mbps	0	274.665	16.774	2.950
≥ 100 Mbps	40	12.291.500	1.969.304	324
Total	1.380.755	12.642.353	1.994.610	275.977

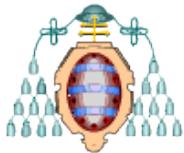


Adecuación de las redes HFC a los servicios

Ingeniería
Telemática

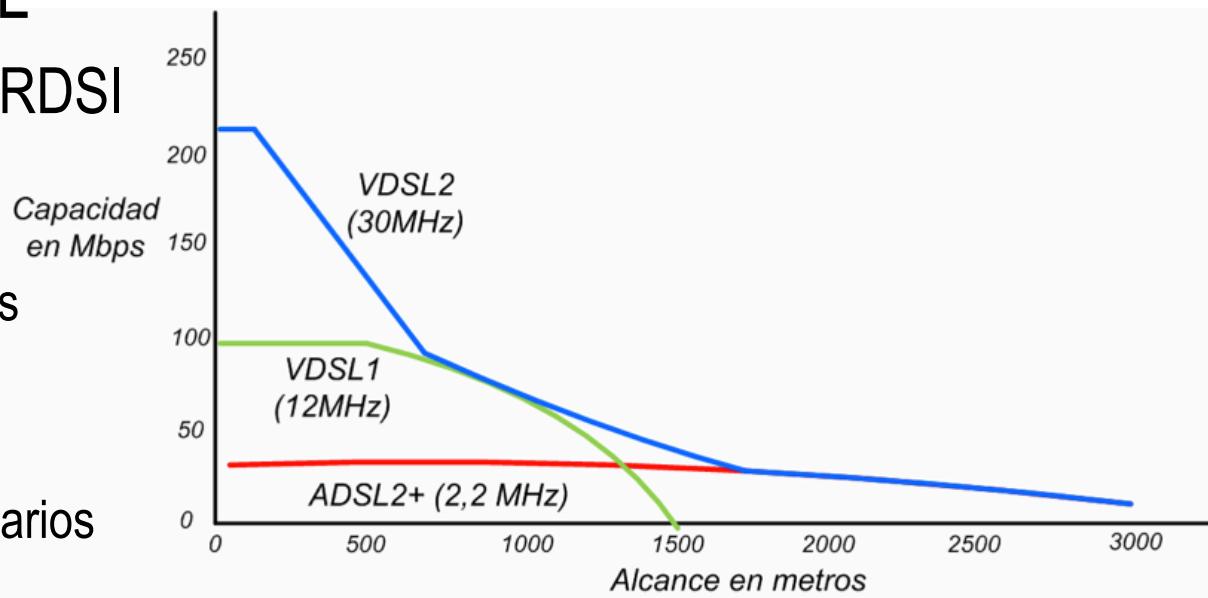
- Inicialmente sólo distribución de TV
 - Redes CaTV
- Actualmente soportan todo tipo de servicios multimedia

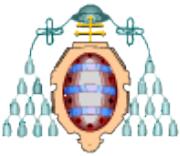
Servicio	Soporte en HFC	Fuente: Tecnologías de banda ancha y convergencia de redes
Telefonía	Adecuado, varias posibilidades de ofrecerlo	
Streaming	Adecuado	
Descarga entre pares (Peer to peer)	Adecuado, prestaciones muy buenas para pares en la red	
Juegos en red	Adecuado, prestaciones muy buenas para jugadores en la red	
Distribución de TV	Adecuado	
Vídeo bajo demanda	Adecuado	



Bucle digital de abonado (xDSL)

- Transmitir datos de alta velocidad sobre el par trenzado telefónico
- Tecnologías DSL
 - Acceso básico RDSI
 - HDSL
 - E1 a 2Mbps
 - T1 a 1.54Mbps
 - SHDSL
 - ADSL
 - $\approx 13\%$ de usuarios
 - ADSL2
 - ADSL2+
 - READSL
 - VDSL
 - VDSL2

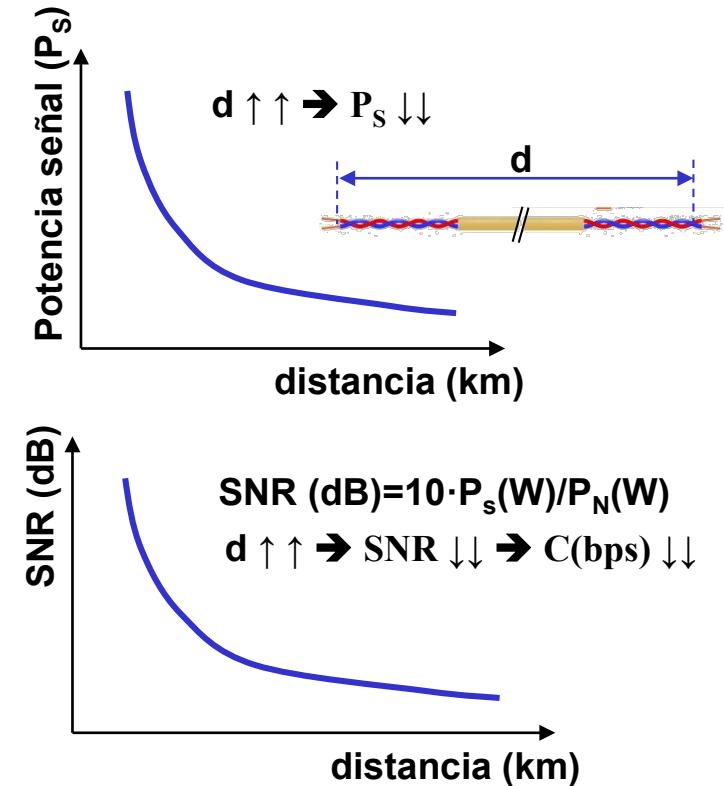
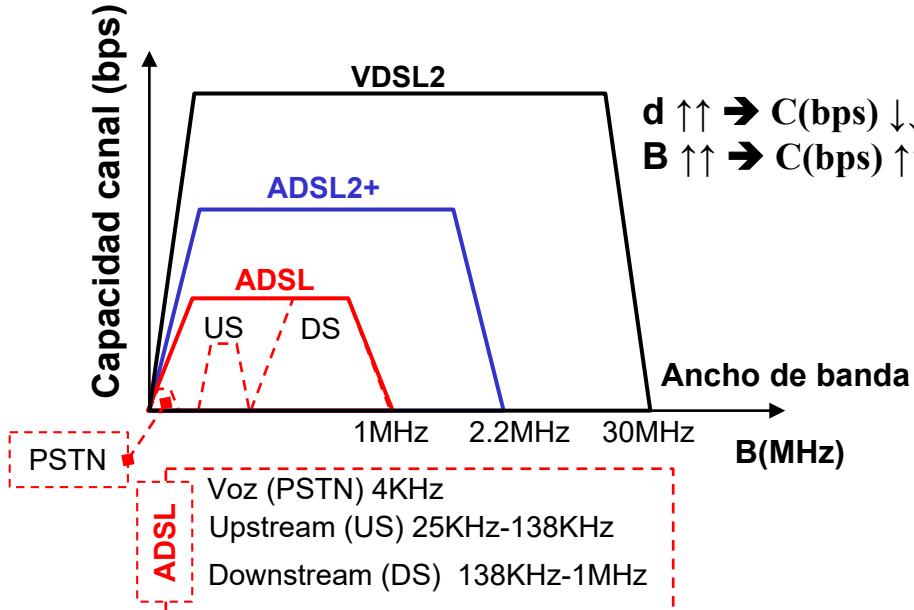


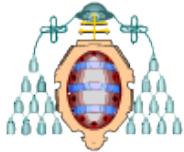


Conceptos básicos transmisión

- Shannon
 - $C=B \cdot \log_2(1+SNR)$

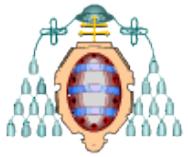
C: Capacidad (bps = bits/seg)
B: Ancho de banda (Hz)
SNR: Relación señal/ruido $SNR=P_s(W)/P_N(W)$





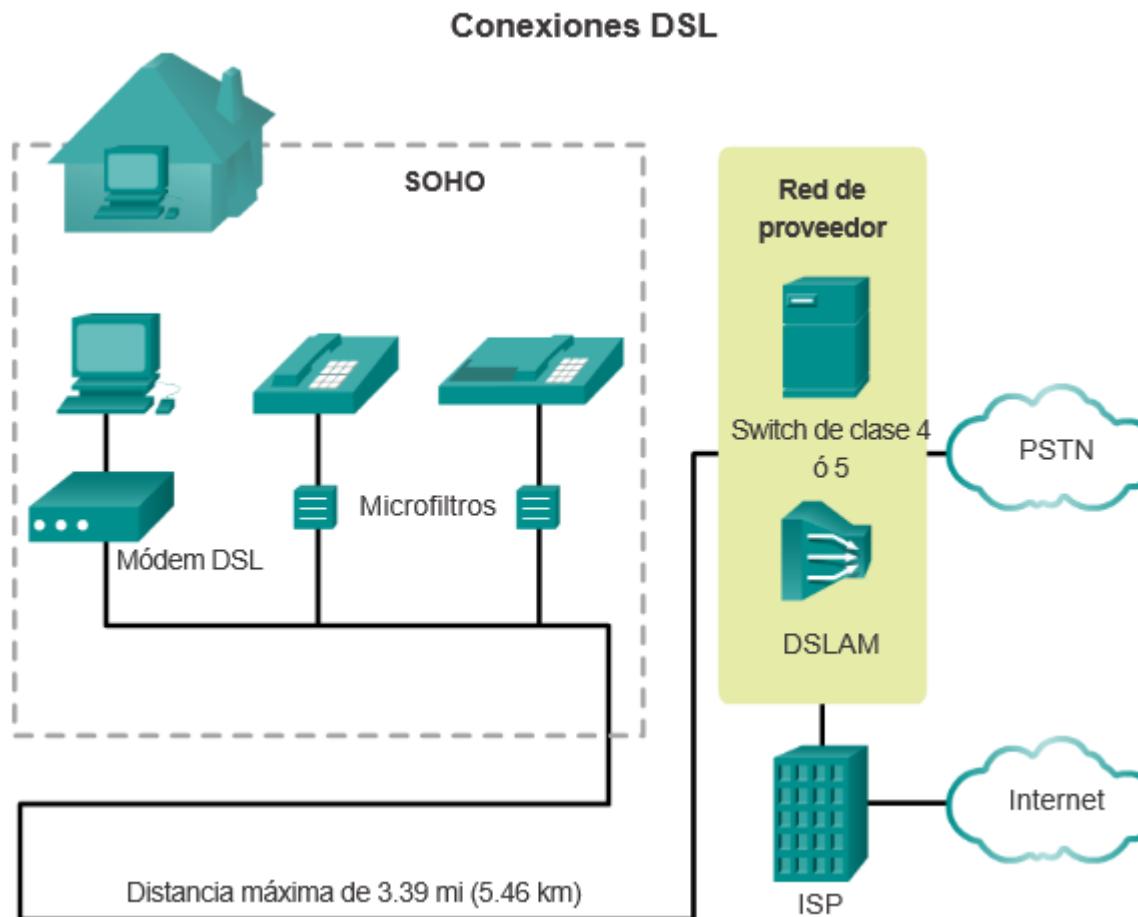
Sistemas ADSL

- Desarrollo de IPTV
- DSLAM pasan de ATM a conmutadores Ethernet
 - Routers IP IP-DSLAM
 - Posibilidad de multicast
- ADSL2, ADSL2+
 - Mayores capacidades en el bucle
 - Mayores alcances
 - Oferta de 2 canales de TV estándar
 - TV de alta definición en bucles cortos
- Nuevos sistemas de codificación de vídeo
 - Paso de MPEG2 a MPEG4
 - Reducir a la mitad la capacidad necesaria con la misma calidad
- Compatibilidad hacia atrás con sistemas anteriores

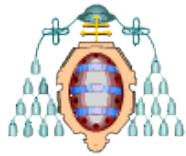


Conexiones DSL

Ingeniería
Telemática

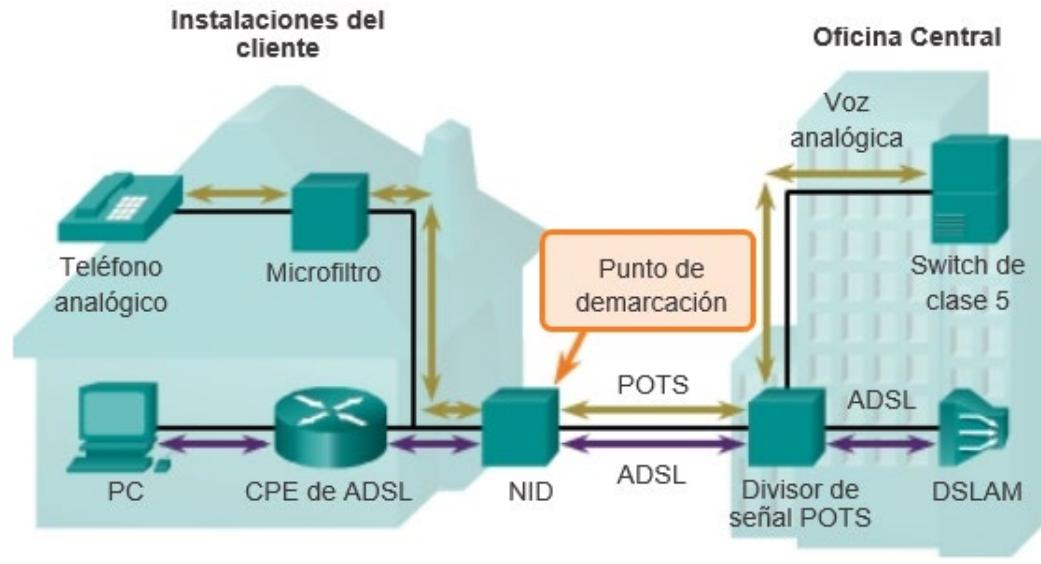


Fuente:
Cisco Networking Academy



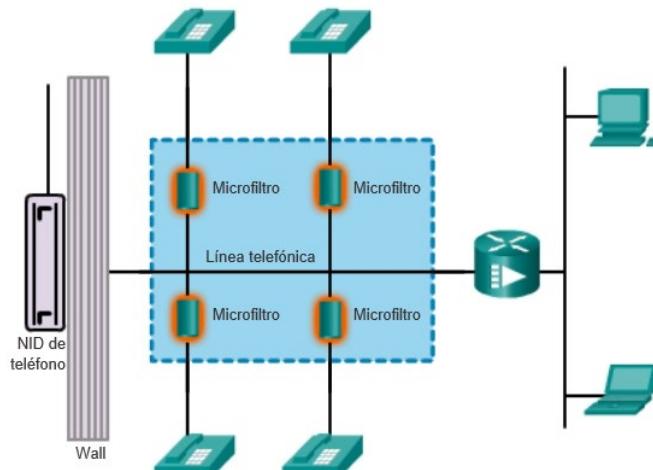
Separación de voz y datos

Ingeniería
Telemática

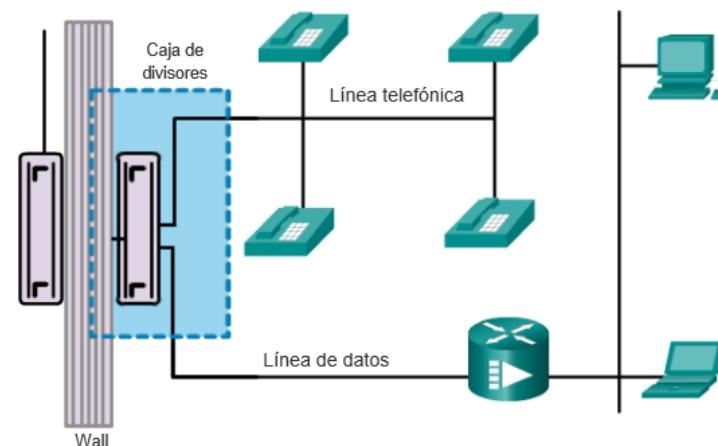


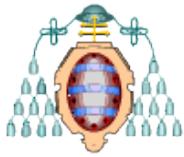
Fuente:
Cisco Networking Academy

Microfiltros

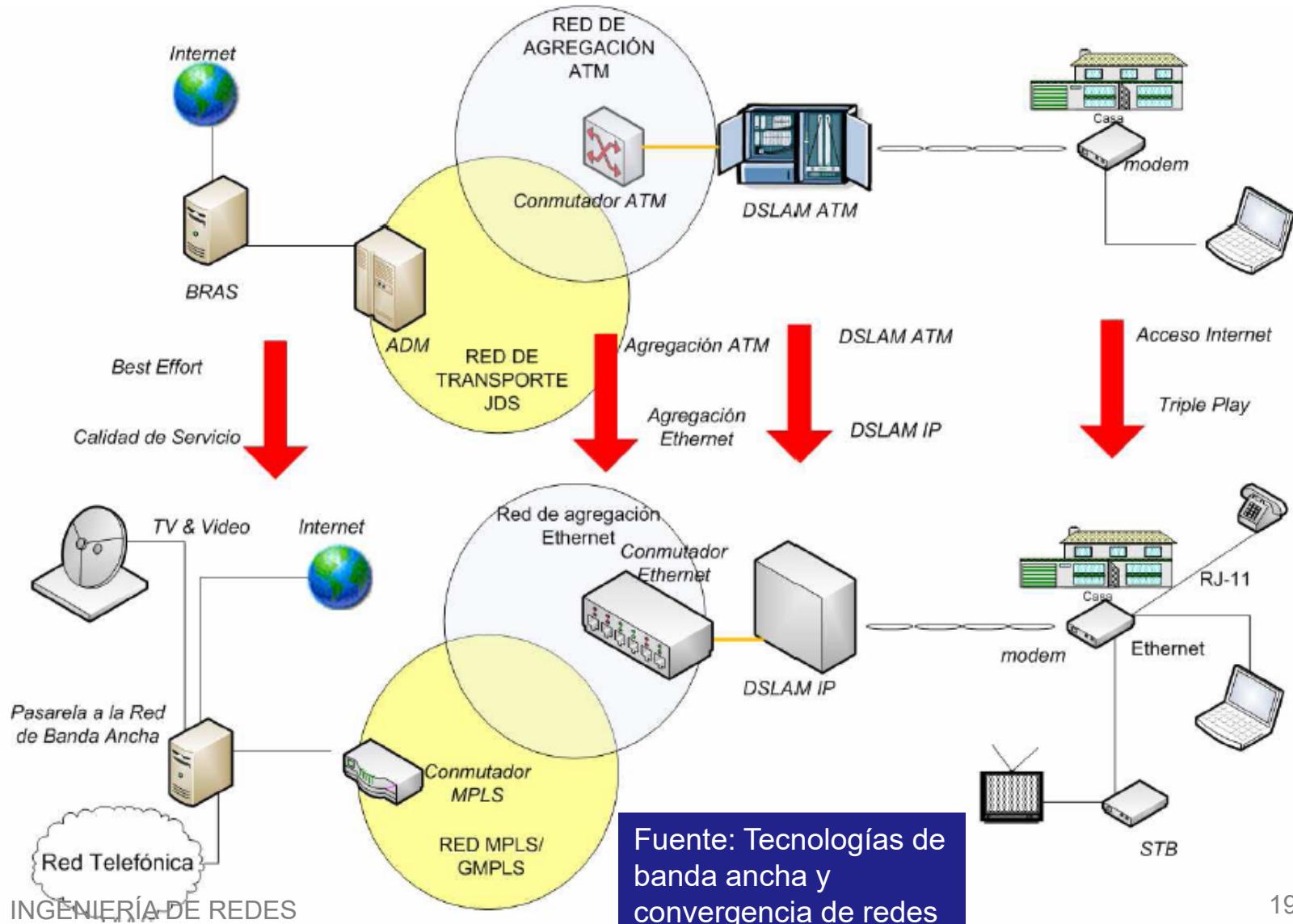


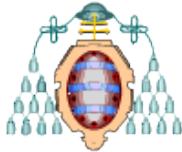
Divisor de señal



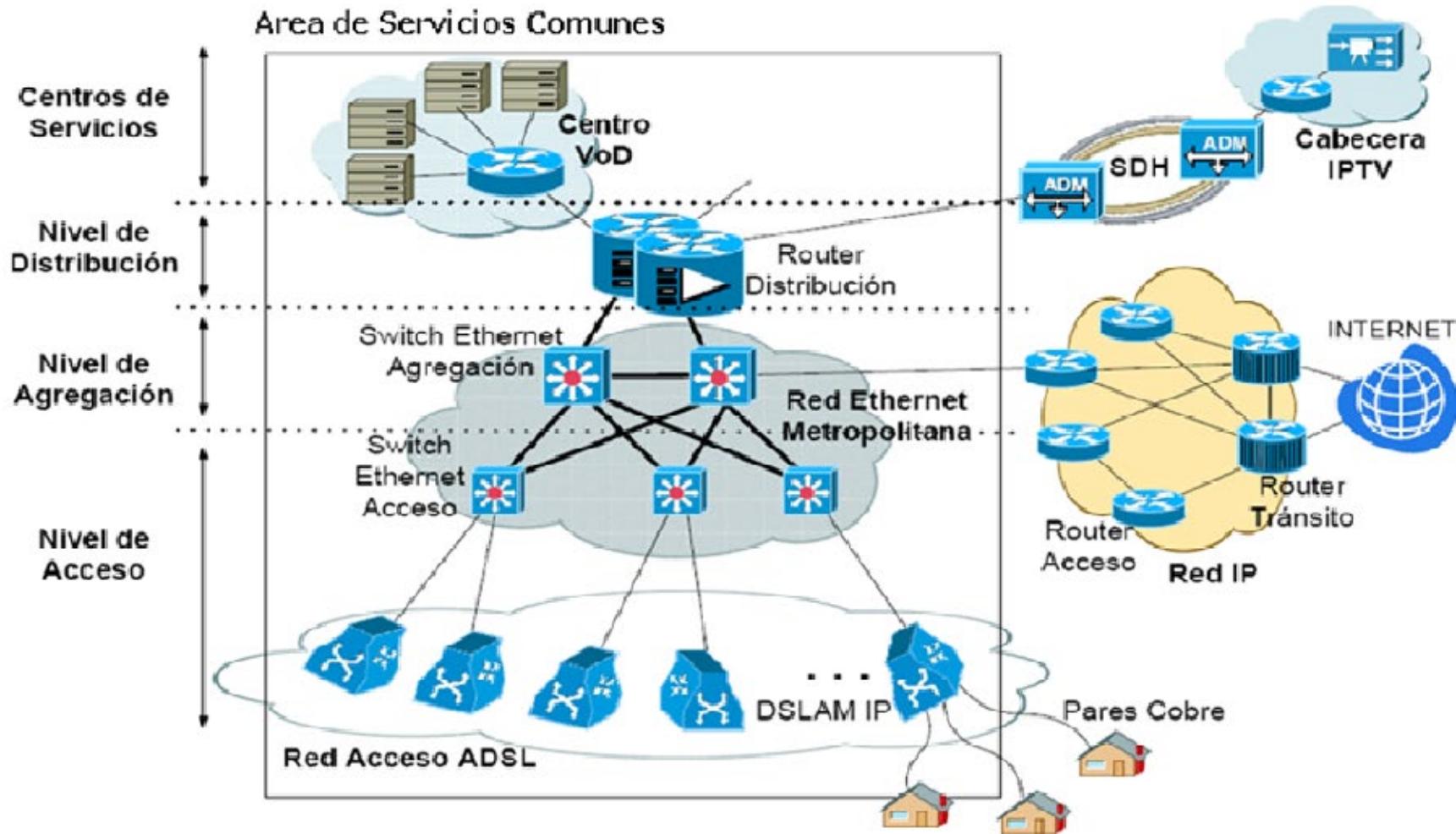


Sistemas ADSL

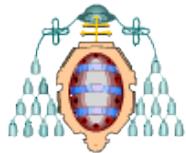




Red imagenio

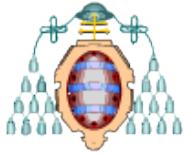


Fuente: Telefónica de España



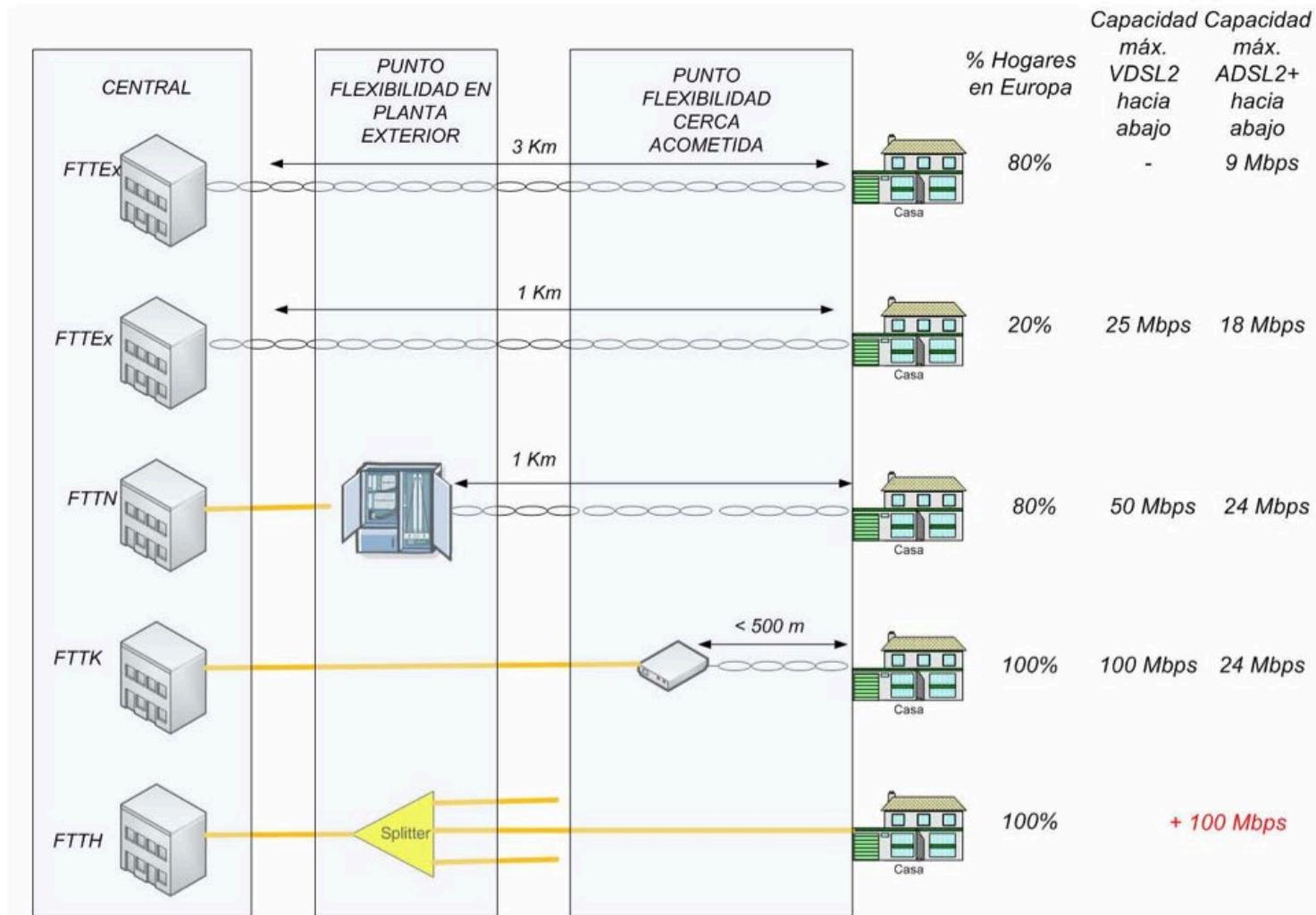
Capacidades máximas de ADSL

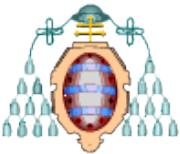
Familia	Rec. UIT-T	Fecha	Capacidades máximas
ADSL	G.992.1	1999	7 Mbit/s bajada 800 kbit/s subida
ADSL2	G.992.3	2002	8 Mbit/s bajada 1 Mbit/s subida
ADSL2plus	G.992.5	2003	24 Mbit/s bajada 1 Mbit/s subida
ADSL2-RE	G.992.3	2003	8 Mbit/s bajada 1 Mbit/s subida



VDSL: Very high speed Digital Subscriber Line

Ingeniería
Telemática





Tecnologías de fibra óptica (FTTX)

Ingeniería
Telemática

- Acceso con fibra hasta el usuario
 - FTTH: Fiber To The Home
 - FTTO: Fiber To The Office
 - FTTC: Fiber To The Curb
 - FTTB: Fiber To The Building
 - FTSA: Fiber To The Service Area
 - FTTLA: Fiber To The Last Amplifier
- Es la tecnología de acceso fijo objetivo final
 - Superior a las demás
 - Capacidad casi ilimitada
 - Bajas pérdidas de transmisión
 - Pequeño diámetro y peso
 - Resistencia a agresiones del entorno
 - agua, rayos, interferencias electromagnéticas, difícil de “pinchar”, ...
- Despliegue de fibra hasta el usuario a nivel mundial
 - Fibra óptica: 20 millones (2008) → 148 millones (2021)
 - Tecnologías DSL: 238 millones (2008) → 132 millones (2021)

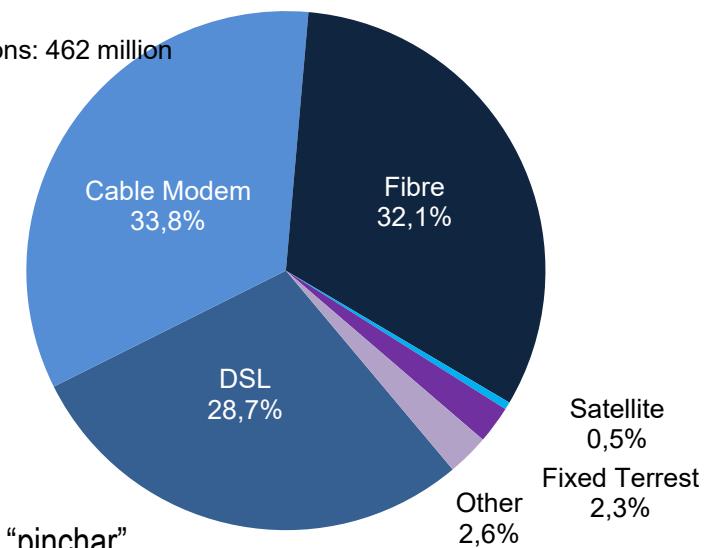
Capacidades FTTH Ethernet FTTH

Ethernet Activa (IEEE 803.3ah): 1Gbps y 10Gbps
GPON (UIT-T G.984): 2.5Gbps
GEPO (IEEE 802.3 Ethernet PON): 1 Gbps

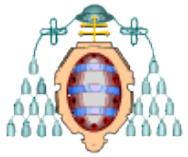
OECD Fixed broadband subscriptions, by technology,
June 2021

Total subscriptions: 462 million

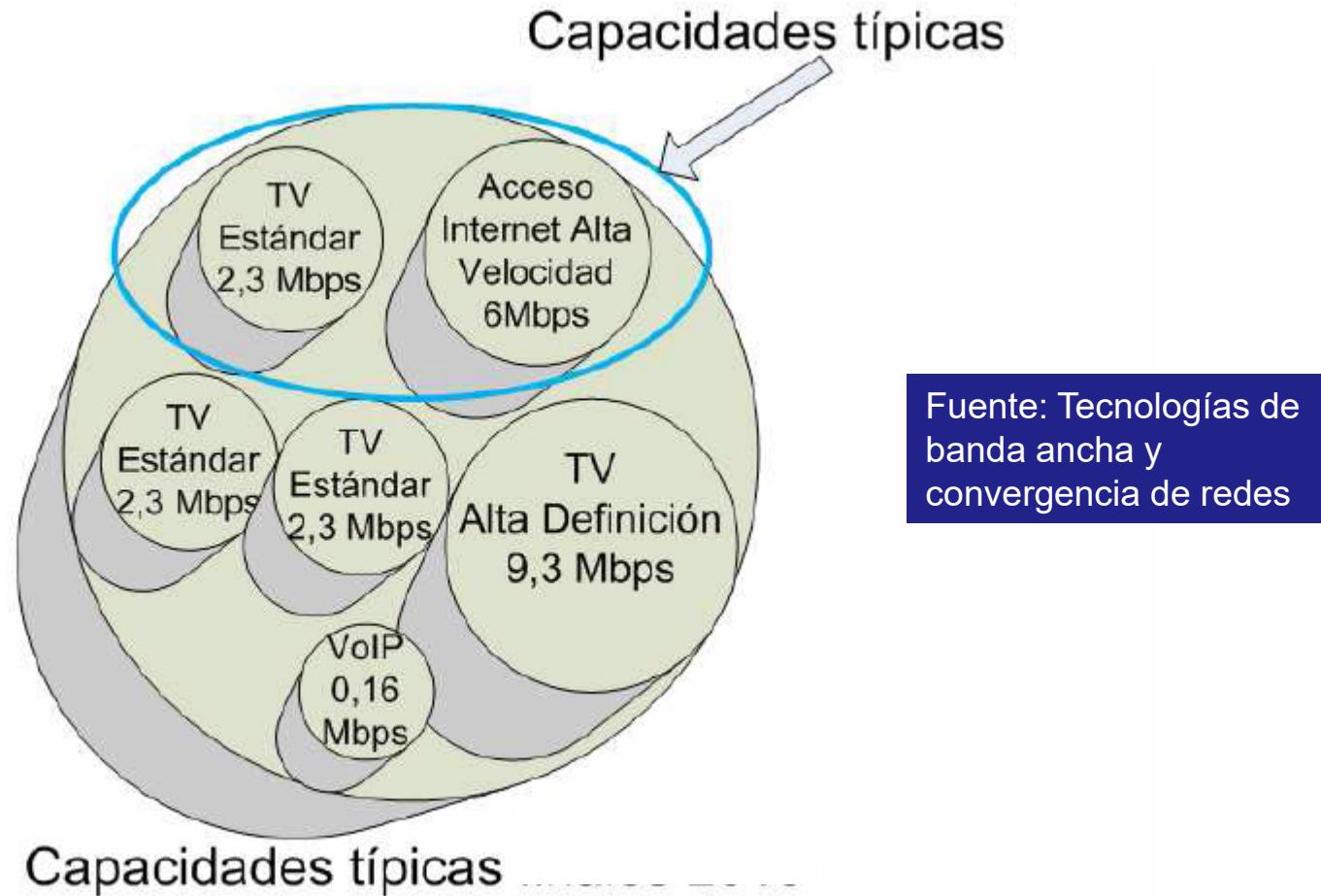
Source : OECD

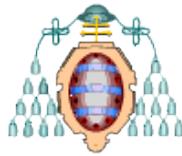


462 million total fixed
broadband subscriptions
across all OECD
countries.



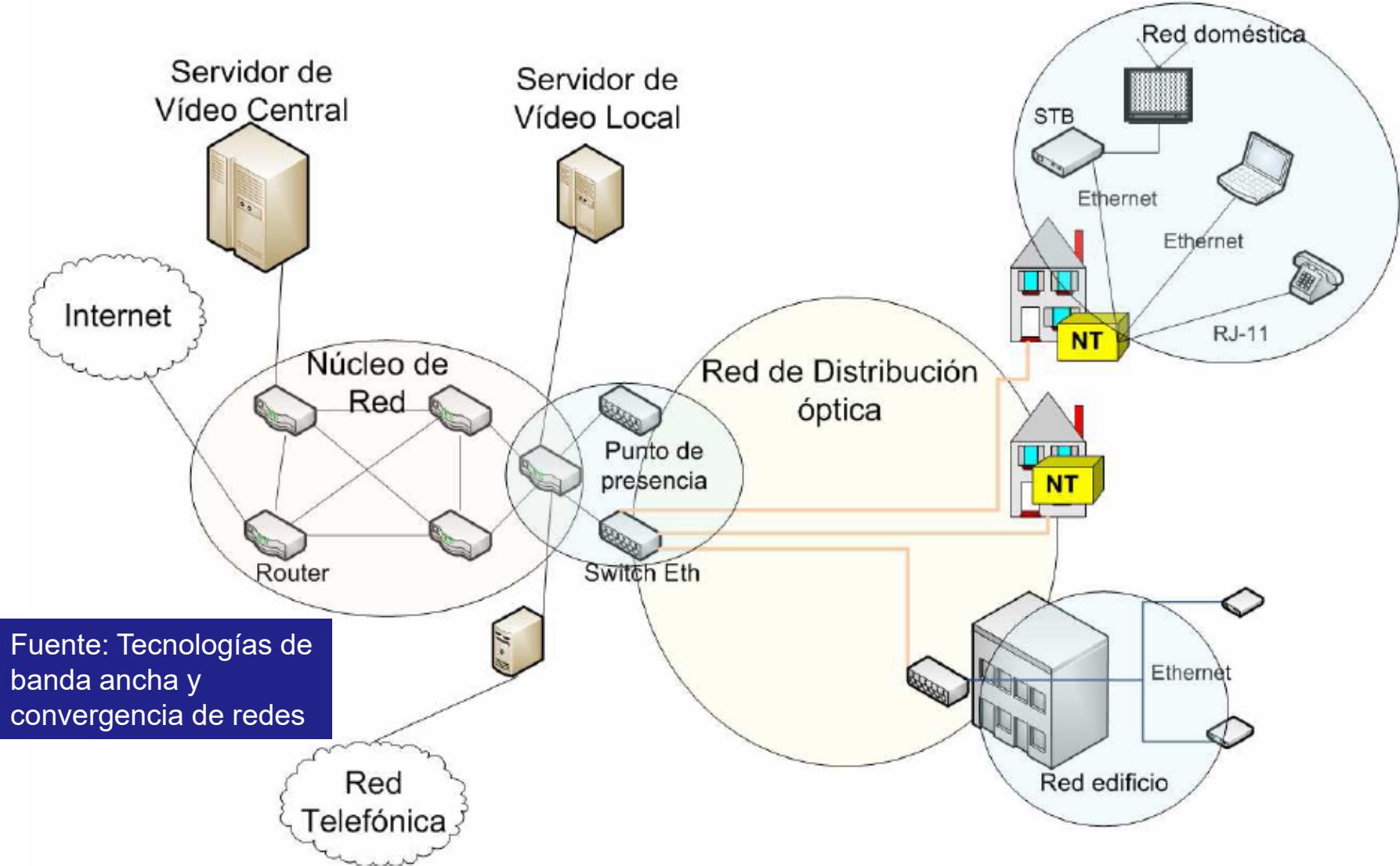
Necesidades de servicio típicas





Configuraciones FTTH punto a punto

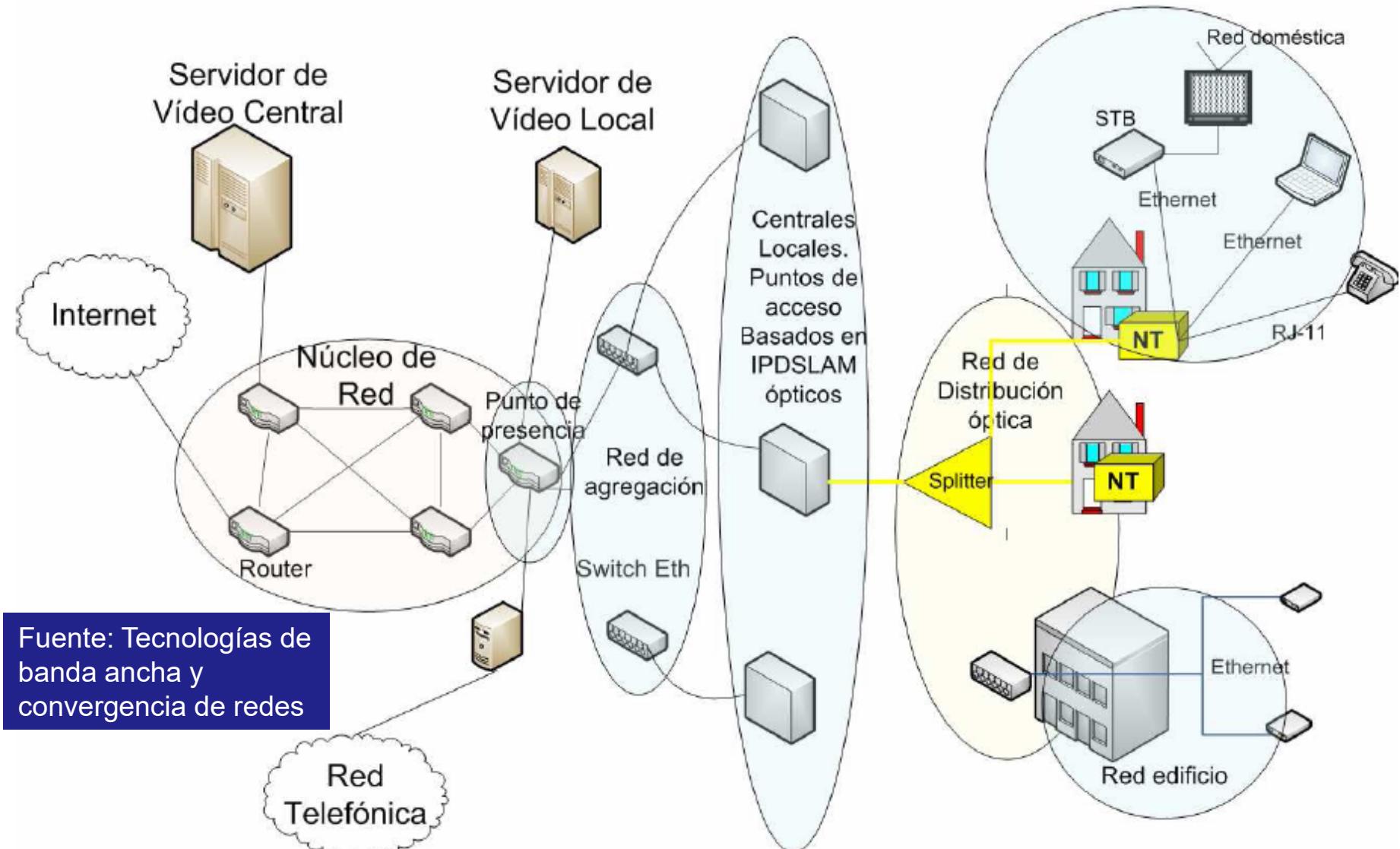
Ingeniería
Telemática





Red de acceso FTTH

Ingeniería
Telemática



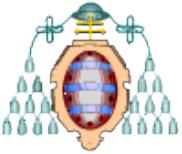


Tecnologías de fibra óptica (FTTX)

- Adecuación de las tecnologías FTTH a los servicios considerados

Servicio	Soporte en FTTH
Telefonía	Soporte total. La capacidad requerida resulta marginal respecto a la capacidad disponible. Los sistemas PON y punto a punto proveen las clases de calidad de servicio requeridas.
Streaming	Soporte total. Los sistemas proporcionan las capacidades requeridas y son capaces de asignar las clases de calidad de servicio que se decidan en la coexistencia con otros servicios de forma que la calidad de la reproducción de streaming puede adecuarse a la máxima del contenido.
Descarga entre pares (Peer to peer)	Soporte total.
Juegos en red	Soporte total. Incluso en sistemas PON que introducen latencia por la contención de acceso al medio en la dirección usuario red, esta está limitada por debajo de 2,5ms.
Distribución de TV	Soporte total. En el diseño de las arquitecturas de acceso y agregación esta aplicación es un objetivo prioritario. Las prestaciones son similares a los sistemas HFC con canales digitales.
Vídeo bajo demanda	Adecuado con las mismas consideraciones del servicio de distribución de TV.

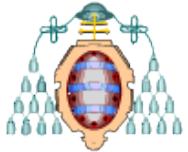
Fuente: Tecnologías de banda ancha y convergencia de redes



Redes IEEE 802.16 (WiMAX)

Ingeniería
Telemática

- IEEE 802.16/WiMAX proporciona acceso de banda ancha inalámbrico
- Se presenta como alternativa a otras tecnologías de banda ancha
 - ADSL, cablemodem, PLC, satélite
- Solución económica para el despliegue rápido de redes en áreas sin cobertura de banda ancha
 - Cobertura hasta 50Km de la estación base
 - Servicios de acceso a Internet y telefonía
 - Grandes anchos de banda (hasta 70Mbps)
 - Garantía de calidad de servicio (QoS)

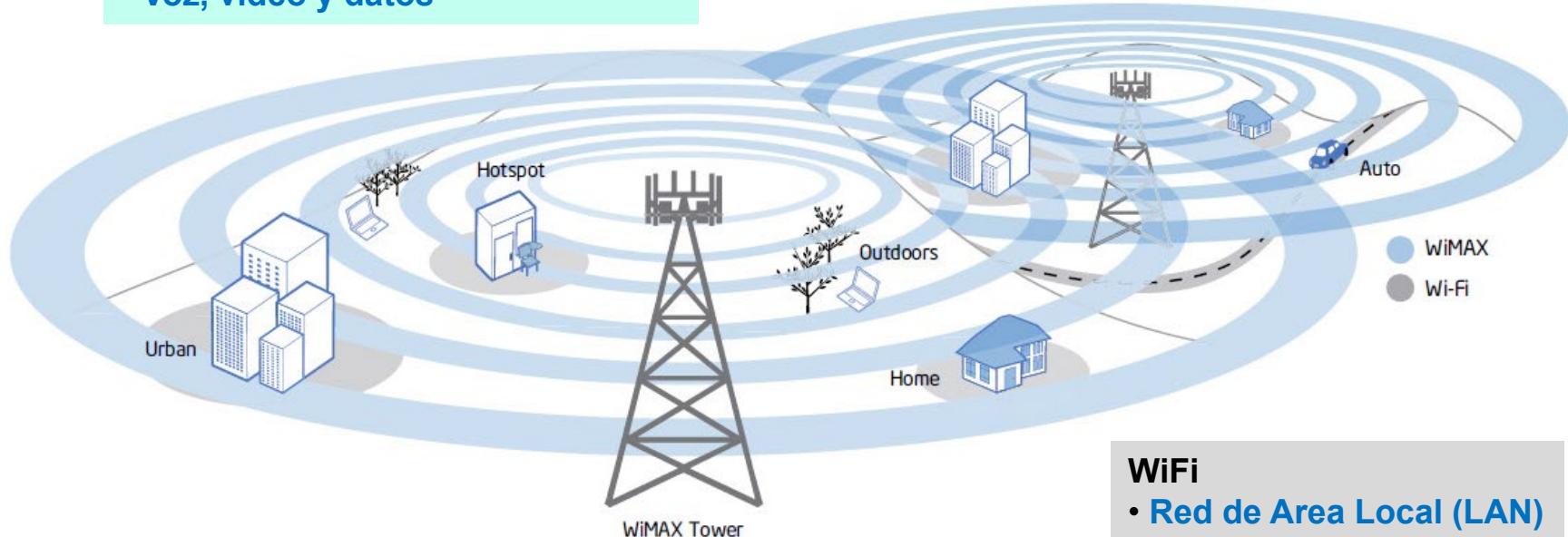


Redes IEEE 802.16 (WiMAX)

Ingeniería
Telemática

WiMAX

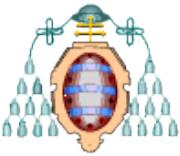
- Red de Área Amplia (MAN, WAN)
- Entorno rural y urbano
- Calidades de servicio
- Voz, video y datos



WiFi

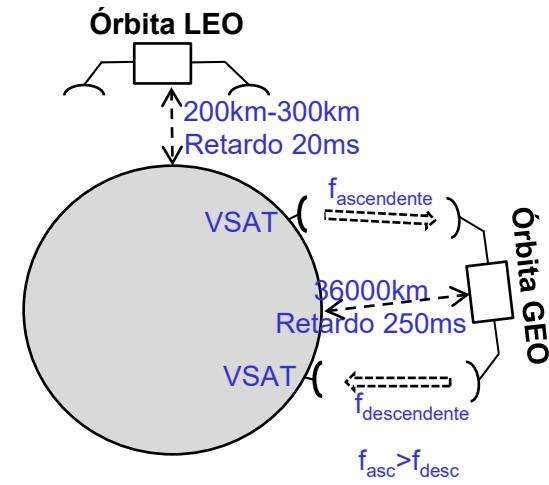
- Red de Área Local (LAN)
- Cobertura limitada
- Internet y datos

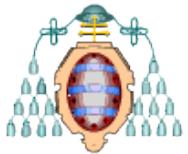




Redes de acceso por satélite

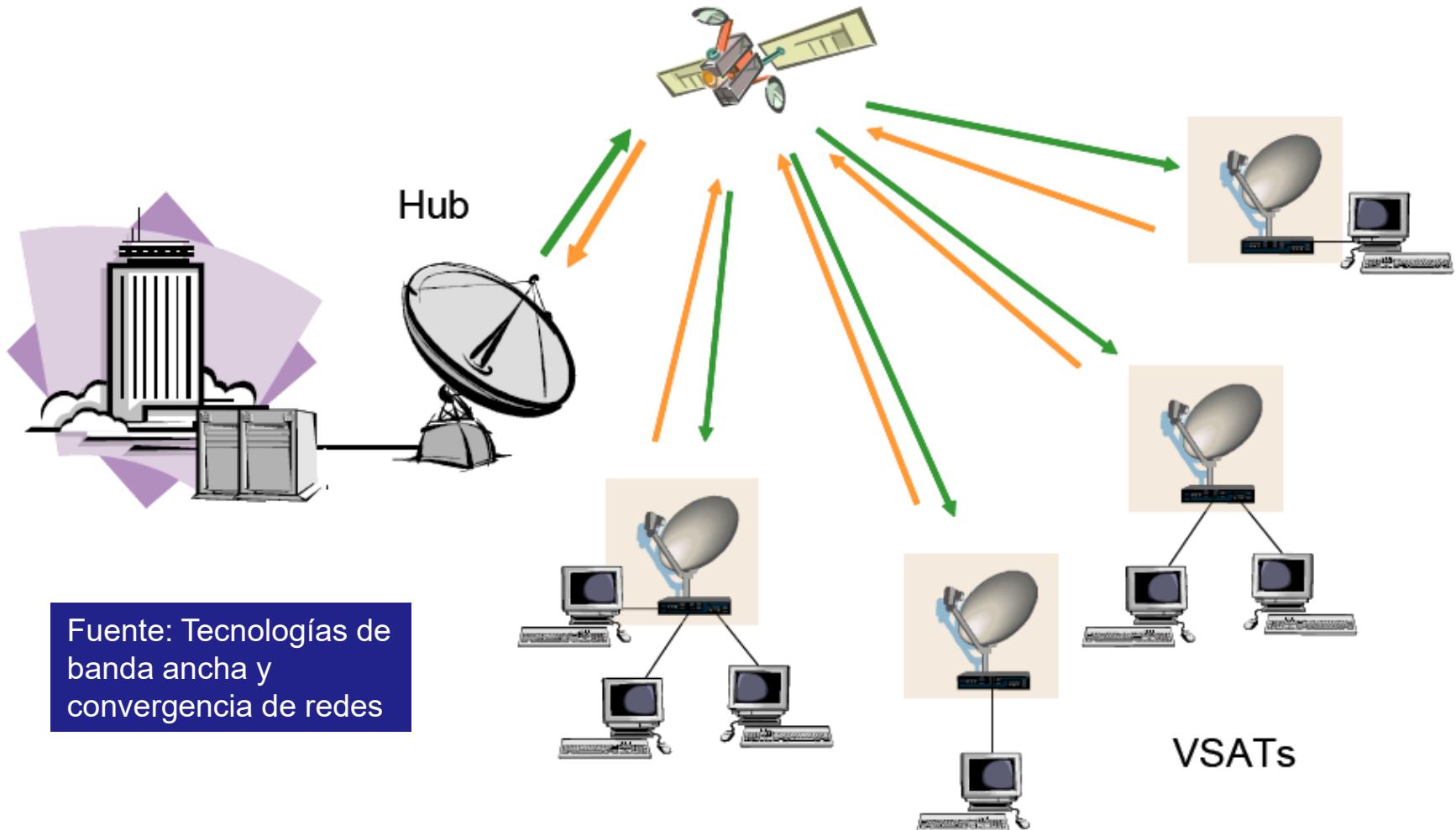
- Redes de satélite se caracterizan por
 - Muy amplia cobertura, rapidez de instalación de terminales, coste independiente de las distancia
 - Alcance en ubicaciones remotas
 - Capacidad de hasta cientos de Mbps en downlink
 - Adecuación para servicios de difusión y multicast
 - Satélites en órbita geoestacionaria (GEO)
 - 35786 Km de la superficie terrestre
 - Retardo y atenuación elevados
 - Terminales fijos con antenas grandes VSAT
 - Redes de satélites Inmarsat permiten acceso desde terminales portátiles a velocidades bajas (240/384 kbps)
 - Satélites en órbitas bajas (LEO)
 - Acceso directo de los usuarios al satélite

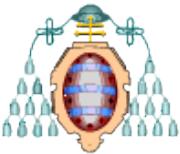




Red VSAT de comunicaciones por satélite

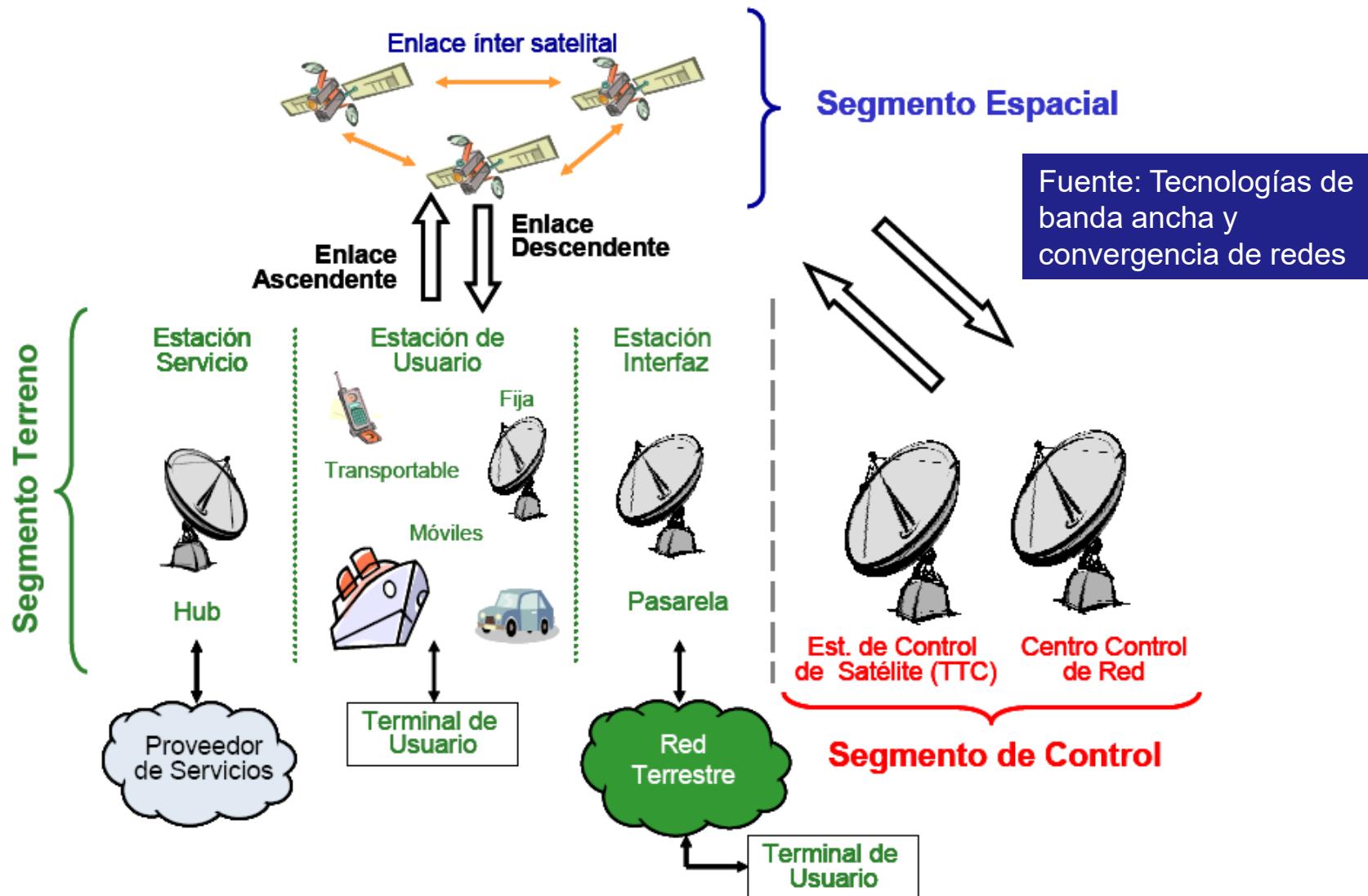
Ingeniería
Telemática

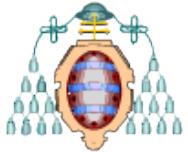




Arquitectura genérica

Ingeniería
Telemática





Velocidades banda ancha

Ingeniería
Telemática

Accedido 02/03/2020

VIASAT: INTERNET SATÉLITE DE ALTA VELOCIDAD

EN CUALQUIER PUNTO DE ESPAÑA **50Mbps**

SkyDSL: Internet de alta velocidad en todas partes **50Mbps**

Accedido 01/03/2022

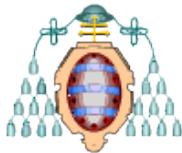
Starlink ofrece servicio de alta velocidad y baja latencia a través de todo el mundo.

Fuente: starlink.com
Órbita LEO
100Mbps-200Mbps
Latencia 20ms
Diseñado por SPACEX

**ALTA VELOCIDAD,
BAJA LATENCIA**

Utilizando satélites avanzados en una órbita baja, Starlink permite videollamadas, juegos en línea, transmisión y otras actividades de alta velocidad de datos que históricamente no han sido posibles con Internet por satélite. Durante la versión beta, usuarios podrán ver velocidades entre los 100 Mbps y 200 Mbps y una latencia tan baja como los 20ms en la mayoría de los lugares.

[OBTENER MÁS INFORMACIÓN](#)

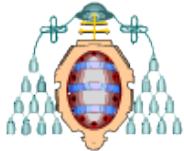


Adecuación de las redes satélite a los servicios

Ingeniería
Telemática

Servicios	Tipo de Sistema	
	GEO	LEO
Telefonía	Adecuación media, se implementan mecanismos de cancelación de ecos para compensación de los elevados retardos de transmisión.	Adecuados, sistemas diseñados específicamente con este fin
Streaming	Adecuados para audio y para video a media/baja velocidad.	Adecuado para streaming de audio y, en el caso de vídeo, a muy baja velocidad.
Descarga entre pares (Peer to peer)	Adecuado para esta y otras aplicaciones de transferencia de archivos sin requisitos de retardo.	Permite acceso a Internet de muy baja velocidad, adecuación a esta aplicación dependiente de la velocidad requerida.
Juegos en red	Adecuación baja dados los retardos implicados en la comunicación.	Permite acceso a Internet de muy baja velocidad, adecuación baja a esta aplicación.
Difusión de TV	Especialmente adecuados para la distribución de TV por las capacidad / cobertura y escalabilidad que proporcionan	No aplicable
Video bajo Demanda	Adecuado por capacidad, limitado por granularidad.	No aplicable

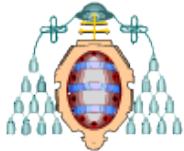
Fuente: Tecnologías de banda ancha y convergencia de redes



Redes locales inalámbricas (WLAN)

Ingeniería
Telemática

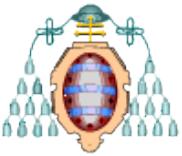
- WLAN: *Wireless Local Area Network*
- Redes de área local LAN
 - Sin necesidad de cables
- Tipos:
 - **Infraestructura**
 - Acceso a una red externa mediante puntos de interconexión
 - **Ad-Hoc**
 - Comunicación entre los terminales de usuario
 - Generalmente sin conexión a redes externas
- Estándar IEEE 802.11
- Bandas de frecuencias sin licencia
 - 2.4GHz, 5GHz



Tecnologías WLAN

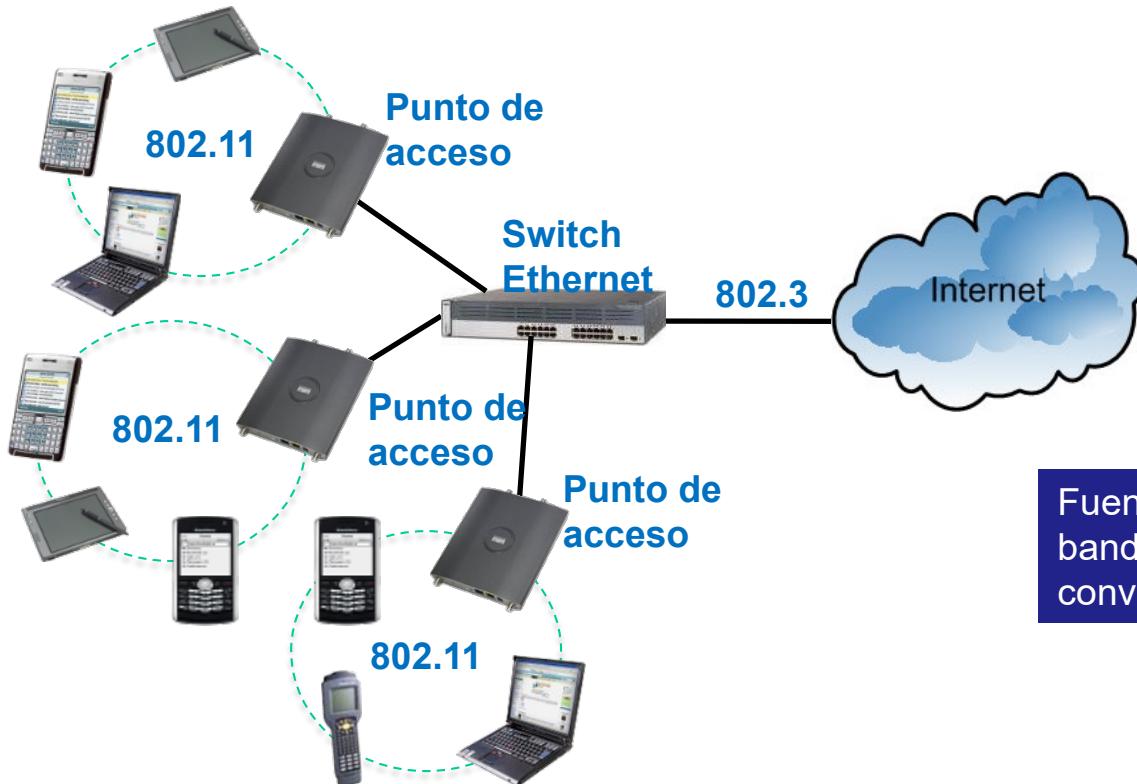
Ingeniería
Telemática

Estándar	Publicación	Banda	Modulación	Velocidades
802.11	1997	2.4 GHz	FHSS, DSSS	1,2 Mbps
802.11a	1999	5 GHz	OFDM	6,9,12,18,24,36,48,54 Mbps
802.11b	1999	2.4 GHz	DSSS	1,2,5,5,11 Mbps
802.11g	2003	2.4 GHz	DSSS, OFDM	6,9,12,18,24,36,48,54 Mbps
802.11n Wi-Fi 4	2009	2.4, 5 GHz	OFDM	15-150Mbps
802.11ac Wi-Fi 5		5 GHz	MU-MIMO	3.5 Gbps
802.11ax Wi-Fi 6	2020	5 GHz 6GHz (6E)		9.6 Gbps



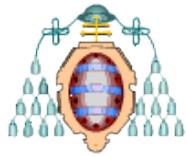
Estructura de red WLAN

Ingeniería
Telemática



Fuente: Tecnologías de banda ancha y convergencia de redes

Red WiFi con puntos de acceso autónomos

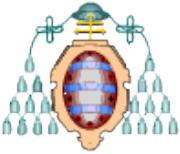


Adecuación de las WLAN a los servicios

Ingeniería
Telemática

Fuente: Tecnologías de banda ancha y convergencia de redes

Servicio	Soporte en WLAN
Telefonía	Adecuado si se implementan los mecanismos de calidad de servicio que dan prioridad a la voz y, en redes con varios puntos de acceso, los mecanismos de traspaso rápido de llamadas. No obstante, la eficiencia será baja debido a la elevada sobrecarga de las capas física y de acceso al medio en comparación con el pequeño tamaño de los paquetes de voz.
Streaming	Adecuado para <i>streaming</i> de audio y, en el caso de vídeo, para flujos de velocidad moderada, por ejemplo para mostrar vídeo en terminales móviles con pantalla pequeña.
Descarga entre pares (Peer to peer)	Adecuado para esta y otras aplicaciones de transferencia de archivos sin requisitos de retardo.
Juegos en red	Adecuado. Según los casos puede ser necesario asignar un nivel de prioridad más alto a los juegos de alta interactividad.
Distribución de TV	Adecuado si se usan las capas físicas de mayor velocidad y suponiendo que no se necesita transportar más de 1 ó 2 programas simultáneamente.
Vídeo bajo demanda	Adecuado con las mismas consideraciones que el servicio de TV.

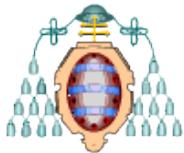


Comunicaciones móviles

de banda ancha

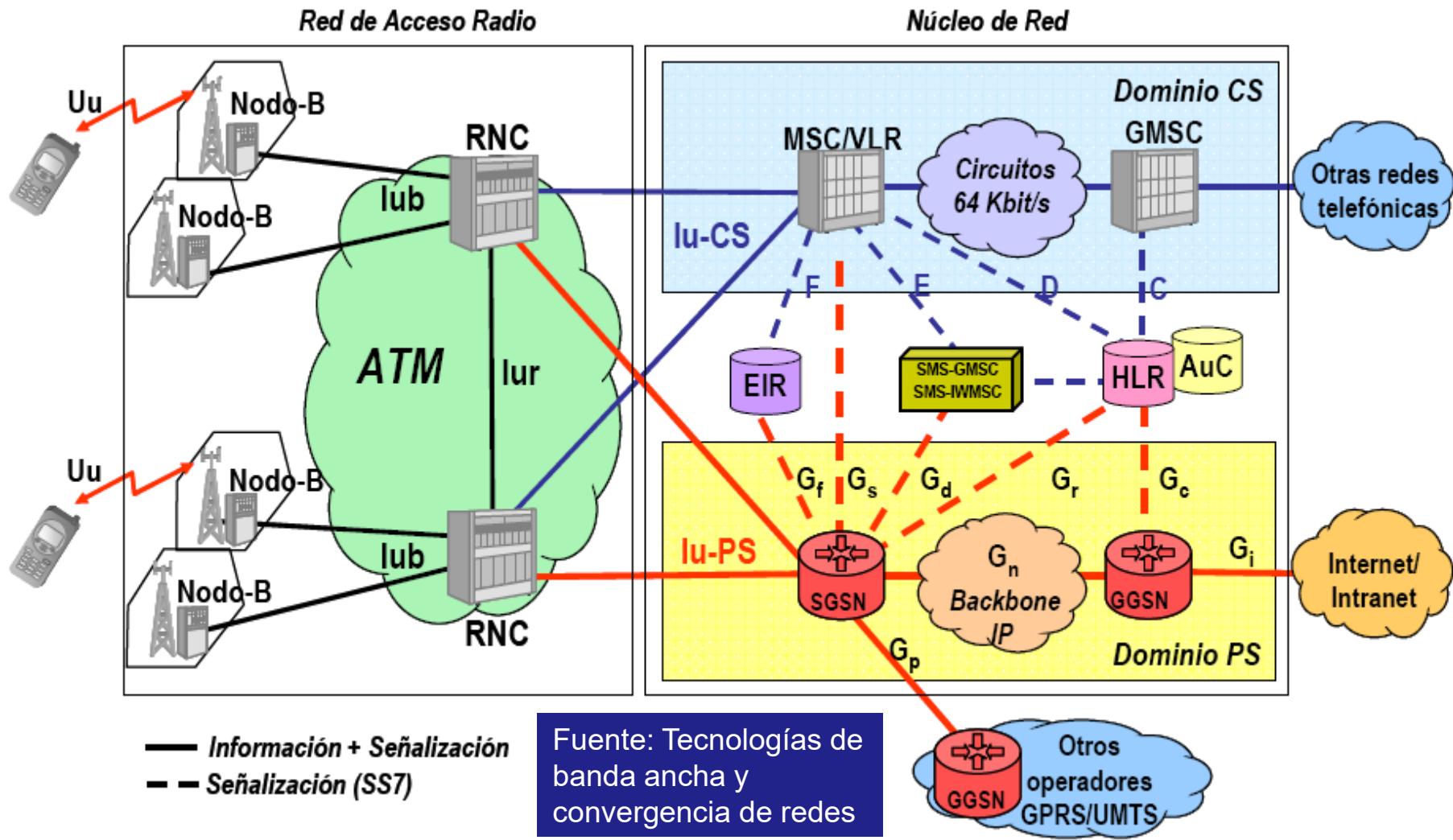
Ingeniería
Telemática

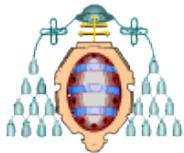
- Servicio sobre áreas geográficas extensas
 - Divididas en zonas de cobertura (células)
 - Cada célula atendida por una estación base radio
- Generaciones de sistemas móviles
 - Primera generación: Generación analógica
 - Segunda generación (2G): GSM
 - Sistemas 2.5G: HSCSD, GPRS, EDGE
 - Sistemas 3G: UMTS, CDMA2000
 - Sistemas 3.5G: HSDPA, HSUPA
 - Sistemas 4G: ¿LTE, 802.16m? → **LTE**
 - Sistemas 5G



Arquitectura de red UMTS

Ingeniería
Telemática





Velocidades de transferencia

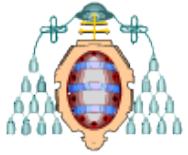
Ingeniería
Telemática

	Caudales teóricos		Caudales prácticos	
	Bajada	Subida	Bajada	Subida
GSM	9600 kbit/s	9600 kbit/s	9600 kbit/s	9600 kbit/s
GPRS	171 kbit/s	171 kbit/s	50 kbit/s	10 kbit/s
UMTS Rel. 99	2048 kbit/s	384 kbit/s	384 kbit/s	64 kbit/s
HSDPA	14,4 Mbit/s	384 kbit/s	2-3 Mbit/s	64-384 kbit/s
HSDPA+ HSUPA	14,4 Mbit/s	5,7 Mbit/s	2-3 Mbit/s	1-2 Mbit/s
HSPA+	28 Mbit/s	5,76 Mbit/s	10 Mbit/s *	7 Mbit/s *
LTE	100 Mbit/s	50 Mbit/s	30 Mbit/s *	15 Mbit/s *

* Estimado

5G: velocidades en movilidad superiores a 100 Mbit/s con picos de 1 Gbit/s. Latencia 1 milisegundo (ms) frente a 20-30 ms propios de las redes 4G

Fuente: Tecnologías de banda ancha y convergencia de redes



Bibliografía

Ingeniería
Telemática

- Tecnologías de banda ancha y convergencia de redes
 - M. Alvarez-Campana et al.
 - Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

