

# Nuestras Redes de Cable, están listas para Docsis 3.1?

Ing. Juan Ramon García Bish  
jrgbish@hotmail.com



Encuentro Regional  
de Telecomunicaciones  
**ROSARIO 2014**

Edición 2014 : 2 y 3 de Julio



# Datos en Redes de Cable

- ▶ A fines de la década del 90 los operadores del cable dan el primer paso hacia el triple play incorporando servicios de acceso a internet.
- ▶ Los primeros sistemas fueron propietarios y algunos de ellos utilizaban el retorno telefónico porque las redes eran unidireccionales.
- ▶ La norma Docsis aparece en 1997 para asegurar la interoperabilidad entre diferentes fabricantes y equipos.
- ▶ Cablelabs es el ente regulador de esta normativa:
  - Cablemodems → Certification (Certificación)
  - CMTS & Interfaces → Qualification (Calificación)



Nortel-LanCity



Netgame Juno



Terayon



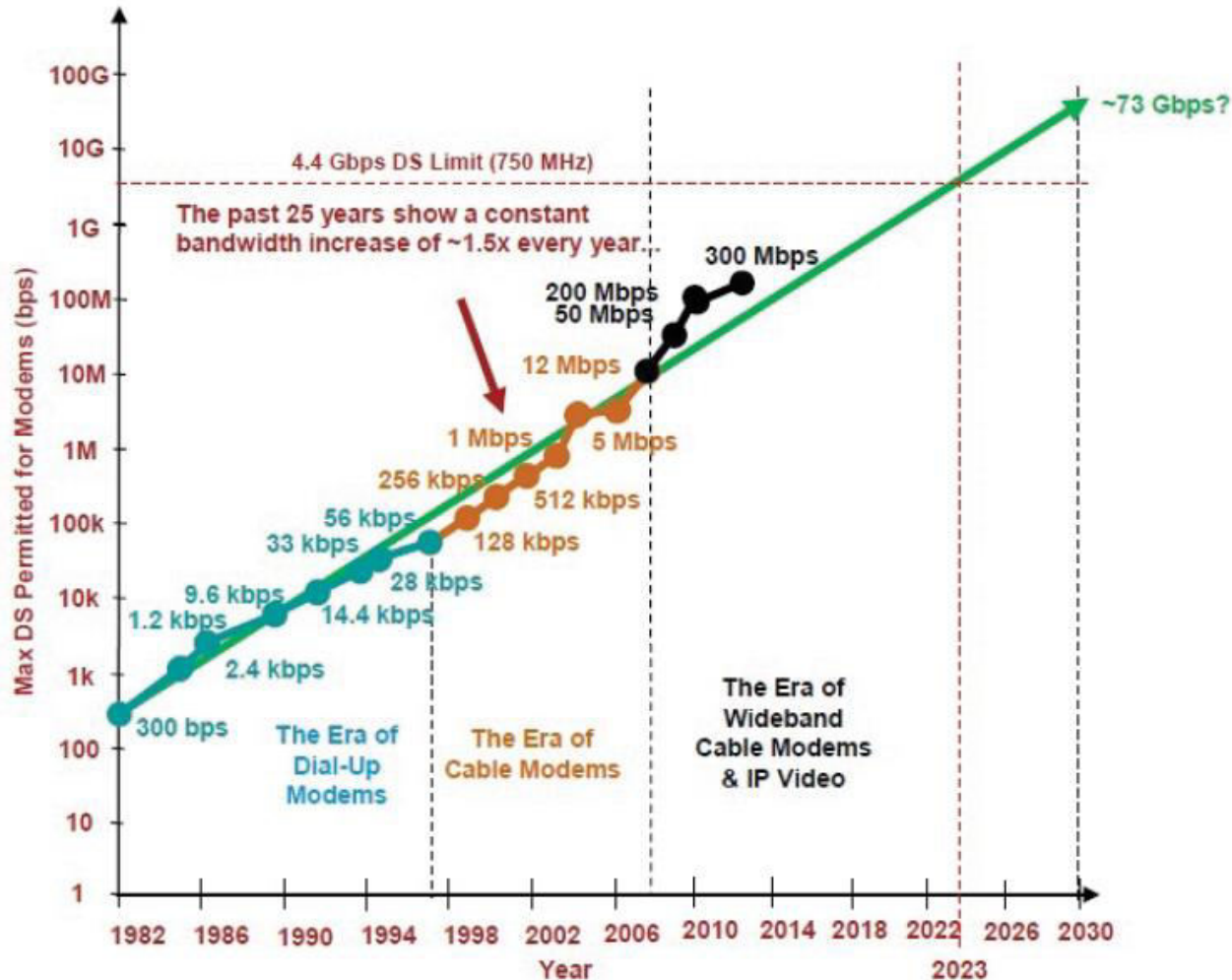
Motorola Cyberboard

# Evolución Tecnología Docsis

- ▶ 1997 – Docsis 1.0  
Máxima velocidad de Downstream 42 Mbps  
Máxima velocidad de Upstream 10 Mbps  
Sin calidad de servicio
- ▶ 1999 – Docsis 1.1  
Mismas velocidades que Docsis 1.0  
Agrega calidad de servicio, fragmentación, concatenación, supresión encabezamiento, aprovisionamiento seguro.
- ▶ 2001 – Docsis 2.0  
Máxima velocidad de Downstream 42 Mbps (no cambia)  
Máxima velocidad de Upstream 30 Mbps (se triplica)  
Aumenta ancho del canal de upstream y agrega modul 64 QAM  
Incorpora “spread spectrum” en upstream con el SCDMA
- ▶ 2006 – Docsis 3.0  
Para llegar a mayores velocidades incorpora el “bonding”  
Agrupacion típica 8x4 → 336Mbps DS x 120 Mbps US

# Evolución de la Capacidad

- ▶ Ley de Nielsen  
La oferta de máxima capacidad se duplica cada dos años



# Objetivo de Docsis 3.0

## → Igualar Capacidad de GEAPON

- ▶ Bonding de 24 CH en Downstream.  
Ancho de banda ocupado → 144 Mhz
- ▶ Capacidad de Downstream  
Modulación 256QAM →  $24 \times 42 \text{ Mbps} = 1008 \text{ Mbps}$
- ▶ Bonding de 4 CH en Upstream (Split Americano)  
Ancho de banda ocupado → 24 Mhz (18-42 MHz)
- ▶ Bonding de 8 CH en Upstream (Split Europeo)  
Ancho de banda ocupado → 48 MHz (17-65 Mhz)
- ▶ Capacidad de Upstream  
Modulación 64 QAM →  $4 \times 30 \text{ Mbps} = 120 \text{ Mbps}$   
 $8 \times 30 \text{ Mbps} = 240 \text{ Mbps}$
- ▶ Conclusiones:
  - Si bien alcanza la capacidad de downstream de GEAPON normalmente se comparte entre mas de 32 usuarios
  - La capacidad de upstream queda limitada por el Split  
El Split europeo duplica la capacidad disponible  
Relación de asimetría 4:1



# Segundo Objetivo de Docsis 3.x

## Igualar capacidad de 10 GEpon

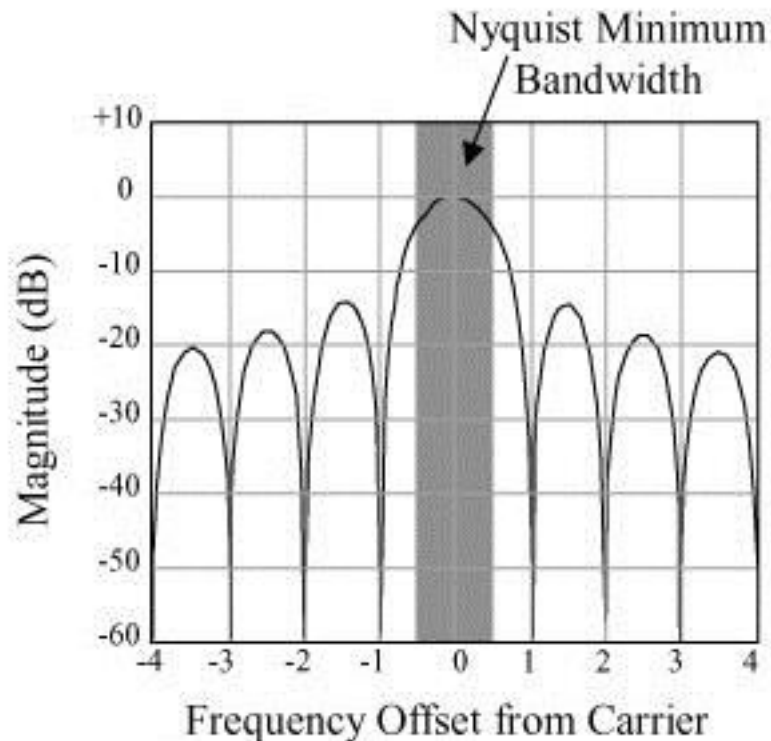
- ▶ Para igualar la capacidad de 10 GEpon se requiere:
  - ➔ Incrementar el Downstream hasta 10 Gbps
  - ➔ Incrementar el Upstream hasta 1 Gbps
- ▶ Para esto hace falta:
  - ➔ Aumentar el ancho de banda de Downstream hasta 1 GHz
  - ➔ Aumentar el ancho de banda de Upstream hasta 200 MHz
  - ➔ Cambiar el Split del sistema de Subsplit a High Split
  - ➔ Aumentar el BW total del sistema hasta 1,2GHz o 1,5GHz
  - ➔ Usar esquemas de modulación mas eficientes
    - Mayor cantidad de bits/seg por Hz: 4096 QAM (4K)
  - ➔ Utilizar esquemas de transmisión mas robustos : OFDM
  - ➔ Aplicar mejores técnicas de corrección de errores

# Capacidad del Canal

- ▶ La señal digital en banda base tiene un rico contenido armónico y teóricamente para transmitirla se requeriría un “**ancho de banda infinito**”.
- ▶ El teorema de **Nyquist** determina cual es el ancho de banda mínimo requerido y permite aplicar técnicas de filtrado para reducir así el ancho de banda ocupado.
- ▶ Para aumentar la eficiencia de ocupación del espectro se recurre a técnicas de modulación que permiten transmitir mayor cantidad de bit/seg x Hertz.
- ▶ Lamentablemente eficiencia y robustez se contraponen y cuanto mas eficiente es la transmisión a su vez se vuelve mas vulnerable respecto al ruido.
- ▶ El teorema de **Shanon** determina cual es la máxima capacidad “teórica” de un canal de transmisión en función de la relación S/N

# Teorema de Nyquist

- Nyquist determina cual es el ancho de banda mínimo requerido para transmitir una señal digital



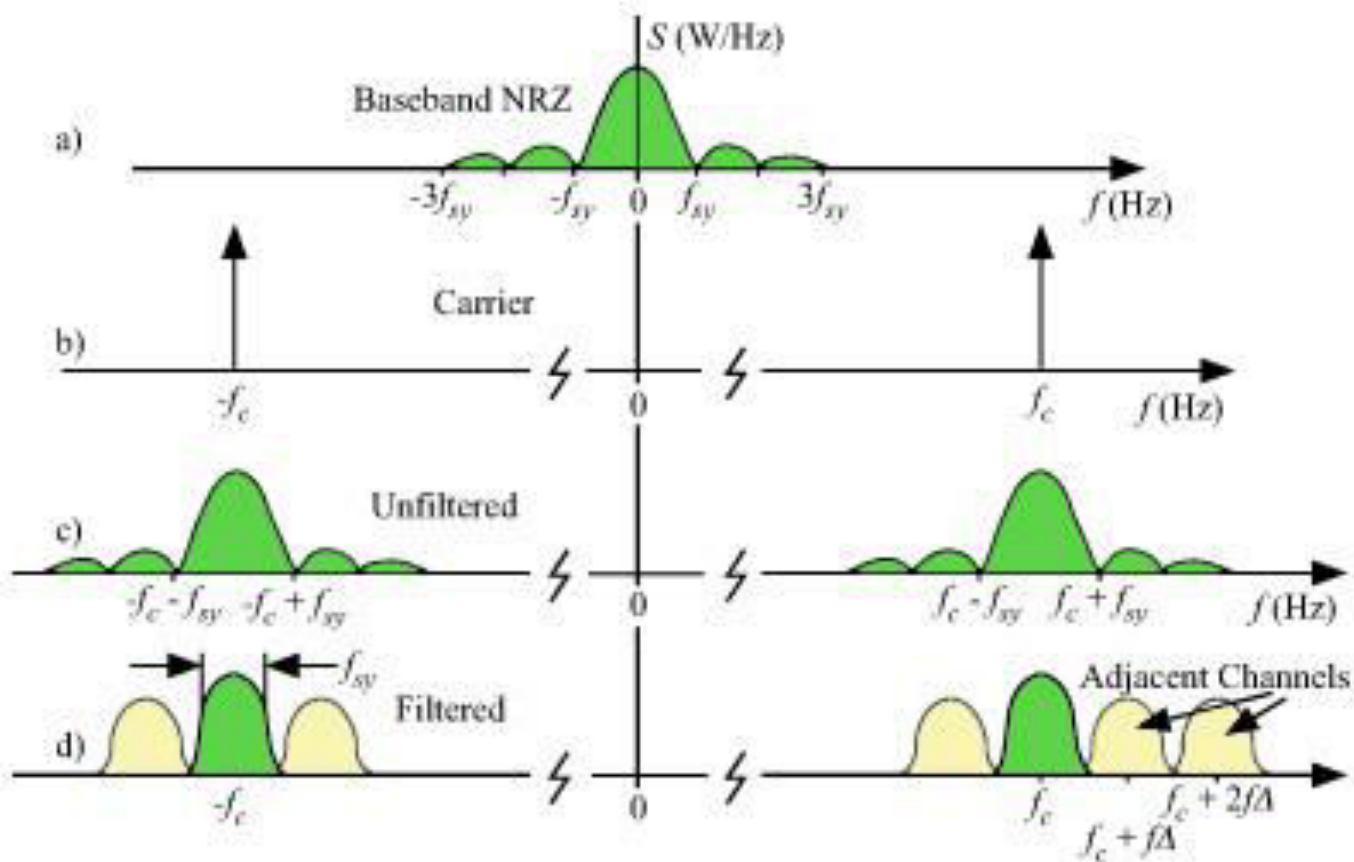
Mín BW (B.Base) =  
 $2 \text{ simb/seg} \times \text{Hz}$   
Min BW (Modul.) =  
 $1 \text{ simb/seg} \times \text{Hz}$

Los filtros tipo  
root raised cosine  
son los que mas se  
aproximan Nyquist



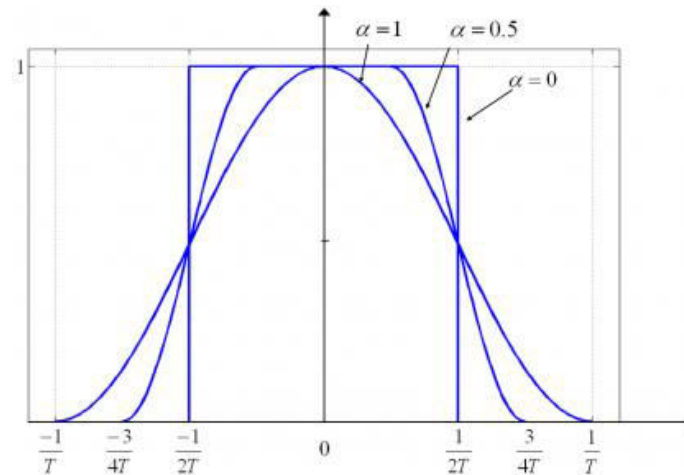
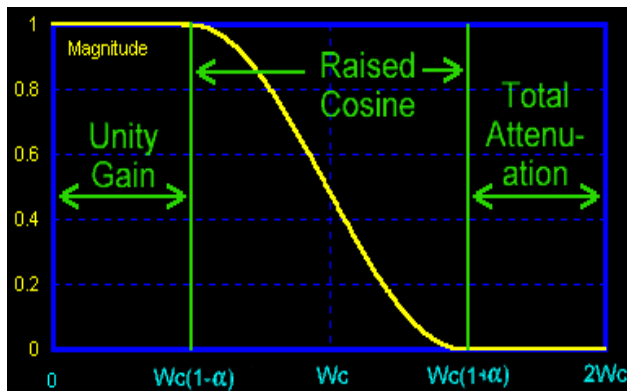
# Teorema de Nyquist

## Filtrado



# Factor de Corte = Roll Off Factor

- ▶ Un filtro con flancos abruptos que responda al teorema de Nyquist es imposible de implementar.
- ▶ El filtro muestra tres regiones:
  - Zona de ganancia unitaria
  - Zona de atenuación total
  - Zona de transición → Coseno elevado (raised cosine)
- ▶ En el mundo real existe un exceso de ancho de banda requerido por encima del criterio de Nyquist que se especifica mediante el factor de caída o de corte (roll off)



# Anexo A versus Anexo B

	ANEXO A					ANEXO B	
Transmission specification	ITU-T J.83/A, ETS 300 429					ITU-T J.83/B, ANSI/SCTE 07	
Receiver specification	ETS 300 429					ANSI/SCTE 07	
Access specification	ETR 289					ANSI/SCTE 52	
Service information specification	ETS 300 468					ANSI/SCTE 57	
Channel spacing	8 MHz					<b>6 MHz</b>	
Modulation	16 QAM	32 QAM	64 QAM	128 QAM	256 QAM	<b>64 QAM</b>	<b>256 QAM</b>
Symbol density (bits per symbol)	4	5	6	7	8	<b>6</b>	<b>8</b>
Roll-off factor ( $\alpha = x$ )	0.15					<b>0.18</b>	<b>0.12</b>
Symbol rate (Msymbols/sec)	variable, $\leq 6.957$					<b>5.057</b>	<b>5.361</b>
MPEG TS bitrate (Mbit/sec)	~25.64	~32.05	~38.47	~44.88	~51.29	<b>26.97</b>	<b>38.81</b>
Frame structure (bytes)	1 SYNC, 187 DATA, 16 RS					(122 DATA, 6 RS) × 60 + 42 bit SYNC	(122 DATA, 6 RS) × 88 + 40 bit SYNC
Outer Frame Interleaving ( $I = x$ )	12					128, 64, 32, 16 or 8	
Outer Forward Error Correction	Reed-Solomon (204, 188)					Reed-Solomon (128, 122)	

# Teorema de Shanon

- ▶ Shanon establece un límite teórico para la capacidad de un canal basado en la relación S/N.

- ▶  $I = B \cdot \log_2 ( 1 + S/N )$

o bien

$$I = 3,32 \cdot B \cdot \log_{10} ( 1 + S/N )$$

Siendo

I = capacidad del canal en bps

B = ancho de banda del canal en Hz

S/N = relación señal a ruido, adimensional

- ▶ Aproximación

$$\rightarrow I = 1/3 \cdot B \cdot (S/N)_{dB}$$

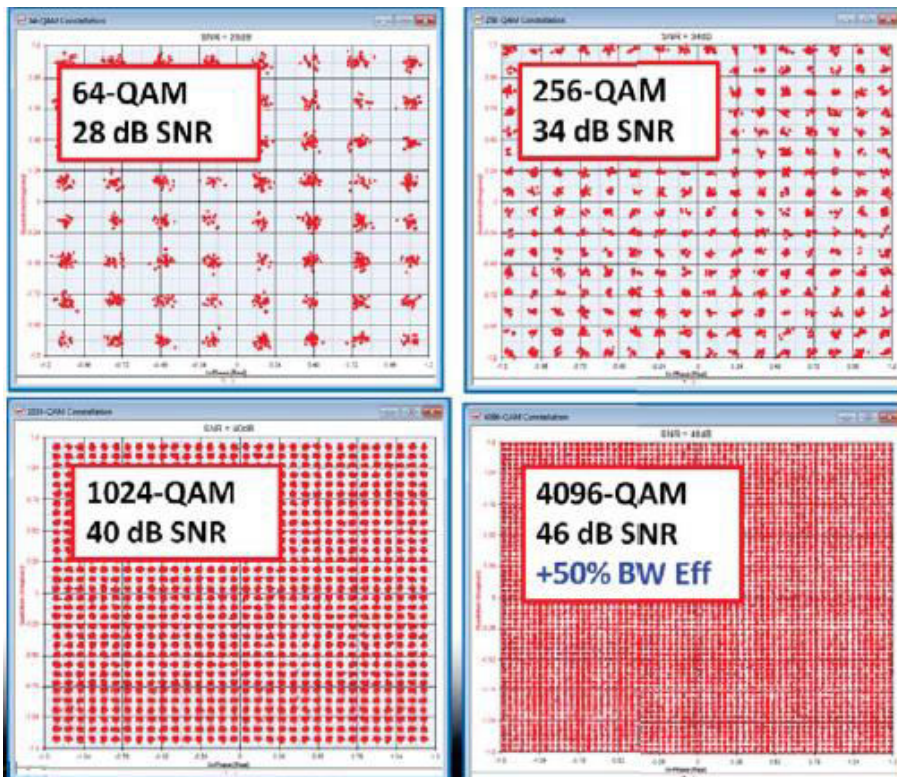
- ▶ Ejemplo : B=6 MHz S/N=30 dB => I=60 Mbps

Docsis 3.0 recomienda S/N de 30 dB para 256QAM



# Modulación mas Eficiente

- ▶ Para obtener mayor eficiencia espectral Docsis 3.1 trabaja con modulaciones de mayor orden.
- ▶ Las modulaciones de mayor orden son mas eficientes pero a la vez mas vulnerables al ruido e interferencia.
- ▶ Para mejorar la robustez se trabaja con OFDM y además se implementa corrección de errores LDPC



# SCQAM vs OFDM

- ▶ SCQAM = Single Carrier QAM
- ▶ OFDM = Orthogonal Frequency Division Multiplexing
- ▶ Docsis 3.1 abandona la canalización de 6MHz y 8 MHz para trabajar con técnicas OFDM en canales mas anchos
- ▶ OFDM se basa en múltiples subportadoras ortogonales



SCQAM



OFDM

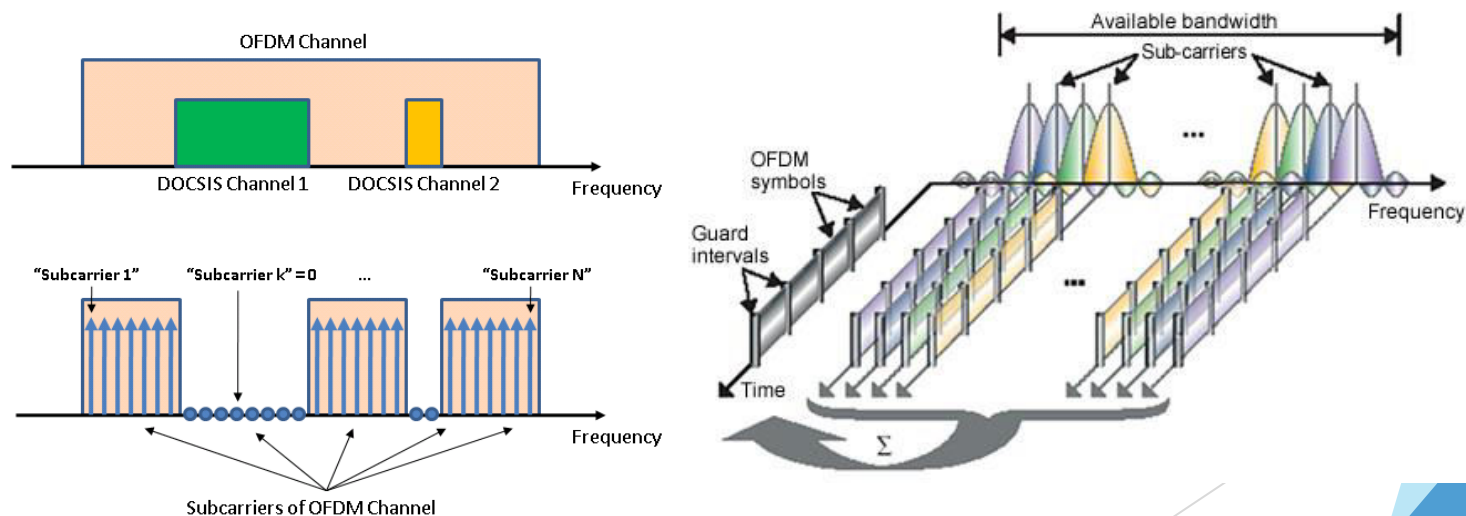
# Ventajas de usar OFDM

- ▶ Múltiples sub-portadoras espaciadas 20KHz a 50KHz
- ▶ Cada sub-portadora se controla en forma independiente pudiendo encenderse o apagarse, controlar su nivel y cambiar el orden de modulación.
- ▶ Mayor eficiencia espectral que channel bonding
- ▶ Permite romper con el ancho de canal de 6 MHz heredado de la TV analógica y operar con canales de 192 MHz.
- ▶ Asociada con técnicas mas eficientes para la corrección de errores (LDPC = Low Density Parity Code) permite operar en situaciones con peor relación señal a ruido
- ▶ Fácil de implementar utilizando técnicas de transformada rápida de Fourier: FFT.



# Múltiples Portadoras

- ▶ Cada portadora se controla independientemente
- ▶ Se enciende o se apaga :  
→ Evitamos operar en frecuencias altamente interferidas.
- ▶ Se ajusta independientemente el nivel:  
→ Permite operar al borde de la banda sobre el roll off
- ▶ Se ajusta el orden de modulación:  
→ Se adecua la modulación según la relación S/N



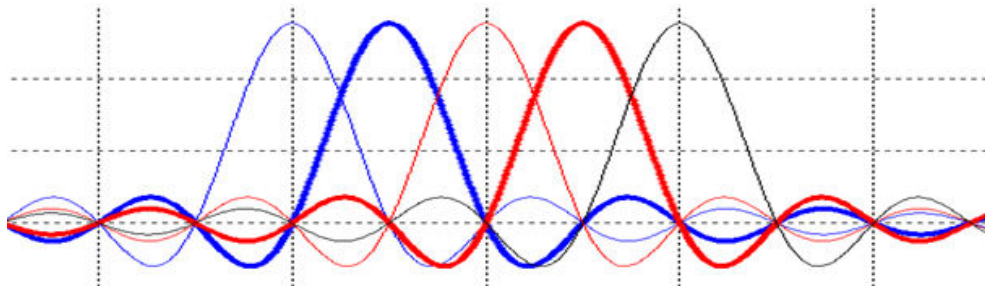


# Mayor eficiencia Espectral

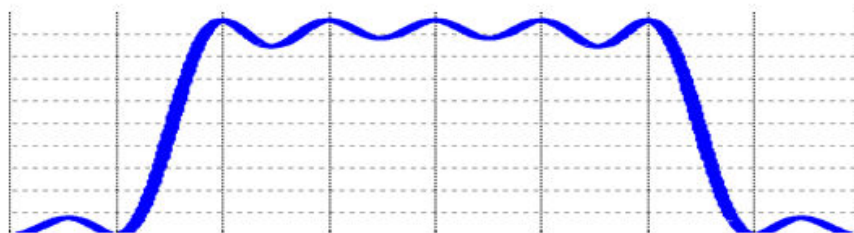
- ▶ Las subportadoras de OFDM se solapan entre si mejorando la eficiencia espectral comparada con el caso del channel bonding de varias SCQAM



SCQAM

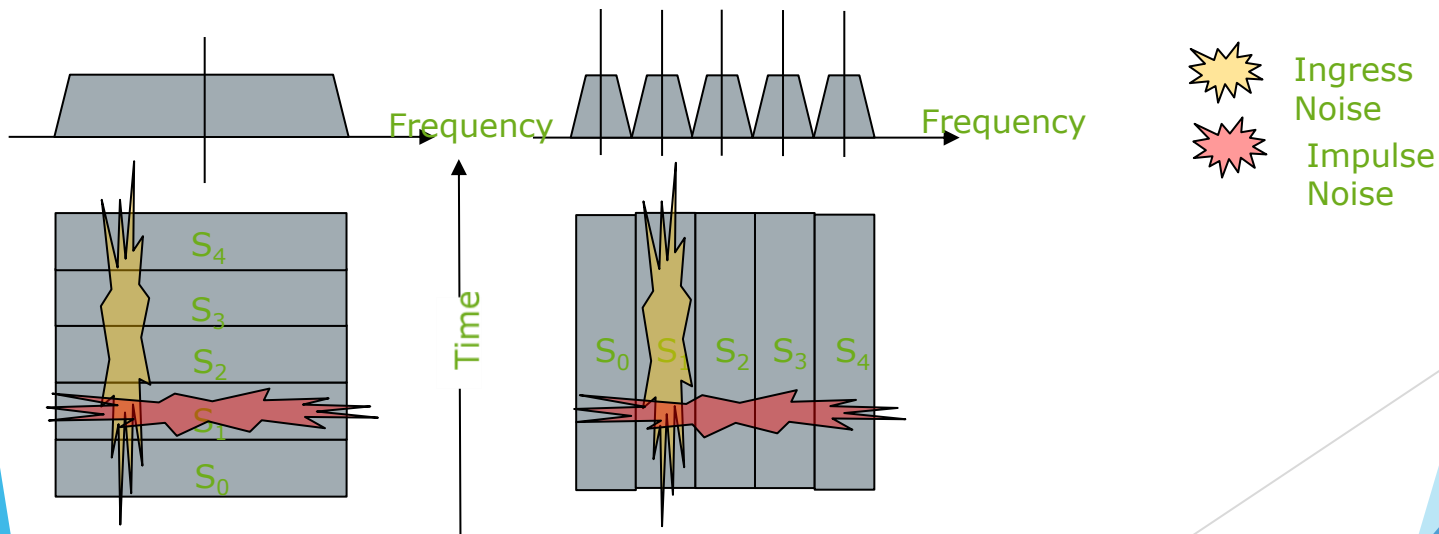


OFDM



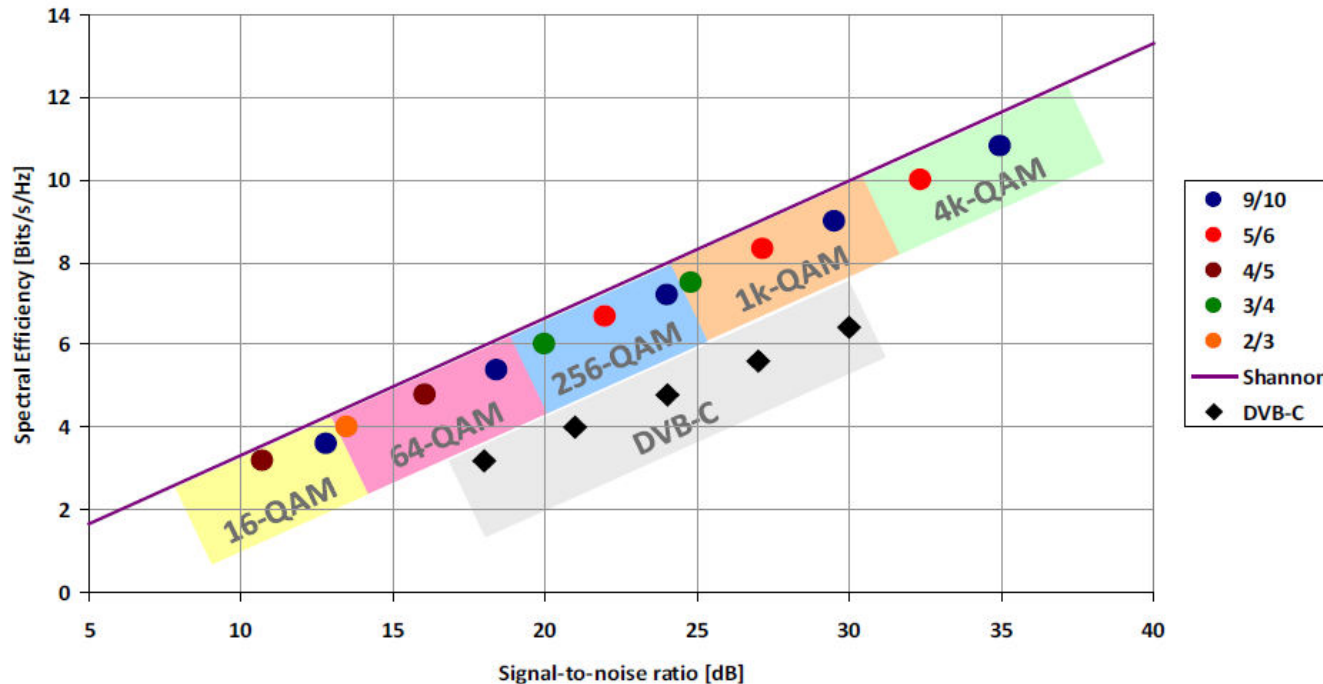
# Mayor Robustez

- ▶ En SCQAM los símbolos se envían secuencialmente con una tasa de bit elevada.
  - Cada símbolo modula todo el canal = Suceptible ingress
  - Periodo corto = Vulnerable frente al ruido impulsivo
- ▶ En OFDM los simbolos se envían "en paralelo" trabajando sobre subportadoras individuales que operan a una menor tasa de bit.
  - Subportadoras angostas = Robusto frente al "ingress"
  - Período largo = Robusto frente al "ruido impulsivo"



# Low Density Parity Code

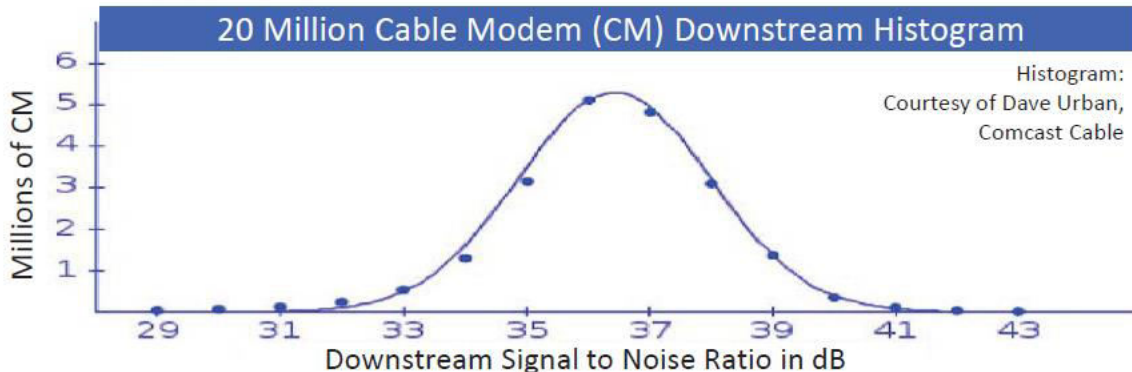
- ▶ LDPC ofrece una ganancia de aproximadamente 5 dB al operar con 256QAM.
- ▶ Permite acercarnos al máximo teórico impuesto por el Teorema de Shanon.



Eficiencia espectral de DVB-C2 versus DVB-C

# Histograma Relación S/N

- ▶ Comcast realizo estudios estadísticos de la relación S/N de downstream sobre mas de 20 millones de CM.
- ▶ La relación S/N promedio resulto ser de 36 dB
- ▶ Docsis J.83 Annex B requiere 30dB para operar con modulación 256 QAM (normalmente exigimos 33 dB)
- ▶ Esto responde a un esquema típico americano Nodo+5
- ▶ Con arquitecturas Nodo+0 se puede llegar a S/N de 40dB



EuroDOCSIS J.83 Annex A

256 QAM  
~ 32 dB

Lost Gain in b/s/Hz Due to Current RF Data Technology

DOCSIS J.83 Annex B

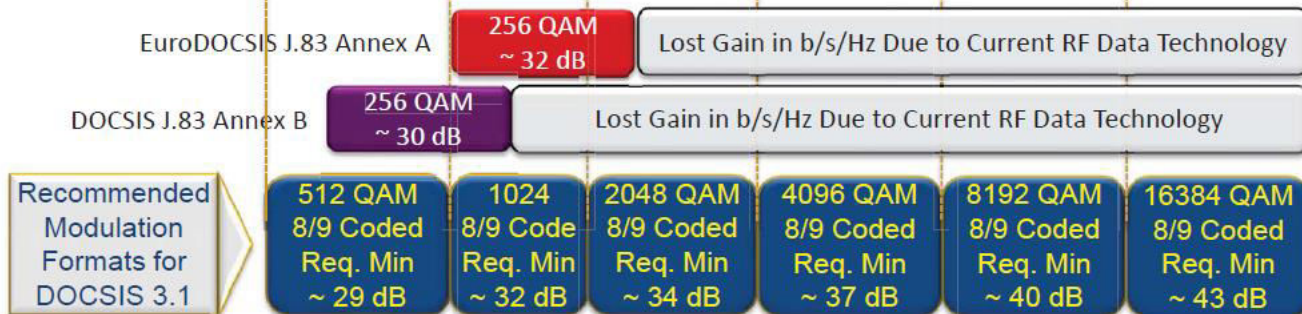
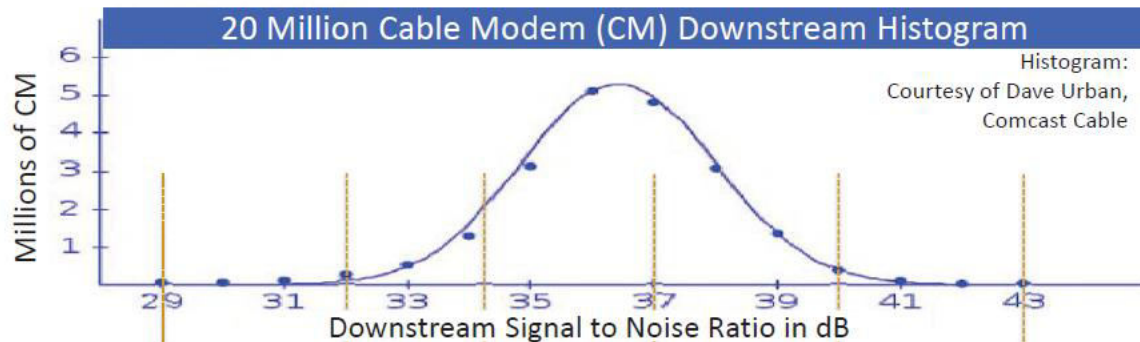
256 QAM  
~ 30 dB

Lost Gain in b/s/Hz Due to Current RF Data Technology



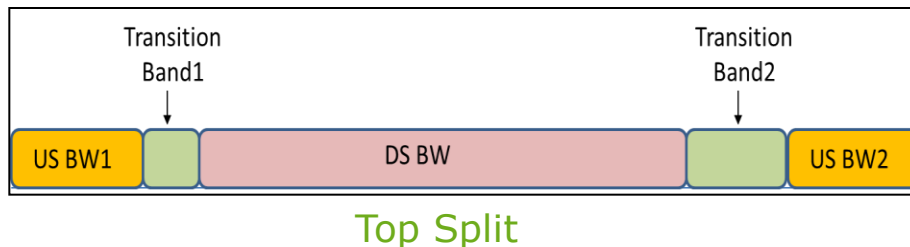
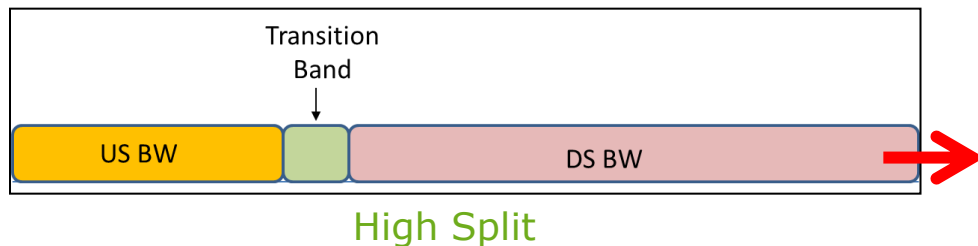
# Mejoras con Docsis 3.1

- ▶ La modulación utilizada por Docsis 3.0 no permite aprovechar al máximo la capacidad disponible.
- ▶ Docsis 3.1 implementa :
  - ➔ Esquemas de modulación de mayor orden
  - ➔ Técnicas de corrección de error mas eficientes
  - ➔ Múltiples perfiles de modulación
  - ➔ Retrocompatibilidad con versiones anteriores



# High Split vs Top Split

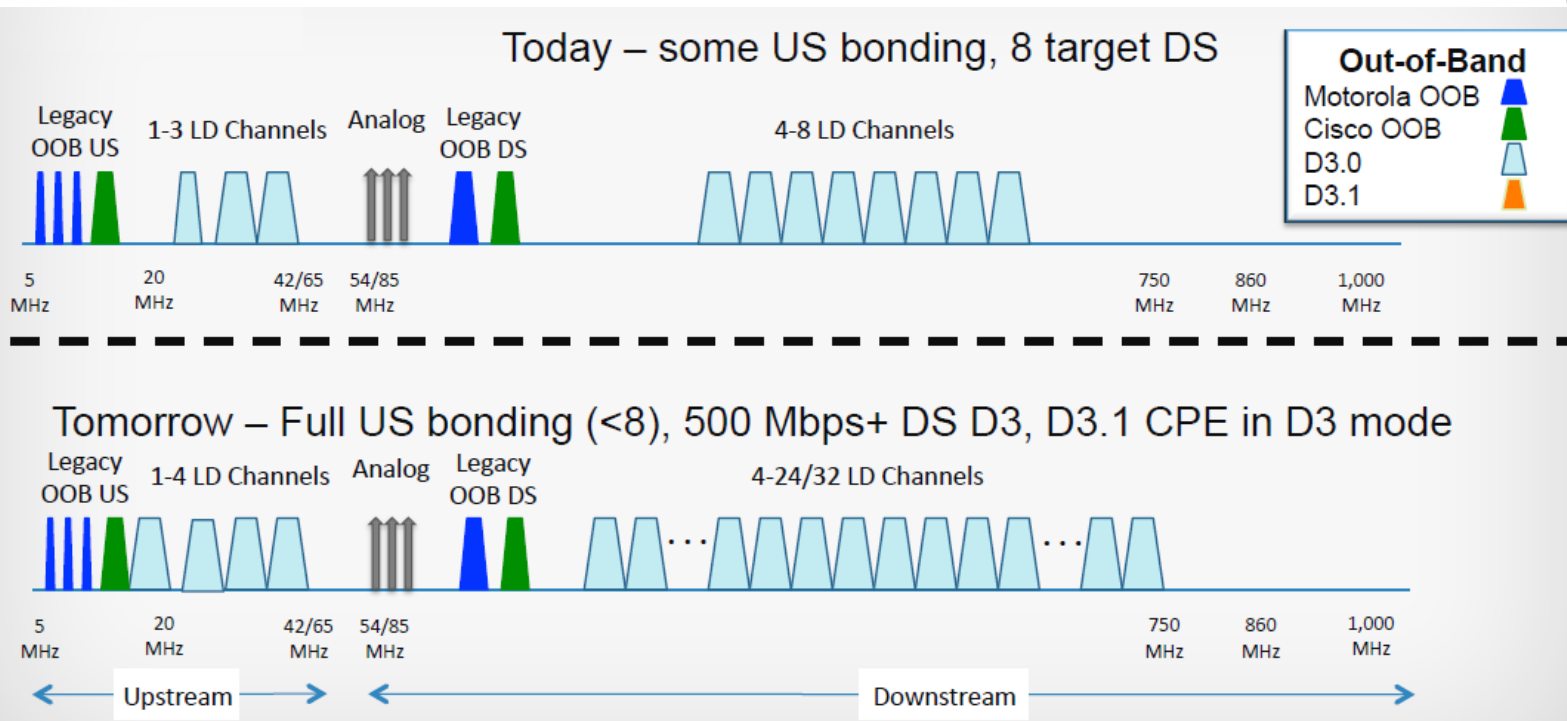
- ▶ Ventajas High Split:
  - Requiere solo una banda de transición.
  - Banda de transición mas angosta en frecuencias bajas.
  - Menor atenuación en el cable coaxil.
  - No pone un techo a expansión en downstream
  - Buena relación costo beneficio.
- ▶ Desventajas del High Split
  - Requiere cambios en todos los equipos activos
  - Incompatible con STBs que usan señalizacion Out Of Band.
  - Requiere reubicar servicios de banda baja, alta & mid band.





# Situación actual de la Red

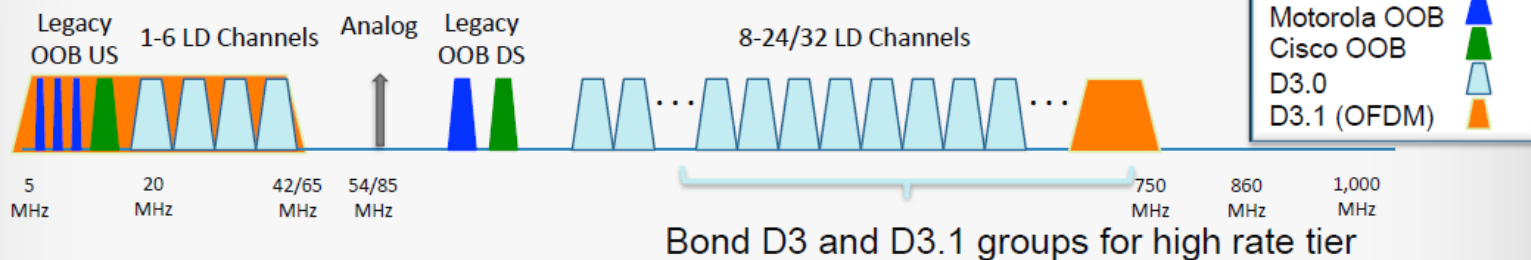
- ▶ Situación actual con Docsis 3.0:
  - Downstream = Bonding 4 a 8 CH
  - Upstream = Bonding 2 a 4 CH
- ▶ Futuro cercano con Docsis 3.0:
  - Downstream = Bonding 4 a 24 CH (máximo 32 CH)
  - Upstream = Bonding 4 a 8 CH (8 CH con split 65MHz)



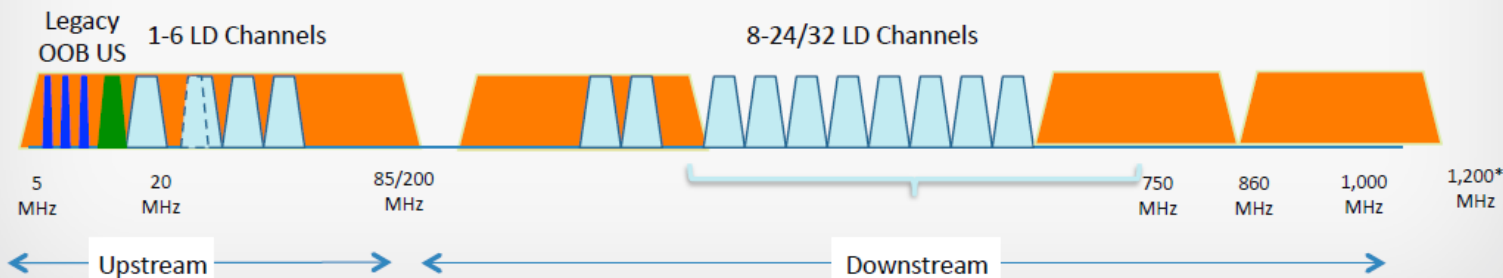
# Evolución de la Red

- ▶ La incorporación de portadoras OFDM Docsis 3.1 requiere disponer de una porción mayor del espectro tanto para Downstream como para Upstream.
  - ➔ Cambio del Split
  - ➔ Mayor ancho de banda llegando a 1200MHz / 1700 MHz

## 2015/16 – Add D3.1 signals in available spectrum



## Future – Change split, expand BW

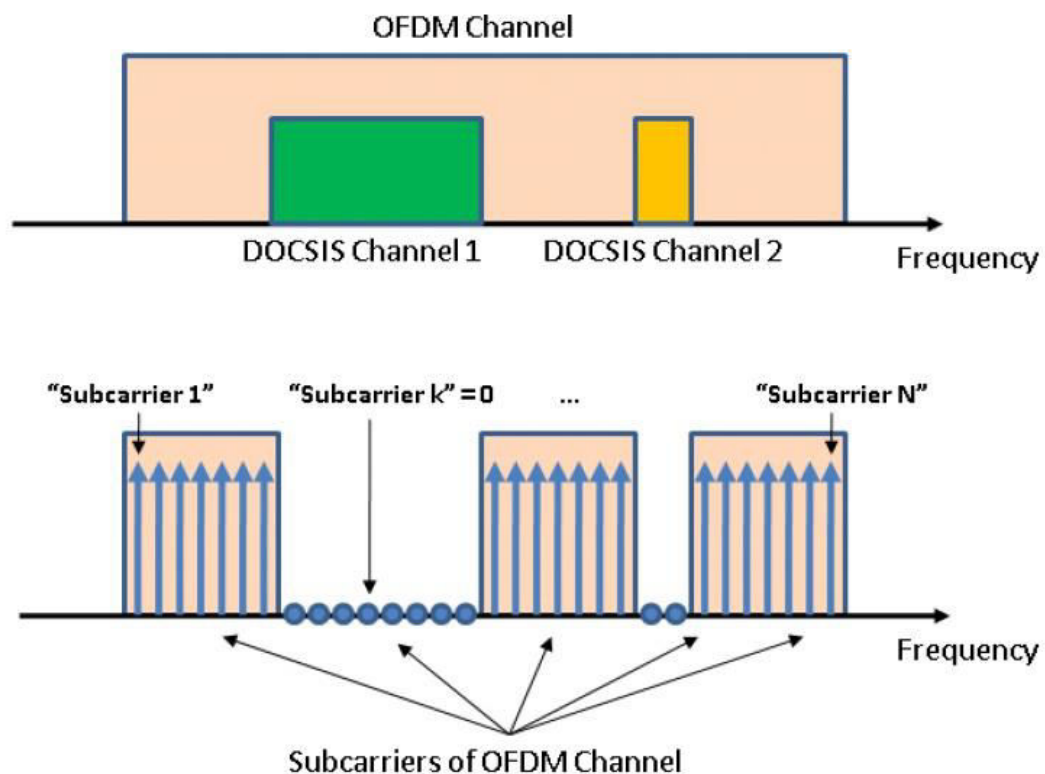


\* Potential 1700 MHz w/tap face plate changes



# Coexistencia con otros servicios

- ▶ El manejo individual de las subportadoras OFDM dentro de cada bloque de 192 MHz permite apagar aquellas que se superponen con otros servicios existentes.



# Evolución de Docsis

	<b>Actual</b>	<b>Futuro 1</b>	<b>Futuro 2</b>	<b>Futuro 3</b>
<b>Version Docsis</b>	3,0	3,0	3,0	3,1
<b>Rango Downstream</b>	54 - 860	54 - 1002	<u>80</u> - 1002	<u>300</u> - 1200
<b>Modulacion Downstream</b>	256	256	256	≥ 1024
<b>Bonding Downstream</b>	4	24	32	<u>"64"</u>
<b>Capacidad Downstream</b>	160M	1G	1,25G	<u>3,8G</u>
<b>Rango Upstream</b>	5 - 42	5 - 42	5 - <u>65</u>	5 - <u>230</u>
<b>Modulacion Upstream</b>	16	64	64	≥ 256
<b>Bonding Upstream</b>	2	4	<u>8</u>	<u>"32"</u>
<b>Capacidad Upstream</b>	40M	100M	240M	<u>1,25G</u>

# Evolución de Docsis

	<b>Actual</b>	<b>Futuro 1</b>	<b>Futuro 2</b>	<b>Futuro 3</b>
<b>Version Docsis</b>	3,0	3,0	3,0	3,1
<b>Rango Downstream</b>	54 - 860	54 - 1002	<u>80</u> - 1002	<u>300</u> - 1200
<b>Modulacion Downstream</b>	256	256	256	≥ 1024
<b>Bonding Downstream</b>	4	24	32	<u>"64"</u>
<b>Capacidad Downstream</b>	<b>160M</b>	<b>1G</b>	<b>1,25G</b>	<b><u>3,8G</u></b>
<b>Area Servicio (Nodos/Hogares)</b>	<b>2 Nodos 1200 Homes</b>	<b>2 Nodos 1200 Homes</b>	<b>1 - 2 Nodos 600 Homes</b>	<b><u>1 - 2 Nodos 600 Homes</u></b>
<b>Penetracion (% / Clientes)</b>	<b>60% 720</b>	<b>70% 840</b>	<b>80% 480</b>	<b>90% 540</b>
<b>Sobreventa</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>15 (+uso IPTV)</b>
<b>Velocidad Promedio /Max</b>	<b>Prom 6,6M Max 20M</b>	<b>Prom 35M Max 100M</b>	<b>Prom 52M Max 150M</b>	<b>Prom 95M Max 300M</b>

# Migración a CCAP

- ▶ Antes de CCAP = Plataformas Independientes



CMTS Docsis

Edge QAM

OLT - EPON

- ▶ Después de CCAP = Plataformas Convergentes



Chasis CCAP

Placas CAM

Edge QAM

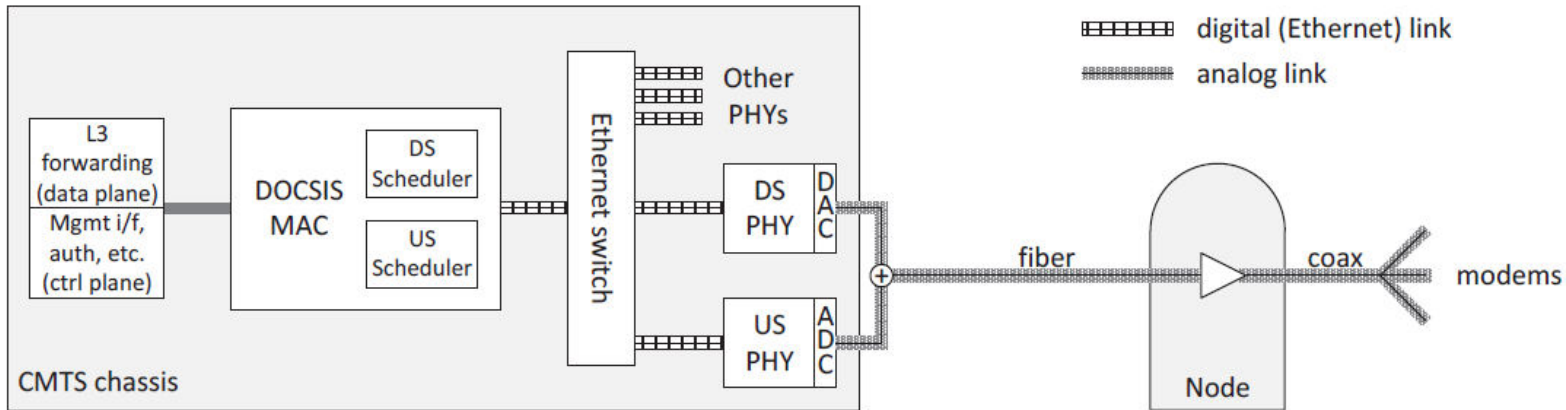
EPON / 10 GEPon

# Remote CCAP

- ▶ Porqué llevar una parte del CMTS al nodo??
  - El reemplazo de los lasers analógicos por digitales puede ayudar a mejorar la relación S/N y además conseguir una reducción de los costos.
  - Algunos operadores están buscando disminuir los requerimientos de espacio y de energía dentro del headend / hub.
  - La evolución tecnológica ya esta haciendo posible la implementación de un canal de comunicaciones digital a partir del nodo
- ▶ Tres niveles de remotización :
  - Remote DAC/ADC : Solo lleva al nodo la conversión analógica/digital y digital/analógica
  - Remote PHY : Lleva al nodo toda la capa física de Docsis
  - Remote MAC : Además de la capa física lleva al nodo el control de acceso al medio

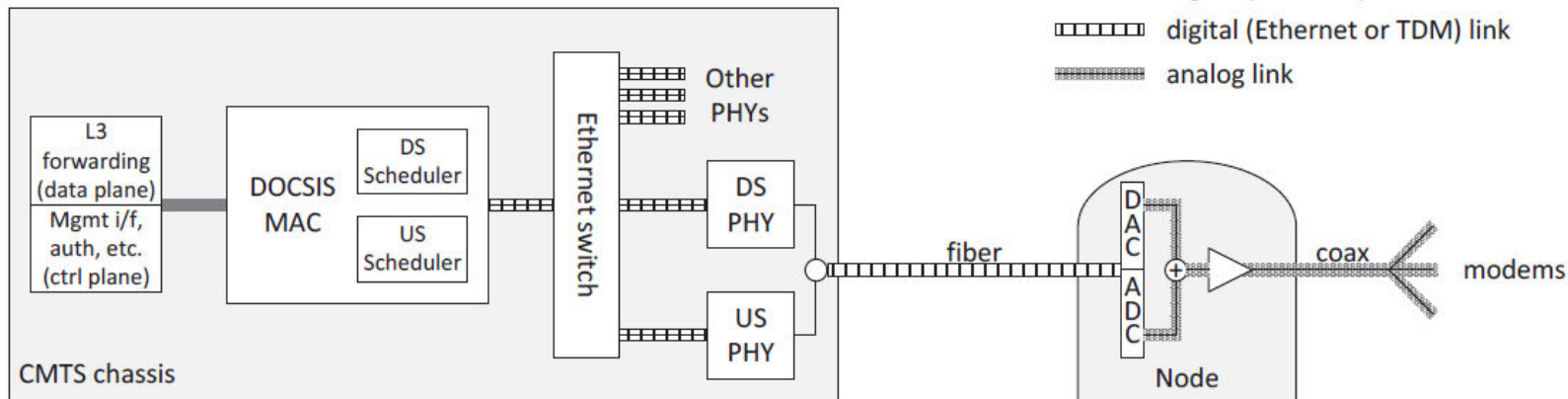
# CMTS Integrado

- ▶ Es la arquitectura existente en una amplia mayoría de los CMTSs instalados



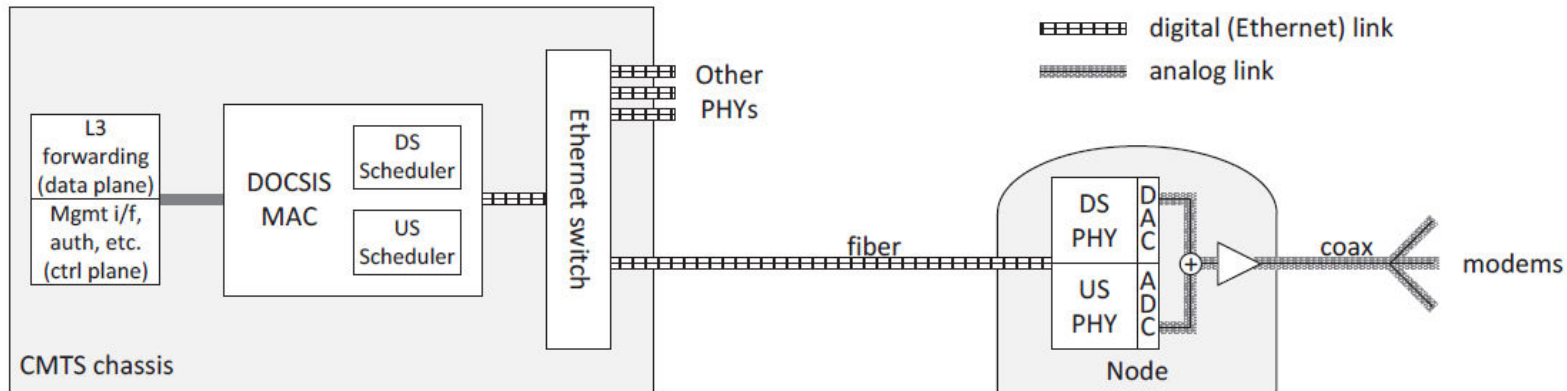
# Remote DAC/ADC

- ▶ Las señales analógicas se encuentran únicamente en el segmento coaxil.
- ▶ Al digitalizar el vinculo headend-nodo mejora el MER y se dispone de mayor margen para incrementar el orden de modulación.



# Remote PHY

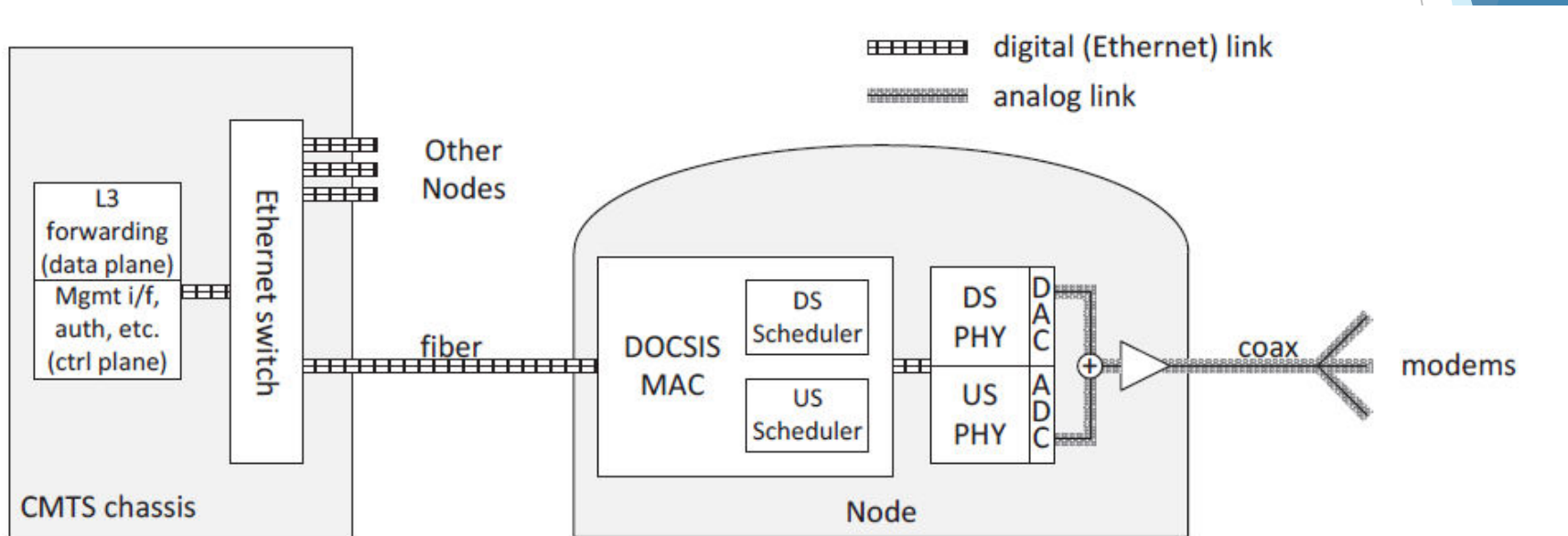
- ▶ Se mueven al nodo tanto los conversores DAC & DAC como las capas físicas de downstream & upstream.
- ▶ Caso practico de aplicación  
→ CMTS modular = M-CMTS
- ▶ Igual que en el caso anterior amplia el margen de MER para operar con modulación de mayor orden.





# Remote MAC

- ▶ El nodo también contiene la MAC de Docsis incluyendo los schedulers de DS & US.
- ▶ Según la version se ubica el upper layer MAC, la gestion (management) y operaciones de nivel 3 en distintos lugares.
- ▶ Al llevar el MAC al nodo se simplifica y reduce el equipamiento en el headend.



# El futuro es "Fiber Deep"

- ▶ El costo de reconstrucción de una red HFC para pasar a FTTH resulta muy elevado.
- ▶ Los operadores de cable desean poder aprovechar al máximo la capacidad actualmente instalada.
- ▶ La migración a Docsis 3.0 y los mayores requerimientos de velocidad están obligando a efectuar una subdivisión de nodos grandes para llegar con la fibra óptica más cerca de la casa.
- ▶ En un futuro próximo los operadores continuarán empujando la fibra más cerca de la casa del cliente y aplicando tecnologías Docsis 3.1 o EPoC.
- ▶ Esta es la respuesta más adecuada para atender la demanda creciente de mayores velocidades de acceso y a la vez proteger la inversión realizada en su planta HFC.
- ▶ Hoy dos cosas de las cuales no queda duda:
  - 1.- La demanda de mayores velocidades continuará.
  - 2.- El futuro es "Fiber Deep"

# El Futuro es "Fiber Deep"

Estrategía de Construcción	Tecnología Aplicada	Velocidad de Acceso
<b>Fiber Deep</b> Coaxial Última milla	Docsis 3.1	5 Gbps / 1 Gbps por area de servicio
<b>Fiber Deep</b> Coaxial Última milla	EPoC + DPoE EPon over Coax	5 Gbps / 1 Gbps por area de servicio
<b>Fiber Deep</b> Fibra Óptica Última milla	Epon + DPoE	10 Gbps / 10 Gbps por area de servicio

# Conclusiones

- ▶ Llevados al extremo los requerimientos de Docsis 3.1 obligaran a reconstruir nuestra red por el cambio del split y el mayor ancho de banda exigidos.
- ▶ La principal limitación actual esta en la escasa capacidad de upstream que ofrece el split americano o subsplit. Aquellos que están operando con split europeo disponen de reserva adicional para poder operar hasta 8 Ch de upstream
- ▶ Aquellos que tienen una arquitectura nodo+0 podrán cambiar fácilmente el split y proteger su inversión:
  - Solo deberán cambiar los diplexores en el nodo
  - Los TX & RX de retorno normalmente operan hasta 200MHz
  - Los TX de retorno de tipo FP deberán cambiarse por DFB ya que los FP son muy alineales y no soportan la carga de señales.
- ▶ Cuando la arquitectura de red tenga nodos muy grandes resultará necesario segmentar el nodo y quizá también cambiar los activos. Se puede cambiar el split y llevar el ancho de banda a 1 o 1,2 GHz.
- ▶ En casos de un requerir upgrade importante o tener que reconstruir también debería evaluarse la alternativa de EPoC  
EPoC = EPON over coax (tecnología que todavía esta en estudio)

# Referencias

- ▶ Distributed Network Architectures for Next Generation Cable Access  
Niki Pantelias – Broadcom – SCTE 2013
- ▶ La Evolucion de Docsis  
Patricio Latini – Arris – ATVC 2013
- ▶ Network Preparation : Maximizing Capacity ROI  
Robert Howald, Jack Moran, Robert Thompson, Ken Couch, Daniel Howard
- ▶ Docsis 3.1 overview  
John T Chapman – Cisco
- ▶ Docsis 3.1 – High Level Overview  
Cablelabs
- ▶ Planning an efectiva Migration to Docsis 3.0  
Motorola
- ▶ Data Over Cable Service Interface Specifications DOCSIS 3.0  
Cablelabs

