Redes HFC en Terapia Intensiva

Cuanto tiempo de vida nos queda?

Ing. Juan Ramon García Bish
jrgbish@gigared.com.ar

Encuentro Regional
de Telecomunicaciones
Rosario 2015
23, 24 y 25 de Junio
Ros Tower Hotel Spa & Convention Center

Un poco de Historia

- La arquitectura HFC nacio en la década del 90 como una mejora respecto al tradicional árbol y rama con los siguientes objetivos básicos:
  1.- Aumentar el ancho de banda disponible
  2.- Reducir la cascada de amplificadores
  3.- Mejorar la calidad y la confiabilidad
  4.- Permitir servicios interactivos
- Primer rebuild HFC en Argentina ➔ VCC en 1995 Buenos Aires ➔ Nodos de 1500 hogares @ 750 MHz
- La llegada de Internet potenció la capacidad bidireccional de las redes HFC en la década del 2000
- Docsis evolucionó durante mas de una década tratando seguir los cambios de la demanda que exigia año a año mayores velocidades de acceso.
- De esta manera Docsis protegió la inversión que los operadores de telecomunicaciones por cable hicieron para reconstruir sus redes.
- Sigue siendo esto cierto con Docsis 3.1 ??
  Se acercan los últimos días del HFC ??

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

Cambios Docsis 3.0 - 2007

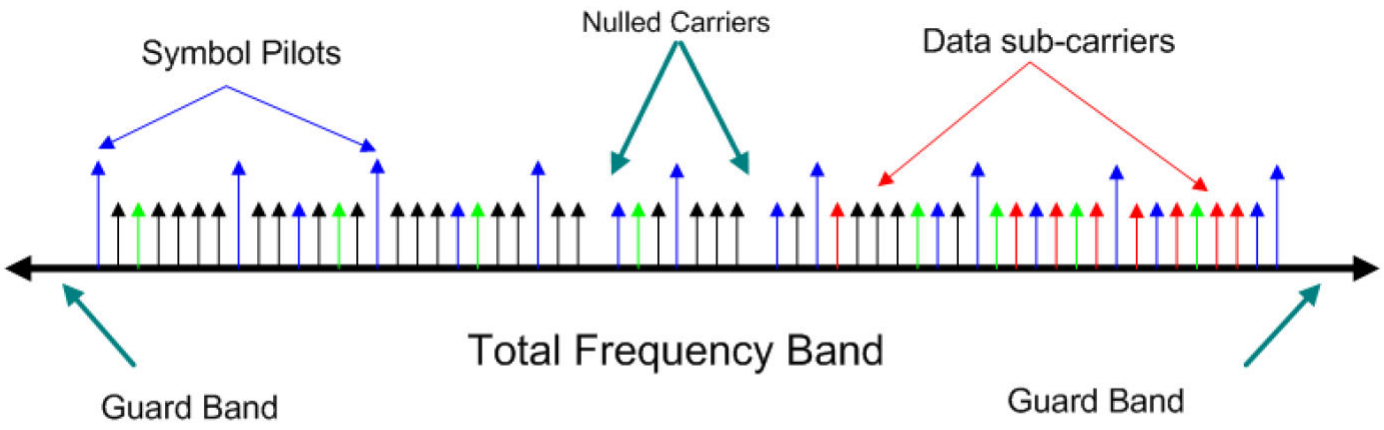
- Permite agrupar varios canales para poder alcanzar velocidades mas altas = Channel Bonding
  Agrupacion típica 8x4 ➔ 336Mbps DS x 120 Mbps US
- Rompe vinculación física que existía entre puertos de Upstream & Downstream.
- Aumenta el ancho de banda para la operación de upstream extendiéndolo hasta 85 MHz (midsplit).
- Habilita modulación 128 QAM para el upstream
- Incorpora el manejo de IPv6
- Mejoras de seguridad:
  ARP Rate limit
  Source Verify
  Certificate Revocation CRL + OCSP
  Aprovisionamiento Seguro
- Mejora las técnicas de encripción:
  AES ➔ Advanced Encryption Standard (nuevo)
  DES ➔ Data Encryption Standard
  (retro-compatibilidad)

Cambios Docsis 3.1 - 2014

- Rompe la atadura con la vieja canalización de 6 MHz que Docsis tomó como legado de la TV analógica.
- Nuevas técnicas de corrección de errores:
  LDPC ➔ Low Density Parity Coding
- Mejora la robustez del sistema:
  OFDM ➔Orthogonal Frequency Division Multiplexing en vez de SCQAM ➔Single Carrier QAM)
- Mejora de la eficiencia espectral
  Uso de modulaciones de mayor orden ➔ 4096 QAM
  8192 QAM y 16384 QAM son opcionales.
- Múltiples Perfiles de Modulación
  ➔ permite adaptarse a cada situación de relación C/N
- Habilita nuevos rangos de frecuencia:
  - Mid Split ➔ retorno 5-85 MHz
  - High Split ➔ retorno 5-200 MHz
  - Ultra High Split ➔ retorno 5-300 MHz
  - Extensión del downstream hasta 1700 MHz

Canal de DS & US

- Downstream ➔ OFDM
  - Bloque OFDM FFT de 192 MHz
- Upstream ➔ OFDMA
  - Bloque OFDM FFT de 96 MHz
- Parámetros comunes:
  - Sub-bloque de 24 MHz (común múltiplo de 6 & 8 MHz)
  - Subportadoras espaciadas 25 KHz o 50 KHz
  - IDFT = Inverse Discrete Fourier Transform
    4096 o 8192 ➔ 4K o 8K



Representation of OFDM Multi-Carrier Modulation

Downstream en Docsis 3.1

- Como mínimo debe poder manejar dos canales OFDM de 192 MHz con control independiente.
- CM & CMTS deben soportar las siguientes bandas

CMTS Downstream Band Options		
Requirement	Lower Band Edge	Upper Band Edge
MUST	258 MHz	1218 MHz
SHOULD	108 MHz	1794 MHz

CM Downstream Band Options		
Requirement	Lower Band Edge	Upper Band Edge
MUST	258 MHz	1218 MHz
MAY		1794 MHz
SHOULD	108 MHz	

- CM & CMTS deben de soportar los siguientes esquemas de modulación (opcional 8192 & 16384 QAM en CMTS)

DS CM Modulation Formats	DS CMTS Modulation Formats
BPSK	BPSK
QPSK	QPSK
16-QAM	16-QAM
64-QAM	64-QAM
128-QAM	128-QAM
256-QAM	256-QAM
512-QAM	512-QAM
1024-QAM	1024-QAM
2048-QAM	2048-QAM
4096-QAM	4096-QAM

Parámetros DS - OFDM

Parameter	4K mode	8K mode
Downstream master clock frequency	10.24 MHz	
Downstream Sampling Rate (fs)	204.8 MHz	
Downstream Elementary Period (Tsd)	1/(204.8 MHz)	
Channel bandwidths	24 MHz … 192 MHz	
IDFT size	4096	8192
Subcarrier spacing	50 kHz	25 kHz
FFT duration (Useful symbol duration) (Tu)	20 µs	40 µs
Maximum number of active subcarriers in signal (192 MHz channel) Values refer to 190 MHz of used subcarriers.	3800	7600
Maximum spacing between first and last active subcarrier	190 MHz	
Parameter	**4K mode**	**8K mode**
Cyclic Prefix	0.9375 µs (192 * T_{sd}) 1.25 µs (256 * T_{sd}) 2.5 µs (512 * T_{sd}) 3.75 µs (768 * T_{sd}) 5 µs (1024 * T_{sd})	
Windowing	Tukey raised cosine window, embedded into cyclic prefix 0 µs (0 * T_{sd}) 0.3125 µs (64 * T_{sd}) 0.625 µs (128 * T_{sd}) 0.9375 µs (192 * T_{sd}) 1.25 µs (256 * T_{sd})	

Downstream Range Freq (MHz)		
	Lower	Upper
Typical	54	1002
Extended	108 & 258	1218 & 1794

High Split
Mid Split

Channel Bandwidth: 24 – 192 MHz

http://www.cablelabs.com/specs

Upstream en Docsis 3.1

- El modulador de CM y el sintonizador del CMTS deben soportar operación ágil dentro del rango de 5 a 204 MHz como mínimo para ubicar los bloques OFDM.
- La implementación práctica puede limitar la frecuencia máxima de operación a 85 MHz, 117MHz, 204 MHz o incluso una frecuencia mas elevada (opcional).
- Debe ser capaz de operar dos canales OFDM de 96 MHz cuando el extremo de la banda de upstream es 204 MHz
- Tanto el CMTS como el CM deben soportar OFDM y canales SCQAM de las versiones viejas de Docsis
- Debe soportar los siguientes esquemas de modulación

US CM Modulation Formats	US CMTS Modulation Formats
BPSK	BPSK
QPSK	QPSK
8-QAM	8-QAM
16-QAM	16-QAM
32-QAM	32-QAM
64-QAM	64-QAM
128-QAM	128-QAM
256-QAM	256-QAM
512-QAM	512-QAM
1024-QAM	1024-QAM
2048-QAM	
4096-QAM	

Opcional 2048 QAM
Opcional 4096 QAM

Parámetros US -OFDMA

Parameter	2k Mode	4k Mode
Upstream Sampling Rate (f_{su})	102.4 MHz	
Upstream Elementary Period Rate (T_{su})	1/102.4 MHz	
Channel bandwidths	10 MHz, ..., 96 MHz	6.4 MHz, ..., 96 MHz
IDFT size (depending on channel bandwidth)	2048	4096
Subcarrier spacing	50 kHz	25 kHz
FFT duration (Useful symbol duration) (T_u)	20 µs	40 µs
Maximum number of active subcarriers in signal (96 MHz channel) Values refer to 95 MHz of active subcarriers	1900	3800
Upstream Cyclic Prefix	0.9375 µs (96 * T_{su}) 1.25 µs (128 * T_{su}) 1.5625 µs (160 * T_{su}) 1.875 µs (192 * T_{su}) 2.1875 µs (224 * T_{su}) 2.5 µs (256 * T_{su}) 2.8125 µs (288 * T_{su}) 3.125 µs (320 * T_{su}) 3.75 µs (384 * T_{su}) 5.0 µs (512 *Tsu) 6.25 µs (640 *Tsu)	
Parameter	**2k Mode**	**4k Mode**
Upstream window size	Tukey raised cosine window, embedded into cyclic prefix 0 µs (0 * T_{su}) 0.3125 µs (32 * T_{su}) 0.625 µs (64 * T_{su}) 0.9375 µs (96 * T_{su}) 1.25 µs (128 * T_{su}) 1.5625 µs (160 * T_{su}) 1.875 µs (192 * T_{su}) 2.1875 µs (224 * T_{su})	

Upstream Range Freq (MHz)		
	Lower	Upper
Typical	5	42 & 65
Extended		85, 117, 204

High Split
Mid Split

Channel Bandwidth: 6.4 – 96 MHz

http://www.cablelabs.com/specs

Capacidades DS & US

OFDM DS Data Rate Capacity

QAM	Bits/symbol	FFT Block Sym rate (Msps)	Block size (MHz)	Raw Capacity (Mbps)	Efficiency (estimate)	Delivered Capacity (Mbps)
64	6	192	192	1152.00	0.7	806.40
256	8	192	192	1536.00	0.7	1075.20
1024	10	192	192	1920.00	0.7	1344.00
4096	12	192	192	2304.00	0.7	1612.80

3 bloques de 192 MHz con 4096 QAM permiten ofrecer casi 5 Gbps

OFDM US Data Rate Capacity

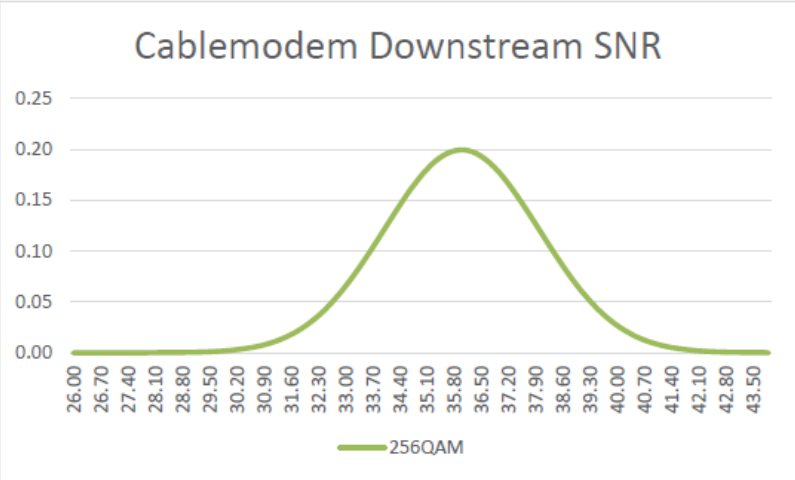
QAM	Bits/symbol	FFT Block Sym rate (Msps)	Sub-block size (MHz)	Raw Capacity (Mbps)	Efficiency (estimate)	Delivered Capacity (Mbps)
64	6	96	24	144.00	0.7	100.80
256	8	96	24	192.00	0.7	134.40
1024	10	96	24	240.00	0.7	168.00

3 sub-bloques de 24 MHz con 1024 QAM permiten ofrecer casi 500 Mbps

Docsis 3.1 al Extremo

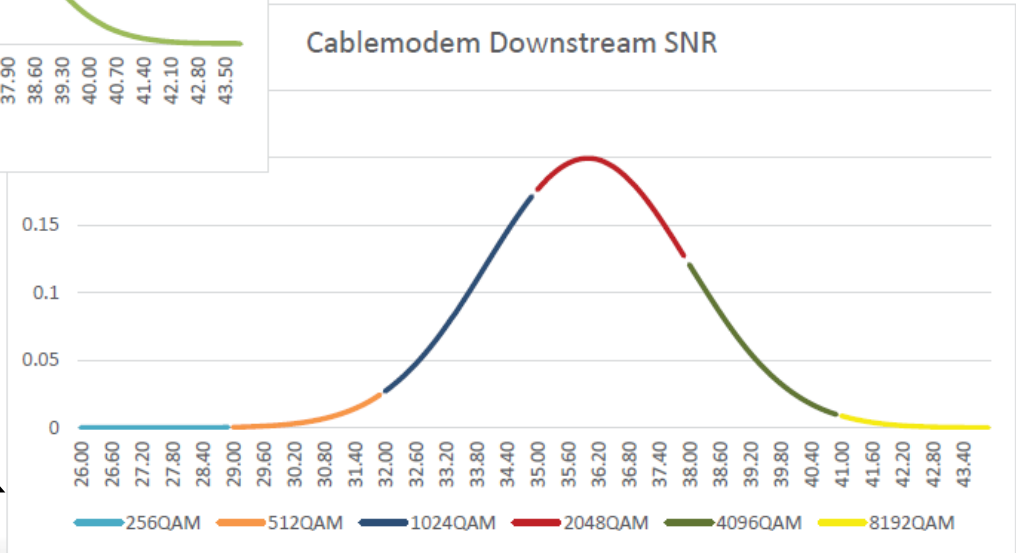
- Recién vimos que:
  3 bloques de 192 MHz en DS ➔ 5 Gbps
  3 Sub-bloques de 24 MHz en US ➔ 500 Mbps
  Se requieren aprox. 600 MHz de DS & 72 MHz de US
- El objetivo de Docsis 3.1 es poder ofrecer:
  DS = 10 Gbps & US = 1 Gbps
  Eso requiere duplicar el ancho de banda asignado:
  1200 MHz de DS & 144 MHz de US
- Para llegar a 10 Gbps / 1 Gbps hace falta:
  ➔ Ancho de banda total del sistema = 1500 MHz
  ➔ High Split = retorno 5-200 MHz
  ➔ Todo el ancho de banda del sistema se utiliza para transmisión de datos

Perfiles de Modulación



Docsis 3.0

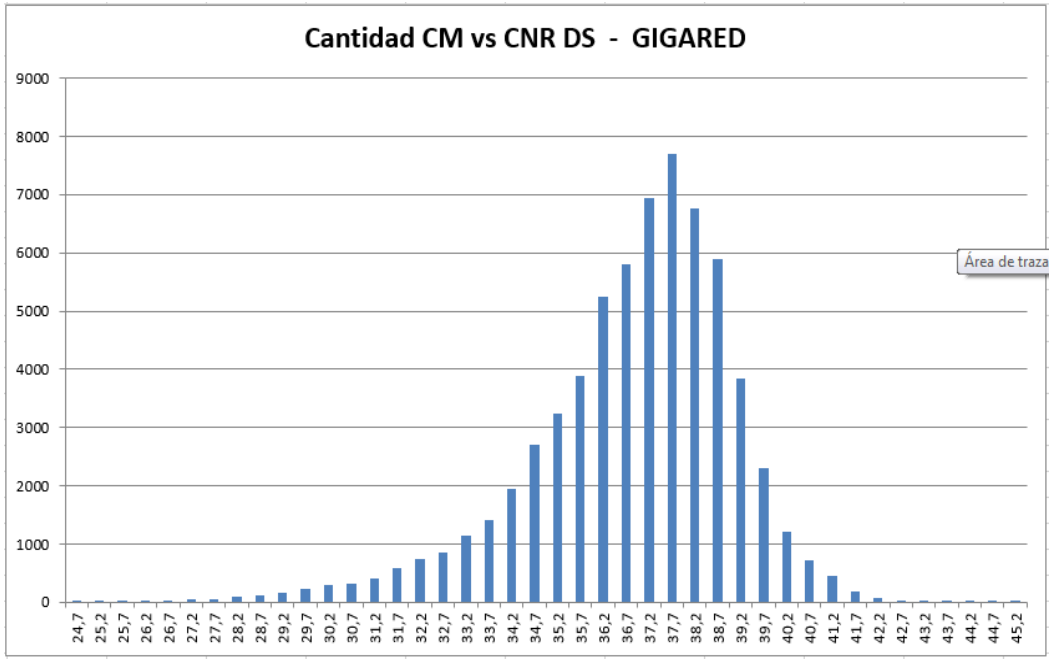
Un perfil de Modulación
Debe responder al peor caso
del Mer – CNR



Docsis 3.1

Multiples perfiles
Ajusta modulación
Según el MER – CNR

Eficiencia Espectral DS



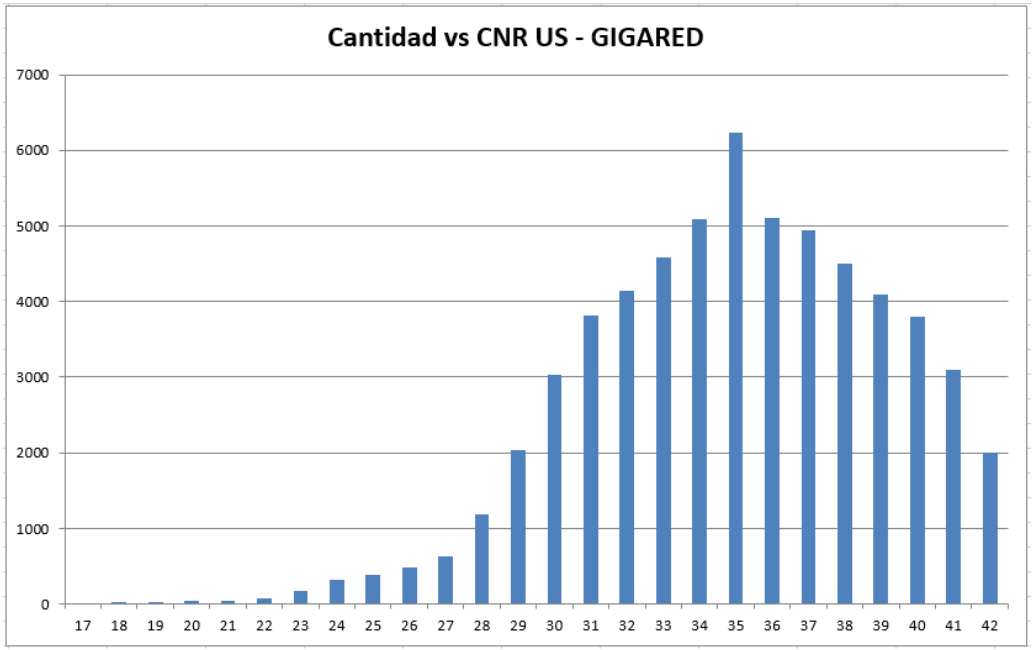
Mejora Eficiencia Espectral

Comparada contra 256 QAM

39% ➔ 11,12 versus 8 bps/Hz

MER - CNR	Modulación	bps/Hz	Porcentaje CM	bps/Hz Ponderado
Menor 28 dB	256 QAM	8	0,53%	0,0424
29 a 31 dB	512 QAM	9	3,03%	0,2727
32 a 34 dB	1024 QAM	10	13,43%	1,343
35 a 37 dB	2048 QAM	11	50,11%	5,5121
38 a 40 db	4096 QAM	12	31,64%	3,7968
Mayor 41 dB	8192 QAM	13	1,22%	0,1586
			TOTAL	11,1256

Eficiencia Espectral US



Mejora Eficiencia espectral

Comparada con 128 QAM

38% ➔ 9,71 vs 7 bps/Hz

MER - CNR	Modulación	bps/Hz	Porcentaje CM	bps/Hz Ponderado
17 a 19 dB	32 QAM	5	0,09%	0,004594
20 a 22 dB	64 QAM	6	0,26%	0,015738
23 a 25 dB	128 QAM	7	1,47%	0,102684
26 a 28 db	256 QAM	8	3,85%	0,307687
29 a 31 db	512 QAM	9	14,85%	1,336173
Mayor 31 dB	1024 QAM	10	79,49%	7,948640
			TOTAL	9,715519

Factor de Reúso

$$FR = \frac{\sum VTNB_{Uam}}{\sum VTN_{VP} - \sum VTNB_{Uad}} \leq 15$$

Donde:

FR: factor nominal de reúso.

$VTNB_{Uam}$: velocidad de transferencia nominal de bajada del usuario con acceso multiplexado.

VTN_{VP} : velocidad nominal de transferencia del vínculo entre prestadores.

$VTNB_{Uad}$: velocidad de transferencia nominal de bajada del usuario con acceso dedicado.

- La CNC define como factor de merito de la calidad de servicio un: "Factor nominal de Reúso" (equivale a sobreventa)
- Este factor debe calcularse para todos los segmentos de red.
- El valor límite establecido por la CNC para el reúso es de 15
- En la práctica si no existe saturación en ningún vinculo el factor de reúso lo define el cliente.
- Depende de la velocidad vendida y de los hábitos de consumo ➔ a mayores velocidades el reúso es mayor.
- Un valor normal para el reúso es de 25 veces

Los tres eslabones

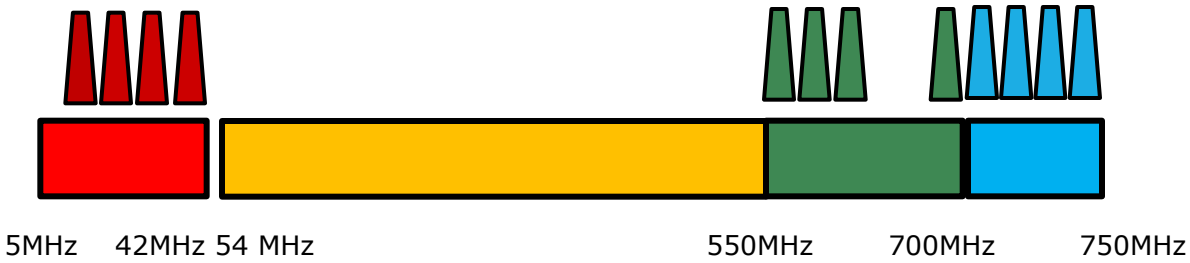
Interconexión
Acceso a Internet

Transporte
Long Haul

Ultima Milla
HFC / Docsis

- En ningún elemento de la cadena debe producirse estrangulamiento o saturación.
- Trabajar con un factor de reúso de 15 implica:
  - Sobredimensionar Ultima Milla & Long Haul (mayor costo de equipamiento)
  - Contratar mayor capacidad de Acceso a Internet (una alternativa seria comitment + burstable)
- Mas eficiente que forzar un reúso bajo es controlar que nunca se produzca saturación por ejemplo exigiendo que el 95 percentil del trafico este por debajo del 90% de la capacidad del vínculo.

Situación 2014-2015-2016



Retorno	Analógico	TV Digital	Docsis
5-42 MHz	54-550 MHz	550-700 MHz	700-750 MHz
2CH / 4CH	80 CH	24 CH	8CH CH (16CH 860 MHz)

Docsis 1,1? / 2.0 / 3.0

Retorno ➔ 2CH (4CH) - 16QAM de 3.2 MHz por nodo
máximo 40 Mbps por nodo

Directa ➔ 8 CH (16 CH) 256QAM por área de servicio
máximo 320 Mbps

Area de servicio ➔ 2 nodos con un total de 1200 HP
penetración 70% = 840 clientes
velocidad promedio vendida **10 Mbps**
total vendido = 840 x 10 = 8400 Mbps
sobreventa 8 CH ➔ 8400 / 320 = 26
sobreventa 16 CH ➔ 16800 / 320 = 13

Encuentro Regional de Telecomunicaciones
Rosario 2015 23, 24 y 25 de Junio

Situación 2017-2018-2019
Upgrade a 860 MHz & EuroSplit

Retorno	Analógico	TV Digital	Docsis
5-65 MHz	88-450 MHz	450-650 MHz	650-860 MHz
4CH / 8CH	55 CH	32 CH	16CH (32 CH)

Docsis 2.0 / 3.0

Retorno ➔ 4CH (8CH) - 64QAM de 6,4 MHz por nodo

Directa ➔ 16 CH (32CH) - 256QAM por cada área de servicio

Area de servicio ➔ 2 nodos con un total de 1200 HP

penetración 70% = 840 clientes

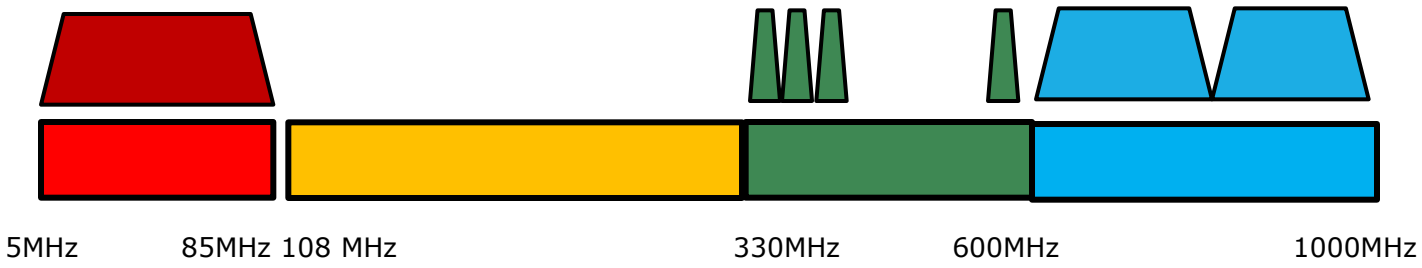
velocidad promedio vendida **20 Mbps**

total vendido = 840 x 20 = 16800 Mbps

sobreventa 16 CH ➔ 16800 / 640 = 26

sobreventa 32 CH ➔ 33600 / 640 = 13

Situación 2020-2025
Upgrade a Midsplit & 1 GHz



Retorno	Analógico	TV Digital	Docsis
5-85 MHz	108-330 MHz	330-600 MHz	600-1000 MHz
1 CH 72MHz	35 CH	45 CH	2 CH de 192MHz

Docsis 3.0 - 3.1

Retorno ➔ 1CH de 72 MHz por nodo (3 sub-bloques de 24 MHz) = 500 Mbps

Directa ➔ 2 CH de 192 MHz por área de servicio = 3200 Mbps

Area de servicio ➔ 2 nodos con un total de 1200 HP

penetración 80% = 960 clientes

velocidad promedio vendida **50 Mbps**

total vendido = 960 x 50 = 48000 Mbps

sobreventa = 48000 / 3200 = 15

Cambio del Split de Retorno

- Normalmente los activos operan hasta 200 MHZ:
  - Híbridos de retorno en los amplificadores.
  - Transmisor laser del nodo óptico
  - Receptor de retorno en HUB o Headend
- En primera instancia parería que para efectuar un upgrade del Split bastaría con cambiar:
  - Filtros diplexores (si son módulos enchufables)
  - EQ de retorno
- El único sacrificio sería perder los canales de TV que caen en las nuevas frecuencias que son reasignadas a la banda de retorno. Estos canales deberán ser reubicados en frecuencias mas altas.

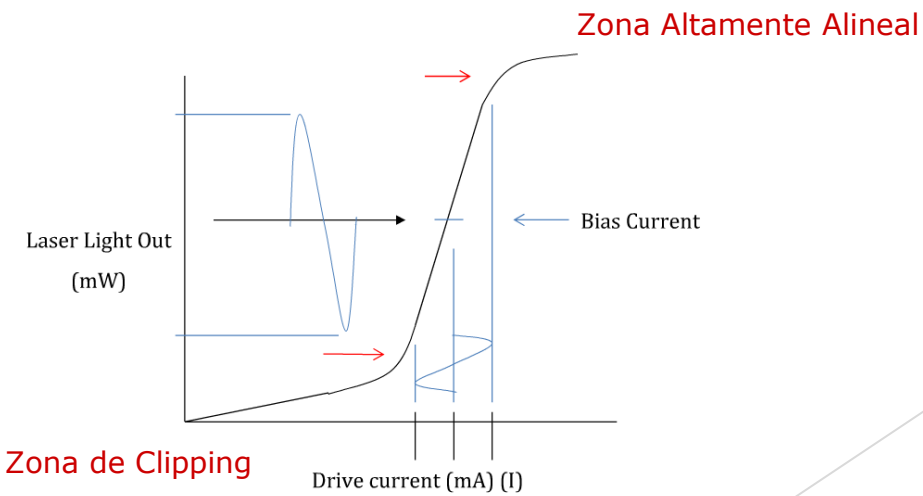
Upgrade a Midsplit & 1 GHz

No alcanza con cambiar los diplexores !!

- Mayores exigencias de ancho de banda en amplificadores , transmisores & receptores ópticos. (Normalmente responden hasta 200 MHz)
- Requerimientos de ruido & distorsión en el enlace óptico impactan sobre el tipo de laser
- Reducción de la potencia de TX del CableModem al implementar cannel bonding
- En directa se requiere mayor ganancia & mayor nivel operativo para llegar a 1 GHz con el mismo diseño.
- Mayor pérdida del cable en la máxima frecuencia de trabajo del Upstream & variación atenuación cable con temperatura
- Necesidad de reubicar canales de TV correspondientes a frecuencias asignadas a retorno

Enlace Óptico de Retorno

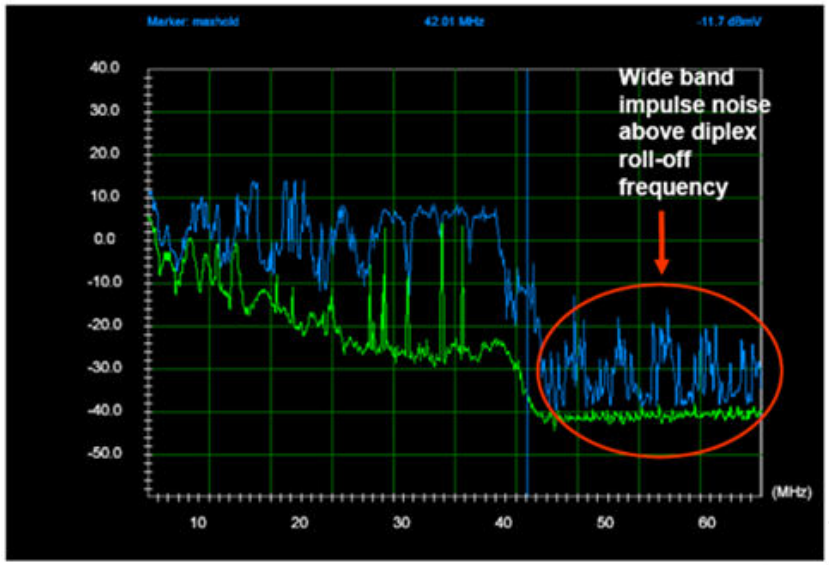
- Normalmente es un laser con modulación analógica.
- Se trabaja sobre un segmento reducido de la curva de transferencia que se aproxima a una recta
- En ambos extremos identificamos una zona de alta alinealidad y una zona de corte o clipping
- OMI = Optical Modulation Index
  Laser DFB de directa con 80CH ➔ OMI = 3% a 3,5%
  Laser FP de retorno ➔ OMI = 35 %
  Laser DFB de retorno ➔ OMI = 20 %
- Laser FP es mas ruidoso, alinial e inestable que DFB



Encuentro Regional de Telecomunicaciones
Rosario 2015 23, 24 y 25 de Junio

Tipo de Laser de Retorno

- Inicialmente operábamos con un solo canal de upstream en toda la banda de retorno y mod QPSK.
- Por razones económicas el laser mas difundido en la década del 2000 fue el tipo Fabry Perrot (FP).
- Al cambiar a Mid Split deseamos trabajar con 12 CH de upstream ➔ mas canales = mas carga en el laser.
- Además queremos poder operar con esquemas de modulación mas eficientes como es el caso de 64 QAM.
- El laser de retorno tipo DFB resulta mandatorio!!



Margen de seguridad

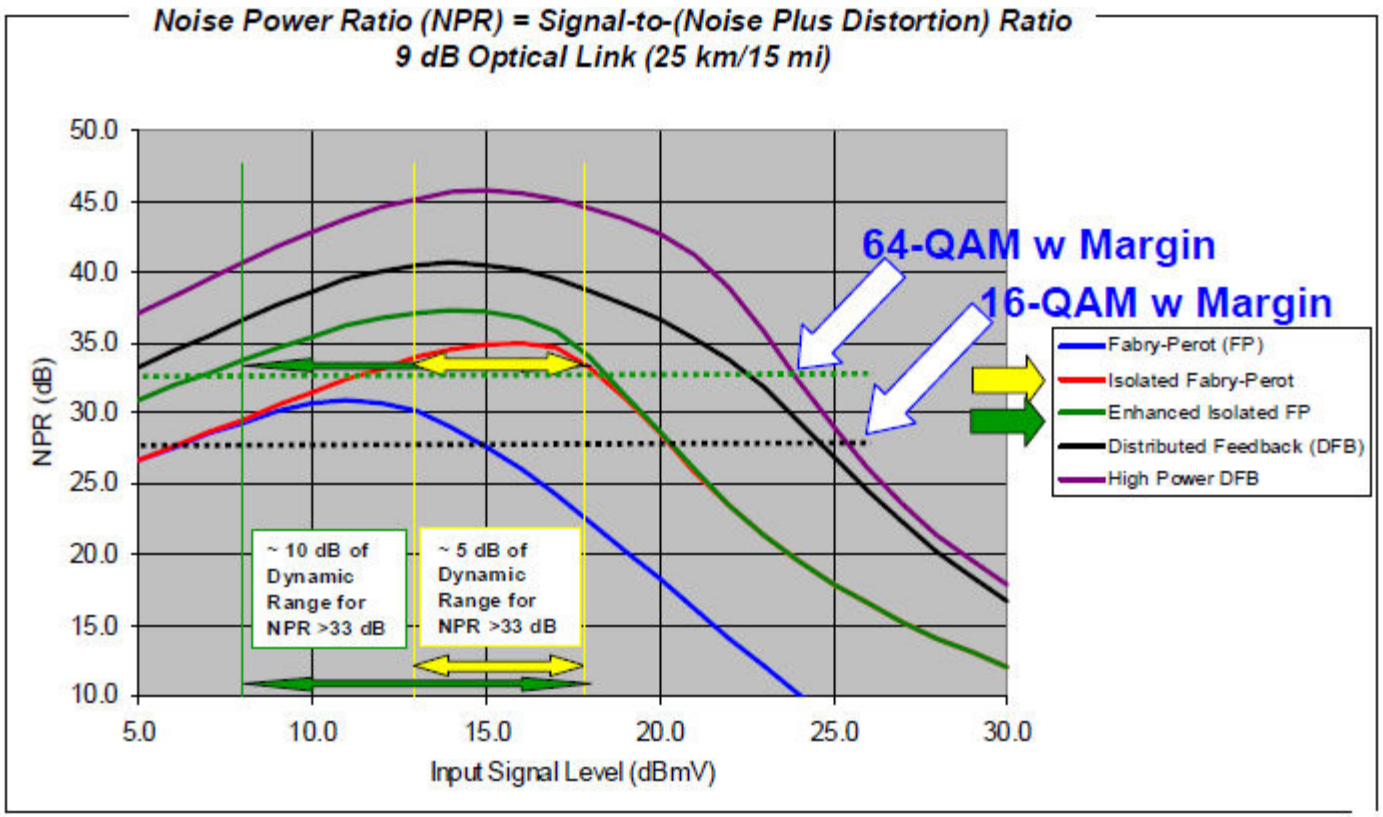
- El margen de seguridad se reduce al incrementar el orden de modulación ya que requiere un mejor MER
- Consideremos el caso de un canal de retorno con un MER post-FEC de 31dB & un BER de 1 10^{-8}
- Para el caso de operar con Docsis 3.0 y QAM64 se dispone de un margen de tan solo 3 dB ➔ resulta muy reducido.
- Docsis 3.1 al operar con OFDM y mejores técnicas de corrección de errores permite ampliar ese margen en 6dB ➔ requiere un MER de 26 - 28 dB para 256 QAM.

Modulación	MER Retorno	MER Requerido	Margen
QPSK	31 dB	14 dB	17 dB
16 QAM	31 dB	21 dB	10 dB
32 QAM	31 dB	24 dB	7 dB
64 QAM	31 dB	28 dB	3 dB

Requerimientos de MER para Docsis 3.0
Docsis 3.1 permite una mejora de 6 dB

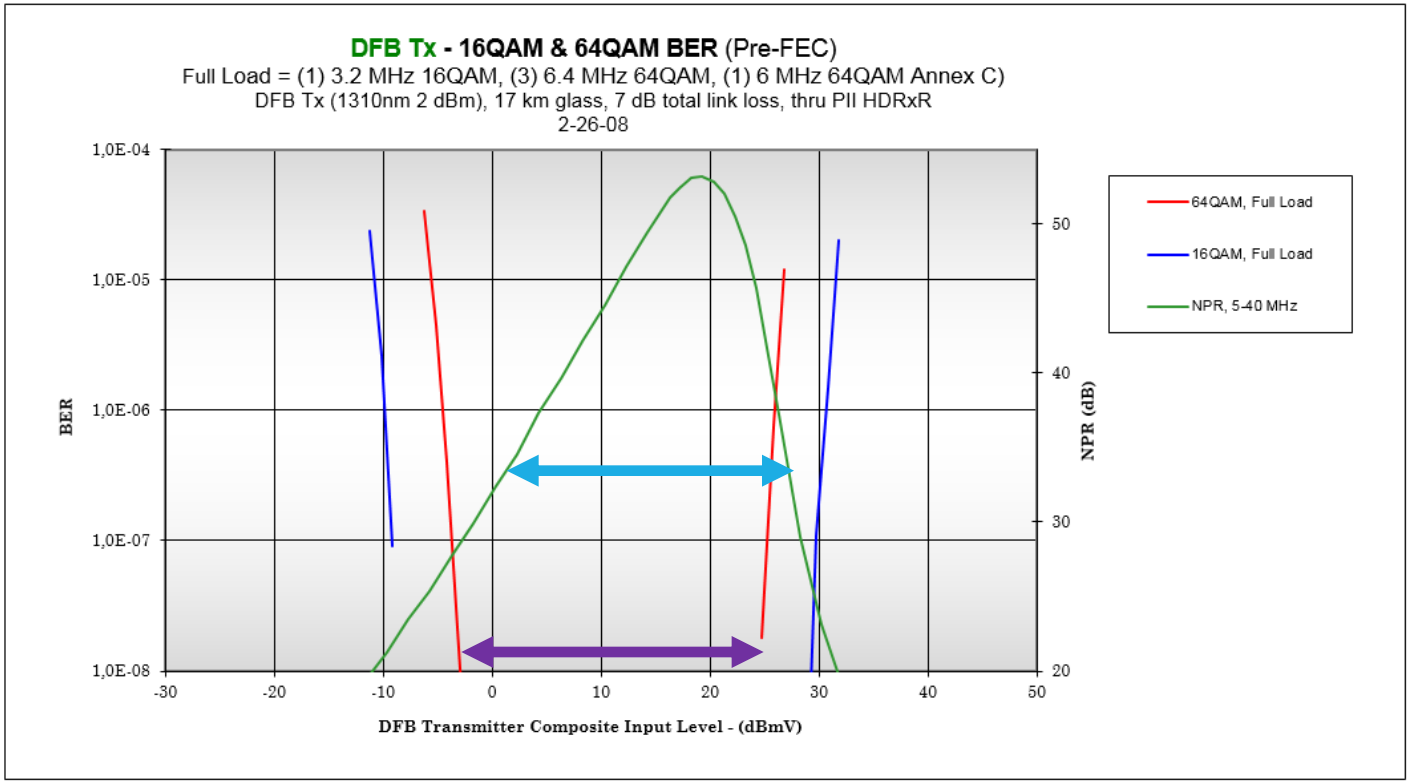
Curva NPR

- NPR ➔ Noise Power Ratio
  Curva que caracteriza el comportamiento del Link Óptico
- El laser DFB mejora sensiblemente el rango dinámico
- Laser DFB resulta mandatorio para 64 QAM o mas de 4 CH en bonding de retorno



Total Power, all Signals 5-42 MHz

NPR vs BER



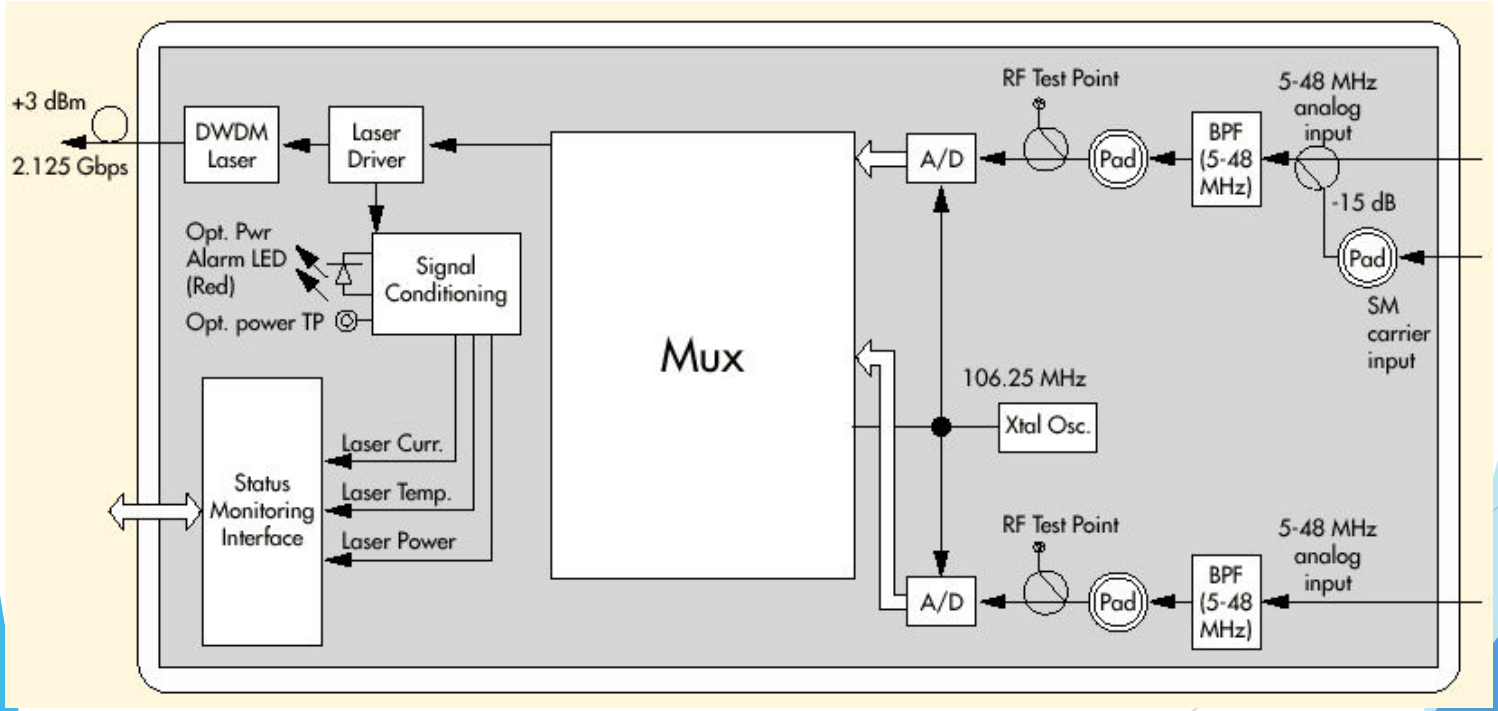
Rango dinámico para SNR/NPR 32 dB

Rango dinámico para BER 1 10^{-8}

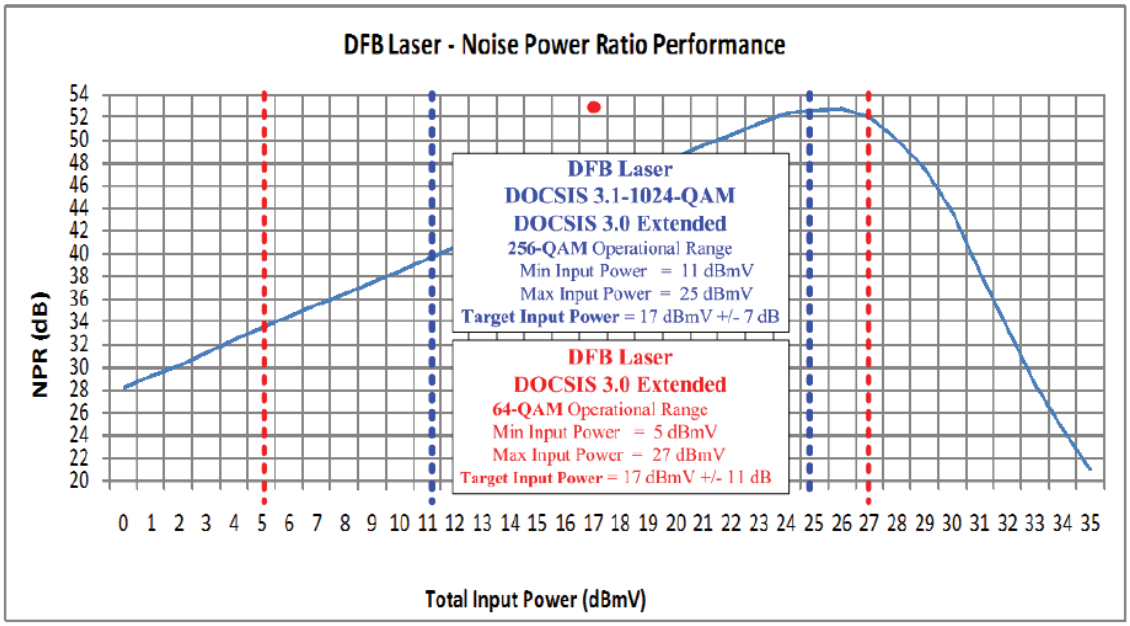
Encuentro Regional de Telecomunicaciones
Rosario 2015 23, 24 y 25 de Junio

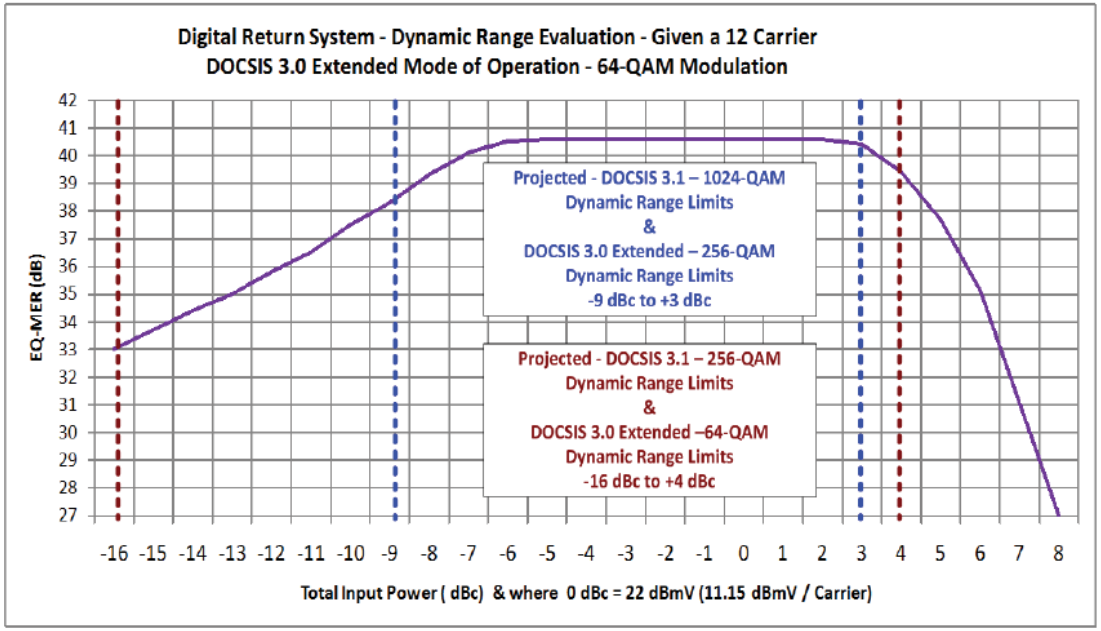
Retorno Digital

- Para mejorar la relación CNR / MER se reemplaza el enlace analógico entre el nodo y la cabecera por un enlace digital
- Esto permite operar con modulación de mayor orden y mejorar la eficiencia ➔ Permite 4096 QAM



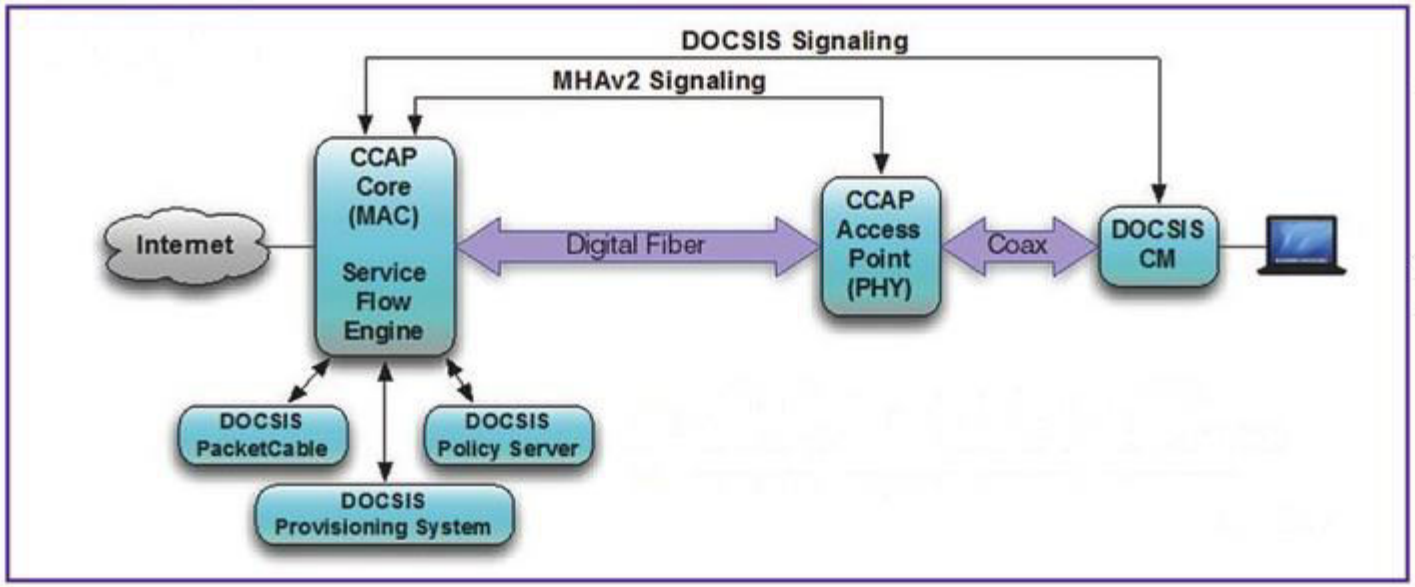
Retorno Digital vs DFB





Remote CCAP

- El retorno digital permite mejorar el SNR/NPR de retorno. El "Remote CCAP" reemplaza el enlace analógico entre el Hub/Headend por uno digital para mejorar SNR de directa.
- Remote CCAP mueve al nodo los bloques analógicos del CMTS
- Tres niveles de remote CCAP :
  - 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



Encuentro Regional de Telecomunicaciones
Rosario 2015 23, 24 y 25 de Junio

Impacto CH bonding retorno

- El CM tiene una "potencia total máxima" de TX
- A medida que aumentan la cantidad de canales disminuye la potencia por canal

Bonding	Modulación	Potencia Total	Potencia por CH
1 CH	QPSK	*61 dBmV	61 dBmV
	16QAM	58 dBmV	58 dBmV
	64QAM	57 dBmV	57 dBmV
2 CH	QPSK	61 dBmV	58 dBmV
	16QAM	58 dBmV	55 dBmV
	64QAM	57 dBmV	54 dBmV
4 CH	QPSK	61 dBmV	55 dBmV
	16QAM	58 dBmV	52 dBmV
	64QAM	57 dBmV	51 dBmV

* Docsis 3.0 incremento el máximo nivel de 58dBmV a 61 dBmV
Docsis 3.1 incrementa la máxima potencia promedio a 65 dBmV

Niveles de US Docsis

- Buenas prácticas de diseño aconsejan operar con un nivel de TX del CM entre 40 dB & 50 dB.
- El máximo nivel operativo de los CM varia según la modulación utilizada en el retorno.
  Con 64 QAM sería:
  Docsis 2.0 ➔ 54 dB = OK
  Docsis 3.0 – 4 CH ➔ 51 dB = marginal
  Docsis 3.0 – 8 CH ➔ 48 dB = bajo nivel
  Docsis 3.1 – 48 MHz ➔ 65 dB total (56 dB en 6 MHz)
  Docsis 3,1 – 96 MHz ➔ 65 dB total (53 dB en 6 MHz)
- Si los CM quedan operando muy al margen una alternativa es reducir el nivel que espera recibir el CMTS pero esto tiene un impacto negativo en el MER.
- Puede ser necesario cambiar los valores de algunas Taps cercanas a los amplificadores.

Impacto atenuación coaxil

- A medida que sube la frecuencia del Split se incrementa la importancia de la atenuación del cable coaxil en el Budget del retorno.
- Para el upgrade a 1000 MHz o frecuencias mas altas también se requiere mayor ganacia directa

Atenuación 1000 MHz
16% mayor que en 750 MHz

Atenuación 1000 MHz
7% mayor que atenuación en 860 MHz

Atenuación en 200 MHz
104% mayor que atenuación en 42 MHz

Atenuación en 85 MHz
24% mayor que atenuación en 42 MHz

Frequency	Attenuation (dB/100 m)
5 MHz	0.43
55 MHz	1.48
83 MHz	1.84
211 MHz	3.02
250 MHz	3.28
300 MHz	3.54
350 MHz	3.87
400 MHz	4.17
450 MHz	4.43
500 MHz	4.69
550 MHz	4.92
600 MHz	5.18
750 MHz	5.84
865 MHz	6.33
1000 MHz	6.79

Atenuación Cable .625

Impacto Inserción Pasivos

Si bien los pasivos responden hasta 1000 MHz la perdida de inserción crece mucho
El impacto es mayor cuando se colocan muchos pasivos en cascada
Incidencia mínima en el caso de Nodo+Cero

Insertion Loss (Max.)

Tap Value (dB)	4	8	11	14	17	20	23	26	29	32
5-10 MHz	N/A	T	3.5	1.7	1.2	0.9	0.7	0.4	0.4	0.4
11-50 MHz	N/A	T	3.6	1.6	1.1	0.8	0.6	0.4	0.4	0.4
51-100 MHz	N/A	T	3.8	1.9	1.3	0.9	0.6	0.5	0.5	0.5
101-300 MHz	N/A	T	3.8	1.9	1.3	1.1	0.8	0.7	0.7	0.7
301-400 MHz	N/A	T	4.0	2.1	1.6	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9
401-500 MHz	N/A	T	4.0	2.2	1.6	1.2	0.9	0.8	0.8	0.8
501-600 MHz	N/A	T	4.2	2.3	1.7	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8
601-700 MHz	N/A	T	4.7	2.6	1.9	1.3	1.1	1.0	0.9	0.9
701-800 MHz	N/A	T	4.9	2.8	2.2	1.5	1.3	1.2	1.2	1.2
801-900 MHz	N/A	T	4.9	3.3	2.5	1.7	1.4	1.4	1.4	1.4
901-1000 MHz	N/A	T	5.0	3.8	3.0	2.1	1.7	1.7	1.7	1.7

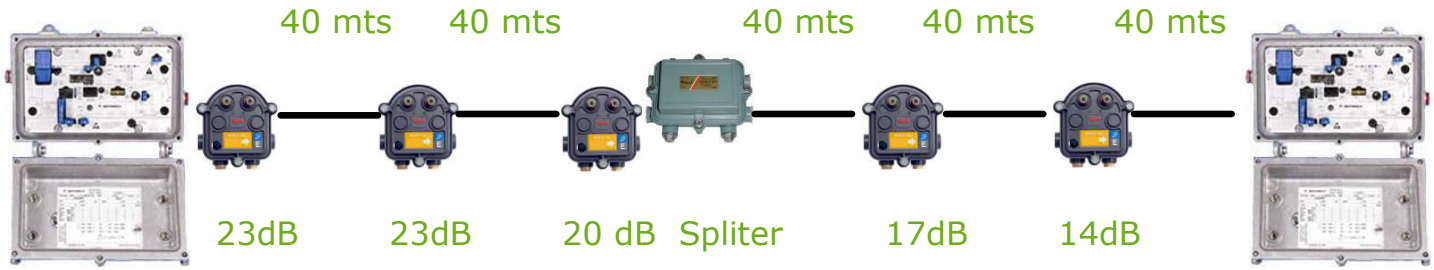
SPECIFICATIONS

12 amp Line Passives

Insertion Loss

Frequency (MHz)	5-10	11-50	51-300	301-400	401-500	501-600	601-900	901-1000
Directional Couplers								
RLDC10-8 (SP)	2.5	2.4	2.5	2.6	2.9	3.2	3.5	4.1
RLDC10-12 (SP)	2.0	1.8	2.0	2.0	2.2	2.3	2.9	3.7
RLDC10-16 (SP)	1.7	1.5	1.8	1.9	2.2	2.3	2.9	3.7
Line Splitters								
RLS10-2 (SP)	4.8	4.4	4.6	4.5	4.8	5.1	5.3	6.1
RLS10-3 (SP)								
Port 4	4.7	4.3	4.7	4.6	5.0	5.2	5.6	6.0
Port 2 and 3	8.2	8.2	8.2	8.2	8.3	8.5	9.0	9.5
RLS10-3B (SP)	6.4	6.1	7.0	7.1	7.3	7.3	7.8	8.5
Power Inserter								
RPI-100 (SP)	1.1	0.8	1.2	1.0	1.2	1.0	1.6	1.6

Caso práctico

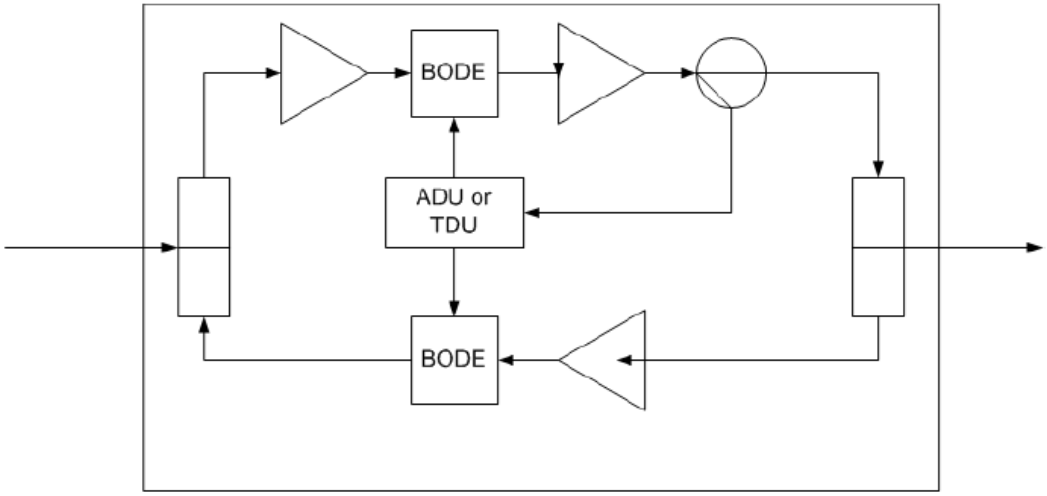


Frecuencia MHz	Pasivos dB	Cable dB	Atenuación Total	Relación Pas/Cable
50 MHz	9,1 dB	2,96 dB	12,06 dB	3,07
200 MHz	10,4 dB	6,04 dB	16,44 dB	1,72
300 MHz	11,2 dB	7,08 dB	18,28 dB	1,58
860 MHz	15,3 dB	12,66 dB	27,96 dB	1,20
1000 MHz	18,4 dB	13,60 dB	32 dB	1,35

Ganancia Directa LE ➔ 860 MHz = 30 dB / 1000 MHz = 35 dB
Ganancia Retorno LE ➔ 5-42 MHz = 18 dB / 5-200 MHz = 22 dB

Influencia de la Temperatura

- Al incrementar la frecuencia de retorno comienza a impactar la variación de la atenuación del cable con la temperatura.
- El efecto de la temperatura en el retorno es mas importante en cascadas largas, caso Nodo+5
- En el caso de cascadas larga deberá contemplarse un lazo de control de ganancia AGC.
- Una alternativa es utilizar la señal del control de AGC de directa para manejar un “bode” de retorno.



Consideraciones Midsplit

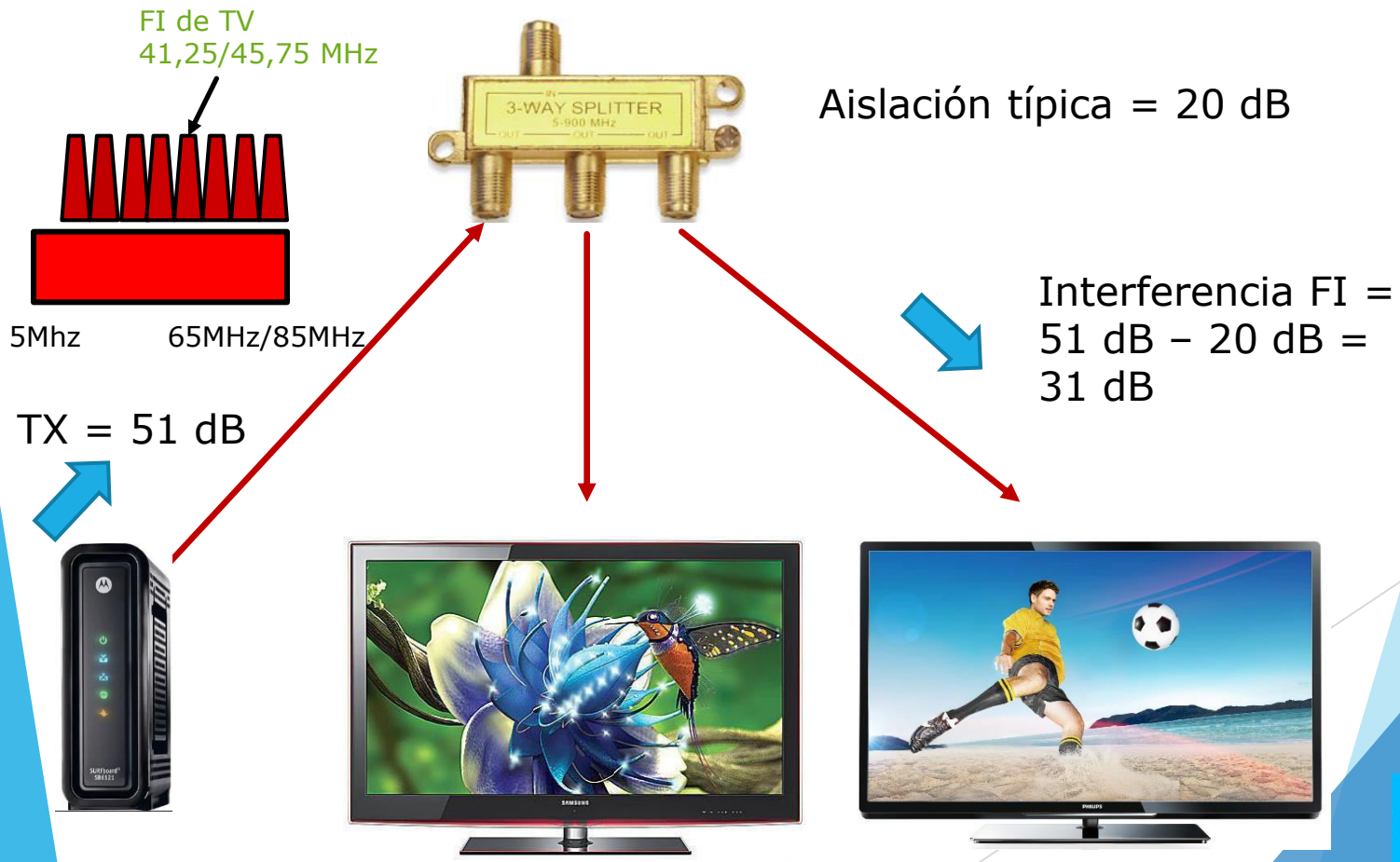
- Permite duplicar la capacidad de la banda de retorno ➔ 5-85 MHz = 12CH de 6,4MHz
- Sacrifica los 5 CH de la banda baja de TV
- La banda de cruce de los diplexores cae en la banda de FM.
  No hay problemas de interferencia en el retorno.
- Compatible con señalización fuera de banda de los viejos STB que operan en 106,5 MHz
- Solo requiere el cambio de algunos tap por limitación potencia TX del Cable Modem.
- Si los equipos trabajan con diplexores enchufables solo requiere el cambio de los mismos para adecuarse al nuevo Split.
- Deberan segmentarse los nodos grandes para trabajar con un tamaño que se encuentre entreb 250 & 700 HP.
- Nodos ópticos con tecnología CWDM permiten segmentar sin reconstruir ni instalar mas fibras ópticas

Consideraciones Highsplit

- Si el cambio a midsplit ofrece tantas ventajas porque no migrar a highsplit y ganar mas???
- Highsplit utiliza un retorno 5-204 MHz.
- Permite ubicar dos bloques OFDM de 96 MHz
- Requiere reubicar los canales de banda baja, media y alta ➔ Perdemos CH2 al CH22
- No compatible con viejos STB con señalización OOB
- Al operar en frecuencias mas elevadas sufre la mayor atenuación de cable coaxil.
- Al operar canales mas anchos puede requerir cambio de mayor cantidad de multitaps por limitación potencia TX.
- Estos problemas se magnifican en el caso del UltrahighSplit ➔ 5-300 MHz

Problemas de Aislación

- Al extender el retorno por encima de los 42 MHz el cablemodem transmite en la banda de FI de TV.
- El nivel de TX es elevado y debemos asegurar aislación para evitar afectar la recepción de TV



Upgrade a 1794 MHz

- Un upgrade a 1794 MHz requiere reconstruir la red:
  - Los pasivos actuales responden solo hasta 1000 MHz
  - La atenuación del cable coaxil a 1794 MHz resulta un 50% mas elevada que a 860 MHz
  - No solo cambian los amplificadores sino también el espaciamiento ➔ requiere un nuevo diseño.
- Se superpone con las bandas de frecuencia utilizadas por "moca" generando interferencia con los dispositivos del hogar basados en esa tecnología

Ninguno de nosotros esta dispuesto a reconstruir su red!!!

Conclusiones

- Docsis 3.1 permite un mejor aprovechamiento de la red sin necesidad de llegar a reconstruir.
  ➔ mejora de un 40% respecto a Docsis 3.0
- Aquellos que operan con 860MHz & Split europeo disponen de margen de seguridad hasta el 2019 / 2020
- El upgrade recomendado es 1000 MHz con midsplit
  - Mantiene ubicación de los amplificadores.
  - Laser de retorno debe ser DFB, considerar retorno digital.
  - Si los nodos son grandes trabajar en la segmentación
  - Tamaño ideal del nodo = 200HP o menos / máximo = 700 HP
- Un upgrade a 1500MHz o 1700MHz obliga a reconstruir.
- Resulta mandatorio liberar gradualmente espacio en la grilla analógica para permitir el crecimiento de servicios digitales.
- Debemos estar atento a la evolución de las nuevas tecnologías FTTH & EPoC sobre todo en el caso de “greenfields”, aplicaciones especiales de “fibra a la oficina” o “fibra al edificio”

Referencias

- DOCSIS 3.0 Upstream: Technology, RF Variables & Case Studies
  Dr. Robert Howald Technology Office Motorola Home & Networks Mobility
- Reverse Optical Links from Nodes in Docsis 3.0 Enviroment
  Oleh J Sniezko, Aurora Networks Inc
- Making Room for DOCSIS 3.1 and EPoC – Is your cable plant ready for an OFDM world?
  Phil Miguelez – ARRIS
- Docsis 3.1 – Plan its deployment using the data in your Docsis 3.0 OSS tolos
  Patricio Latini – Intraway
- Making Rational HFC Upstream Migration Decisions in the Midst of Chaos
  Dean Stoneback, Sr. Manager Systems Engineering, ARRIS
- Examining the future evolution of Access networks
  Tom Cloonan, CTO Network Solutions, ARRIS
  Michael Emmendorfer, Sr. Director Solutions Architecture, ARRIS
- DOCSIS® 3.0 Upstream Channel Bonding:Performance Analysis in the Presence of HFC Noise
  Ayham Al-Banna - Sr. Systems Architect, ARRIS
- Docsis3.1 - Physical layer
  Cablelabs