

# TALLER N°8: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED SDH

Manosalvas Dayanna, Zuña Bryan  
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
Escuela Politécnica Nacional  
REDES DE COMUNICACIONES ÓPTICAS

[dayanna.manosalvas@epn.edu.ec](mailto:dayanna.manosalvas@epn.edu.ec) [bryan.zuna@epn.edu.ec](mailto:bryan.zuna@epn.edu.ec)

**Resumen.** - El presente documento, muestra el Informe correspondiente al Taller número 8 de la materia de Redes de Comunicaciones Ópticas sobre: *Diseño y Simulación de una Red SDH*. Este trabajo pretende mostrar todas las actividades realizadas.

**Palabras Clave.** - Redes SDH, multiplexores, demultiplexores.

## I. OBJETIVOS

- Diseñar y simular una red SDH básica.

## II. INFORME

### A. Consulte dos equipos mux/demux SDH comerciales.

#### Multiplexor SDH modelo TN1U STM-1



Ilustración 1: Multiplexor TN1U STM-1

#### Características principales del multiplexor:

- Interfaz óptica STM-1
  - Conector: FCPC tipo de fibra óptica monomodo
  - Longitud de onda: 1300nm ó 1550nm
  - Ganancia del sistema: 28dB (1300nm) y 33dB (1550nm)
  - Velocidad de transmisión: 155.52 Mb/s
  - Tipo de código NRZ
- Datos alta velocidad
  - Interfaces V.11/RS232, asincrónico, de cuatro señales de 9.6Kb/s y submúltiplos de 19kb/s sincrónico
  - Interfaz óptica de protecciones IEEE C37.94
  - Interfaz Ethernet de 10Mb/s y 100Mb/s con norma IEEE 802.3
  - Interfaz FDM para 60 canales de señales analógicas FDM

Interfaz E1 (PDH) con cuatro circuitos E1 G.703 a 2.048Mb/s

- Retardo
  - En transmisión 20 $\mu$ s en STM-1 al paso por nodo.
- Alimentación
  - 115V, 230Vca y una entrada de 24V, 48V y 130Vcc
  - Potencia de consumo de 10W
- Temperatura
  - Operación -20°C a +60°C
  - Almacenamiento -40°C a 70°C

#### Multiplexor STM1/STM4 BAUDCOM BD-MUX04-LMFE

Es una plataforma de STM-1/STM-4 SDH/MSPP que dispone una ranura para la tarjeta de la dirección de la red, ranuras 1 para STM-1/STM-4 uplink, y 4 ranuras dejadas para los servicios STM-1, Ethernet, E1, E3/DS3, V. 35 etc.



Ilustración 2: Multiplexor BAUDCOM BD-MUX04-LMFE

Sus principales características son:

- Velocidad de 10/100Base-Tx o 100Base-Tx con interfaz Ethernet
- Encapsulación se conforma con ITU-T G7041
- Interfaz E1 máximo 96E1 de PDH
- Capacidades
  - Uplink STM-1 32 VC4 y 96 VC3
  - Uplink STM-4 2016 VC12
- Conectores
  - SC/PC
  - SFP
  - RJ45
- Tarjetas disponibles
  - Tarjeta óptica tributario de Ethernet Single STM-1
  - Tarjeta óptica tributario de Ethernet Single STM-1
  - Tarjeta de energía de PWR02 AC220V
  - ED01 2xV tarjeta 35 enmarcada.
- Trabaja con el estándar conformado por IEEE 802.3

- Alimentación  
220Vca y una entrada de -48V  
Potencia de consumo menor a 40W
- Temperatura  
Operación -20°C a +50°C  
Almacenamiento menor al 90% de la humedad

## B. Diseñe y simule una red SDH

La red SDH diseñada, está conformada por tres transmisores cada uno con diferente longitud de onda. Además, se realiza la sustracción y adición de una nueva señal. A continuación, se muestran los parámetros importantes de la red.

### • Transmisores

- Longitudes de onda: 193.1, 193.2 y 193.3THz.
- Potencia de transmisión: 10dBm

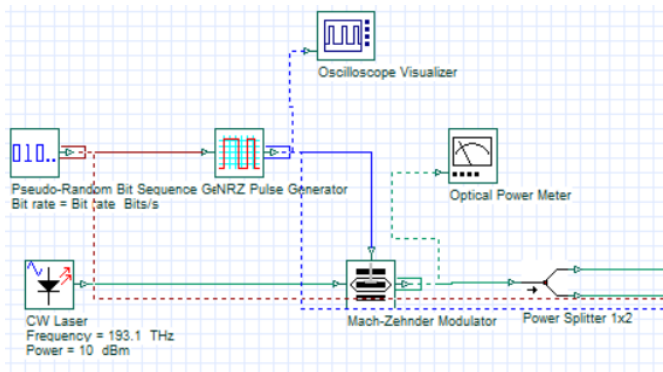


Ilustración 3: Transmisores

### • Fibra

- Tipo: Corning SMF-28
- Atenuación: 0.18dB
- Dispersión: 18 ps/nm Km
- Distancia: 100Km
- Amplificador: 18Db

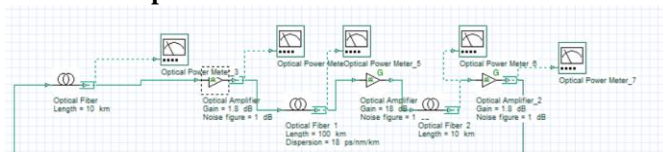


Ilustración 4: Enlace de fibra

### • Receptores

- Fotodetector: PIN
- Longitudes de onda: 193.1, 193.2 y 193.3THz.

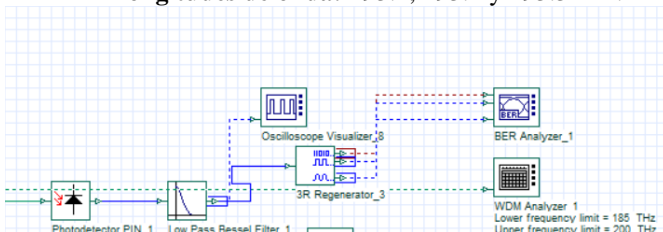


Ilustración 5: Receptores

- Capacidad: 2.5Gbps

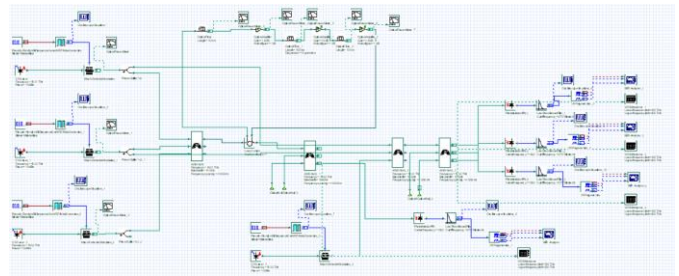


Ilustración 6: Red SDH

## C. Realice el cálculo del presupuesto de enlace.

Realizamos el análisis de todos los componentes que vamos a tener en el sistema. Para el lado de Tx se dispone, una potencia de transmisión inicial de 10dBm y luego se considera todas las pérdidas en el enlace de fibra óptica.

### Cálculo de presupuesto

#### Amplificación

$$P_{tx} = 10\text{dBm}$$

$$G_{amp1} = 1.5\text{dB}$$

$$G_{amp2} = 15\text{dB}$$

$$G_{amp3} = 1.5\text{dB}$$

#### Pérdidas

$$P_{\text{Mux/Demux}} = 3\text{dB} \rightarrow \text{Pérdidas de inserción } 6\text{dB}$$

$$P_{fo} = 15\text{dB} \text{ (0.15dB/Km da un total de 15dB en los 100Km de fibra óptica)}$$

$$P_{fo\text{-PRE-COMP}} = 1.5\text{dB}$$

$$P_{fo\text{-POS-COMP}} = 1.5\text{dB}$$

$$\text{Pérdidas totales} = P_{\text{Mux/Demux}} + P_{fo} + P_{fo\text{-PRE-COMP}} + P_{fo\text{-POS-COMP}} \text{ [dB]}$$

$$\text{Pérdidas totales} = 6 + 15 + 2 \cdot (1.5) \text{ [dB]}$$

$$\text{Pérdidas totales} = 24 \text{ [dB]}$$

#### Margen de seguridad

En un rango  $MS=10.8\text{[dB]}$  obtenido para el margen de seguridad

Sensibilidad para el receptor

$$P_{tx} - \alpha_t + G = \text{Sensibilidad} + MS$$

$$10\text{dBm} - 24\text{dB} + 18\text{dB} = \text{Sensibilidad} + 10.8\text{dB}$$

$$\text{Sensibilidad} = -6.8\text{dBm}$$

Para la sensibilidad obtengo un valor de -6.8dBm al tratarse de un fotodiodo tipo PIN que es lo mínimo que nuestro sistema requiere para poder detectar la señal

$$G = -10\text{dBm} + 24\text{dB} + 6.8\text{dB} + 10.8\text{dB}$$

$$G = 31.6\text{dB}$$

Va a ser la ganancia necesaria para compensar el sistema que disponemos y así lograr una mayor recepción de los datos al mejorar la sensibilidad en el receptor. Cabe recalcar que los cálculos obtenidos son únicamente para el Tx y Rx con frecuencia de trabajo de 193.1 THz.

## D. Realice el análisis del diagrama del ojo, BER y OSNR para determinar la calidad del enlace.

- Receptor 1

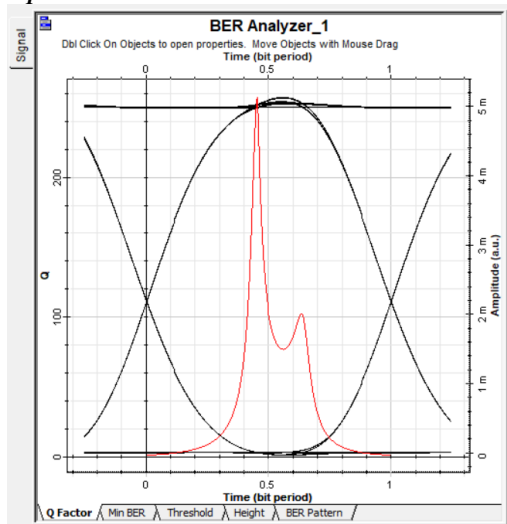


Ilustración 7: Diagrama del ojo del receptor 1

Max. Q Factor	257.267
Min. BER	0
Eye Height	0.00494568
Threshold	0.00183664
Decision Inst.	0.371094

Ilustración 8: BER del receptor 1

Como se puede observar se obtiene un diagrama del ojo muy bien definido. Por otro lado, como valor de BER tenemos 0, el cual permite comprobar que efectivamente el diagrama obtenido es el correcto.

Frequency (THz)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
193.1	3.6638398	-100	103.66384
193.2	-96.244032	-100	3.7559675
193.3	-93.381408	-100	6.6185917

Ilustración 9: OSNR del receptor 1

Como se puede observar, para el primer canal de frecuencia 193.1THz se tiene un OSNR de 103.66dB. El cual muestra que se tiene una buena potencia de la señal.

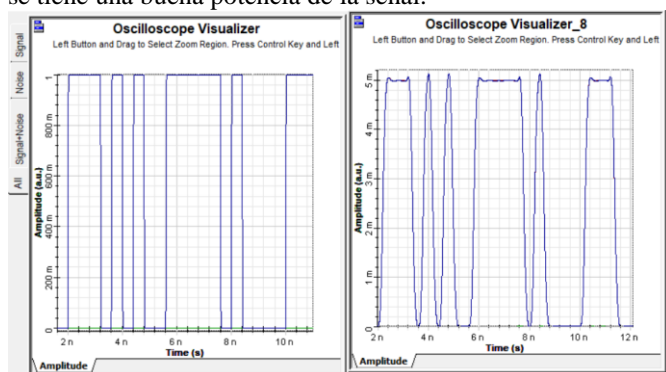


Ilustración 10: Señal transmitida vs señal recibida

Como se puede observar la señal que se tiene en recepción es bastante similar a la que se entrega en transmisión. A pesar de que ha sufrido una degradación en la potencia los niveles son bastante distinguibles.

- Receptor 2

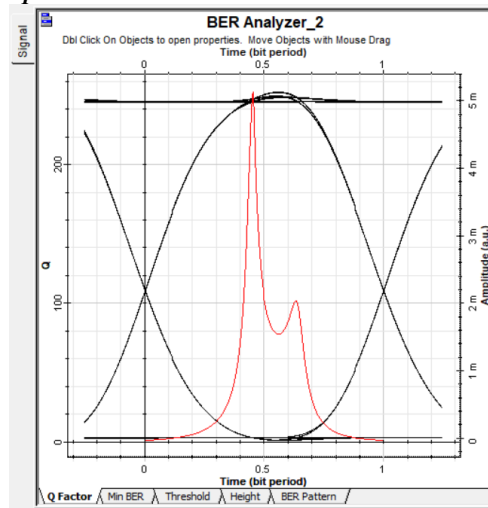


Ilustración 11: Diagrama del ojo del receptor 2

Max. Q Factor	252.39
Min. BER	0
Eye Height	0.00494461
Threshold	0.00183829
Decision Inst.	0.371094

Ilustración 12: BER del receptor 2

Como se puede observar se obtiene un diagrama del ojo muy bien definido. Por otro lado, como valor de BER tenemos 0, el cual permite comprobar que efectivamente el diagrama obtenido es el correcto.

Frequency (THz)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
193.1	-96.315793	-100	3.6842071
193.2	3.735946	-100	103.73595
193.3	-93.38141	-100	6.6185901

Ilustración 13: OSNR del receptor 2

Como se puede observar, para el primer canal de frecuencia 193.2THz se tiene un OSNR de 103.73dB. El cual muestra que se tiene una buena potencia de la señal.

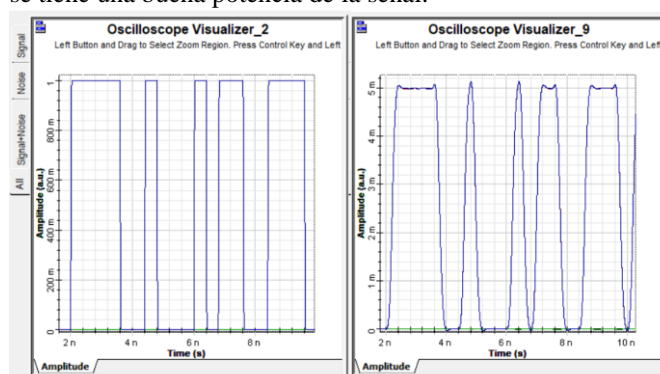


Ilustración 14: Señal transmitida vs señal recibida

Como se puede observar la señal que se tiene en recepción es bastante similar a la que se entrega en transmisión. A pesar de que ha sufrido una degradación en la potencia los niveles son bastante distinguibles.

- Receptor 3

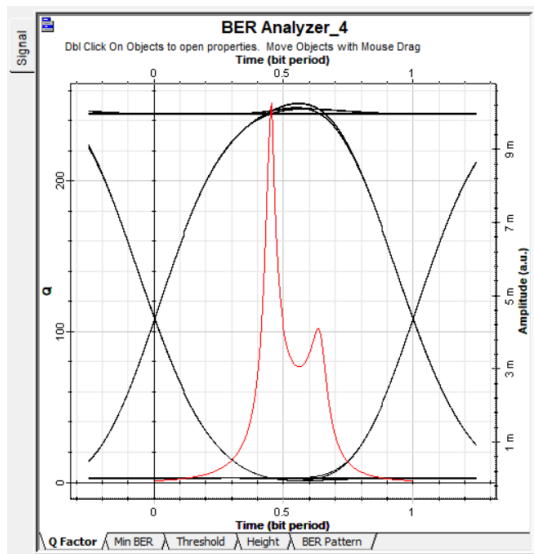


Ilustración 15: Diagrama del ojo del receptor 3

Max. Q Factor	251.719
Min. BER	0
Eye Height	0.0098916
Threshold	0.00367518
Decision Inst.	0.371094

Ilustración 16: BER del receptor 3

Como se puede observar se obtiene un diagrama del ojo muy bien definido. Por otro lado, como valor de BER tenemos 0, el cual permite comprobar que efectivamente el diagrama obtenido es el correcto.

Frequency (THz)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
193.1	-96.315799	-100	3.6842009
193.2	-96.244043	-100	3.7559571
193.3	6.5972145	-100	106.59721

Ilustración 17: OSNR del receptor 3

Como se puede observar, para el primer canal de frecuencia 193.3THz se tiene un OSNR de 106.59dB. El cual muestra que se tiene una buena potencia de la señal.

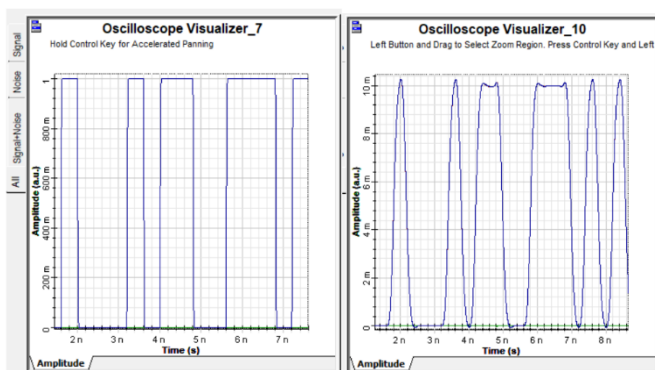


Ilustración 18: Señal transmitida vs señal recibida

Como se puede observar la señal que se tiene en recepción es bastante similar a la que se entrega en transmisión. A pesar de que ha sufrido una degradación en la potencia los niveles son bastante distinguibles.

- Receptor del WDM Drop

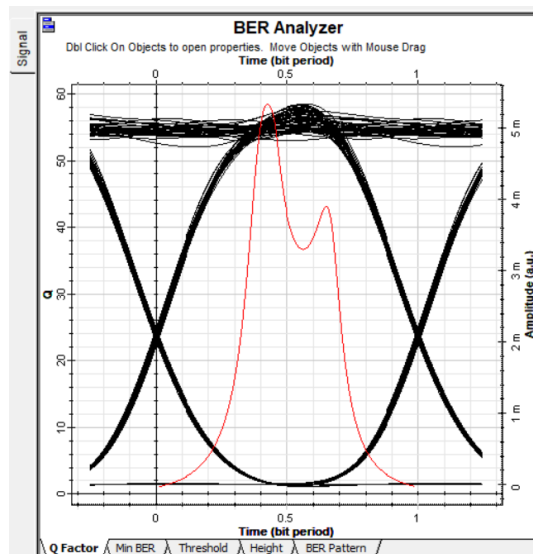


Ilustración 19: Diagrama del ojo del receptor WDM Drop

Max. Q Factor	58.4521
Min. BER	0
Eye Height	0.00478875
Threshold	0.00204109
Decision Inst.	0.359375

Ilustración 20: BER del receptor WDM Drop

Como se puede observar se obtiene un diagrama del ojo muy bien definido. Sin embargo, a diferencia de los demás receptores, este diagrama presenta un poco de ISI en la parte superior. Por otro lado, como valor de BER tenemos 0, el cual permite comprobar que efectivamente el diagrama obtenido es el correcto.

Frequency (THz)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
193.1	3.6584166	-40.20958	43.867997
193.2	-96.238769	-100	3.7612306
193.3	-96.321862	-100	3.678138

Ilustración 21: OSNR del receptor WDM Drop

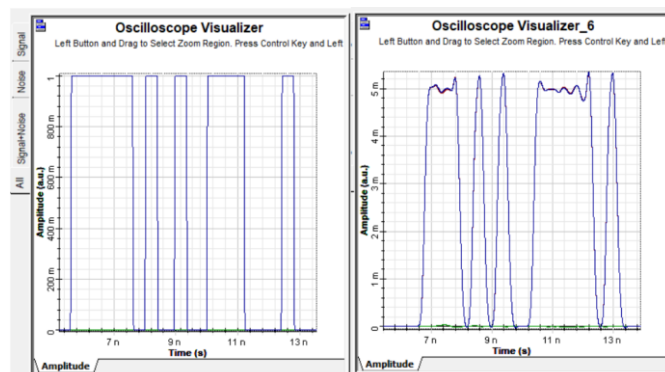


Ilustración 22: Señal transmitida vs señal recibida

Como se puede observar la señal que se tiene en recepción es bastante similar a la que se entrega en transmisión. A pesar de que ha sufrido una degradación en la potencia los niveles son bastante distinguibles.



E. Varíe los parámetros (justifique su variación) para obtener un máximo (óptimo) desempeño del sistema.

Para determinar el desempeño del sistema, se analizará el diagrama del ojo del receptor 1, ya que como se pudo observar anteriormente, los demás receptores presentan un diagrama similar.

- **Capacidad de 5Gbps**  
Se procedió a aumentar la capacidad del sistema SDH para ver si el rendimiento mejora.

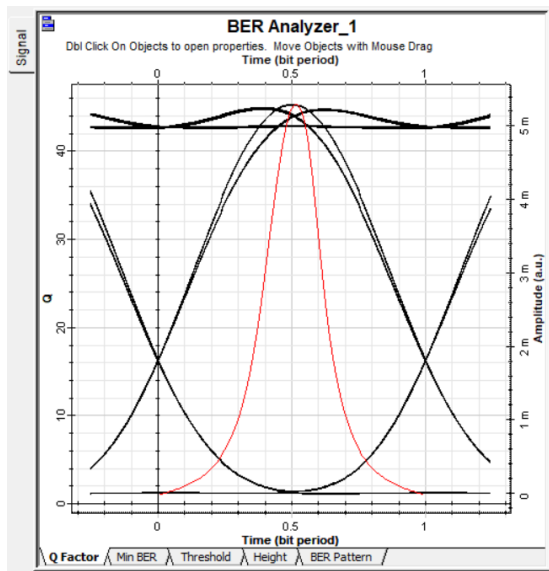


Ilustración 23: Diagrama del Ojo del receptor 1

Max. Q Factor	45.3159
Min. BER	0
Eye Height	0.00478137
Threshold	0.000544092
Decision Inst.	0.460938

Ilustración 24: BER receptor 1

Como se puede observar, con una capacidad de 5Gbps, el diagrama del ojo es bastante definido. Sin embargo, a comparación del anterior sistema presenta pequeñas variaciones en la parte superior. Por otro lado, el valor del BER se sigue manteniendo en 0.

- **Capacidad de 10Gbps**

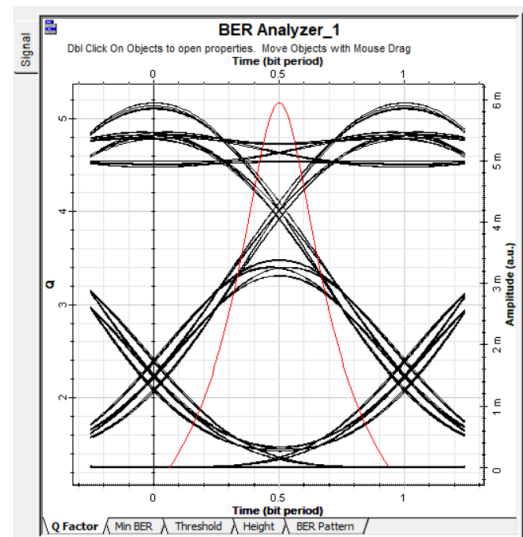


Ilustración 25: Diagrama del Ojo del receptor 1

Max. Q Factor	5.1685
Min. BER	8.573e-008
Eye Height	0.00170606
Threshold	0.000739506
Decision Inst.	0.5

Ilustración 26: BER receptor 1

Como se puede observar, con una capacidad de 10Gbps, el diagrama del ojo presenta mayor ISI en la parte superior. Aunque la apertura sigue siendo distinguible el valor del BER para este caso aumentó a  $8.57 \cdot 10^{-8}$ .

**Conclusión:** la capacidad del sistema podría aumentarse sin problemas hasta un poco más de 5Gbps. Sin embargo, para valores mayores a 10Gbps la calidad del sistema empezará a disminuir por el aumento del BER.

### III. REFERENCIAS

- [1]«Multiplexores iConverter SDH». <https://www.gegridsolutions.com/products/brochures/tn1u-sp.pdf> (accedido ago. 01, 2021).
- [2]«[Hot Item] STM1/STM4 Multiplexores SDH», Made-in-China.com. [https://es.made-in-china.com/co\\_baudcom/product\\_STM1-STM4-SDH-Multiplexer\\_honygunig.html](https://es.made-in-china.com/co_baudcom/product_STM1-STM4-SDH-Multiplexer_honygunig.html) (accedido ago. 01, 2021).