

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE ELECTRICA Y ELECTRONICA

INTEGRANTES:

Cristian Gallo

Alejandra Silva

Curso: GR1

Fecha: 2021-06-06

TALLER N°1

TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ÓPTICAS

OBJETIVOS:

- Diseñar un sistema de comunicaciones ópticas punto a punto mediante el uso del software OptiSystem.
- Analizar el presupuesto de potencia del sistema.
- Variar los parámetros del sistema afín de obtener el máximo (óptimo) rendimiento del sistema.
- Analizar los resultados obtenidos

DESARROLLO DE LA PRACTICA



Fig. 1. Diagrama de un Enlace óptico Punto a Punto.

PARAMETROS DEL SISTEMA

Diseñe y simule un sistema óptico punto a punto con las siguientes características:

- Capacidad del sistema: 1 Gbps.
- BER = 10^{-9}
- OSNR = 12 dB
- Longitud (alcance): 200 Km

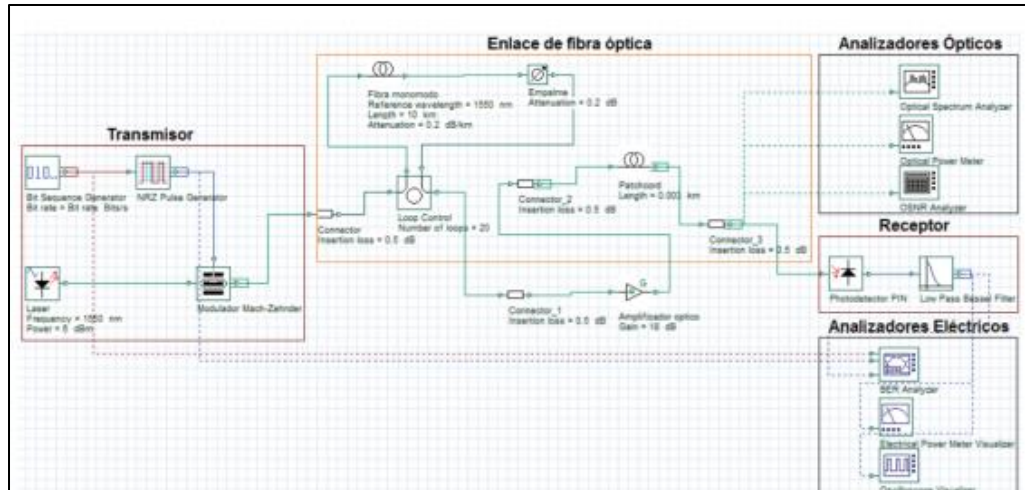
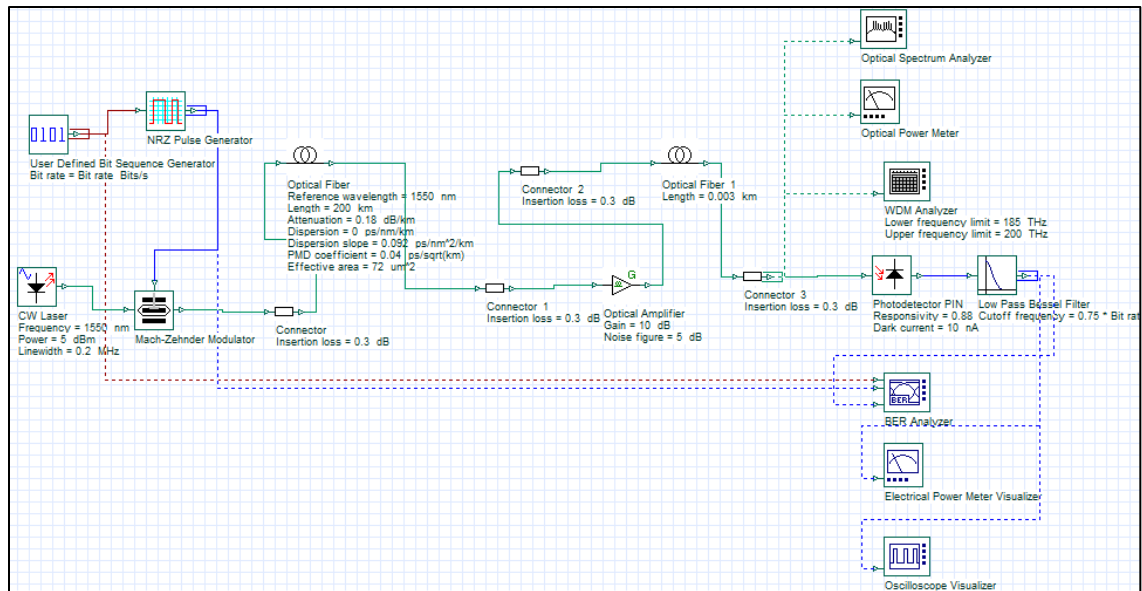


Fig. 2. Referencia del diagrama óptico punto a punto.

DESARROLLO DE LA SIMULACION



- Realice el cálculo del presupuesto del enlace

$$\text{Perdidas por conectores} = 4 * 0.3\text{dB} = 1.2\text{dB}$$

$$\text{Pérdidas por fibra} = 200\text{km} * 0.18\text{ dB/km} = 36\text{dB}$$

$$\text{Pérdidas totales} = 1.2\text{dB} + 36\text{dB} = 37.2\text{dB}$$

$$PRx = PTx + \text{Ganancia de Amplificador} - \text{Perdidad totales}$$

$$PRx = 5\text{dB} + 10\text{dB} - 37.2\text{dB}$$

$$PRx = -22.2\text{dBm}$$

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

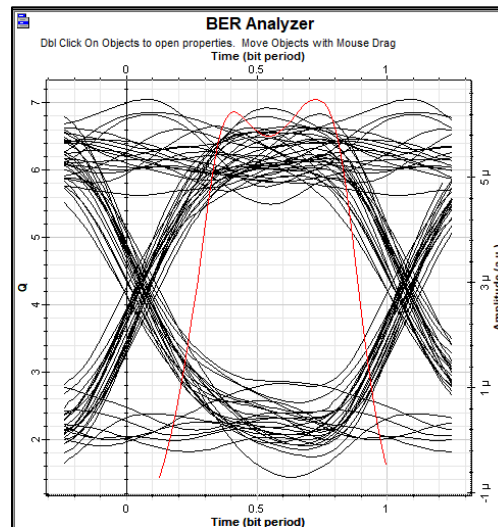


Fig. 3. Diagrama del Ojo

Análisis: En el diagrama del Ojo se observa que se puede identificar claramente la apertura lo que es bueno para el sistema y que los parámetros más importantes que hay que tener en cuenta en el diseño como son el ISI y el Jitter están controlados y no existe solapamiento.

Analysis	
Max. Q Factor	7.04987
Min. BER	8.78436e-013
Eye Height	2.98214e-006
Threshold	2.82376e-006
Decision Inst.	0.726316

Fig. 4. Valor de BER.

Análisis: El valor del BER como se puede apreciar el sistema cumple con el requerimiento de BER establecido de 10^{-9} ya que se observa que tenemos un valor mucho mejor que es de 8.78436×10^{-13} .

WDM Analyzer

Wavelength (nm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
1550	-24.591119	-43.692522	19.101403

Fig. 5. Valor OSNR.

Análisis: El valor obtenido del OSNR es mucho mejor que del requerimiento que se pedía para el diseño ya que es de 19.1(dB)

Name	Value	Units	Mode
Simulation window	Set bit rate		Normal
Reference bit rate	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal
Bit rate	1000000000	Bits/s	Normal
Time window	1.28e-007	s	Normal
Sample rate	64000000000	Hz	Normal
Sequence length	128	Bits	Normal
Samples per bit	64		Normal
Number of samples	8192		Normal

Fig. 6. Valor Bit Rate.

Análisis: El valor del Bit Rate se demuestra que se cumple para el desarrollo del diseño.

Equipo/Cable/Conector	Marca	Modelo
Fuente láser	Laser Diodo Source	1550nm DFB Laser Diode, 40mW, Single Mode / Single Frequency Emission Profile; SMF.
Fibra Óptica	Corning	Corning SMF-28 Ultra Optical Fiber
Conectores	FiberMax	Conector Mecánico SC/APC
Amplificador Óptico	Furukawa	AMPLIFICADOR ÓPTICO MODELO FOA-22DA-16S/WD.
Detector Óptico	Nortel Networks	PP - 10G 10Gb/s PIN Preamp Receiver

Hojas Guías: En Anexos.

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

Los parámetros principalmente que se pueden variar son la potencia de transmisión y la ganancia del amplificador.

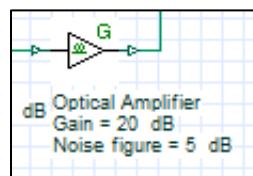


Fig. 7. Cambio de la Ganancia.

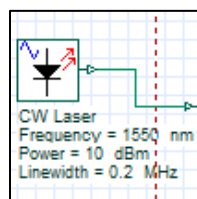


Fig. 8. Cambio de la Potencia de Tx.

Con el cambio de estos parámetros, con una ganancia de 20dB y Ptx en 10 dBm se obtiene el máximo desempeño, al menos en la simulación, teniendo un BER de 0.

Analysis	
Max. Q Factor	54.9058
Min. BER	0
Eye Height	0.000157124
Threshold	6.2878e-005
Decision Inst.	0.442105

Fig. 9. BER.

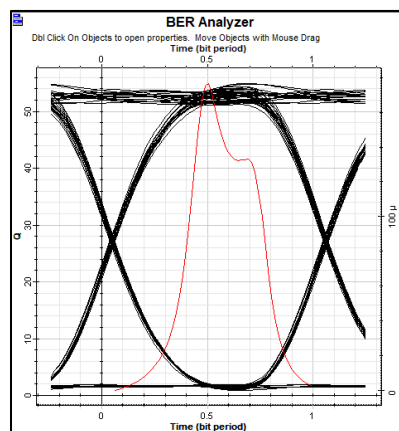


Fig. 10. Diagrama de Ojo.

WDM Analyzer

Wavelength (nm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
1550	-9.591751	-33.566723	23.974972

Fig. 11. OSNR.

Justificación:

Para obtener este valor de ganancia se utilizó el AMPLIFICADOR ÓPTICO MODELO FOA-22DA-16S/WD.

Parámetro		Valores			Complementar
		Min.	Tip.	Máx.	
Puertas de entrada (datos)	(pcs)		16		1310/1490nm
Puerta de entrada (video)			1		1550nm
Puertas de salida (datos/video)	(pcs)		16		1310/1490/1550nm
Longitud de onda de funcionamiento	(nm)	1540		1563	Vídeo
Longitud de onda pasante	(nm)		1310/1490		Datos
Pérdida de Multiplexación (pérdida en el WDM)	(dB)			0,8	1310/1490/1550nm
Aislamiento de longitudes de onda Datos/Video	(dB)	40			
Potencia de entrada (video)	(dBm)	-10	≥3	+10	1550nm
Potencia total de salida	(dBm)	28		37	1550nm

Fig. 12. Datasheet.

Para obtener este valor de Ptx se utilizó 1550nm DFB Laser Diode, 40mW, Single Mode / Single Frequency Emission Profile; SMF with FC/APC Connector.

OPTICAL SPECIFICATIONS (TYPICAL)	
•	Center Wavelength: 1550 nm ±5 nm
•	Output Power (CW): 40 mW
•	Emission Bandwidth: < 200 kHz
•	SMSR: 35 dB (min)
•	Wavelength Shift w/Temperature: 0.08 nm/°C
•	Wavelength Shift w/Current: 0.003 nm/mA
•	Pulsed Output Power: 80 mW

Fig. 13. Datasheet.

- **Varíe las fuentes y receptores y analice los resultados.**

Para la fuente se cambiará el diodo Láser DFB por un diodo Láser DBR, y para el receptor se utilizará un detector APD, en vez del detector PIN.

Equipo	Marca	Modelo
Fuente láser	LD-PB INC	1560nm DBR laser diode 8nm tunable bandwidth, with TEC, Tolerance ±1nm, SMF-28E, FC/APC
Detector Óptico	Nortel Networks	ATA2400-40 2.5Gb/s APD Preamp Receiver

Hojas Guías: En Anexos.

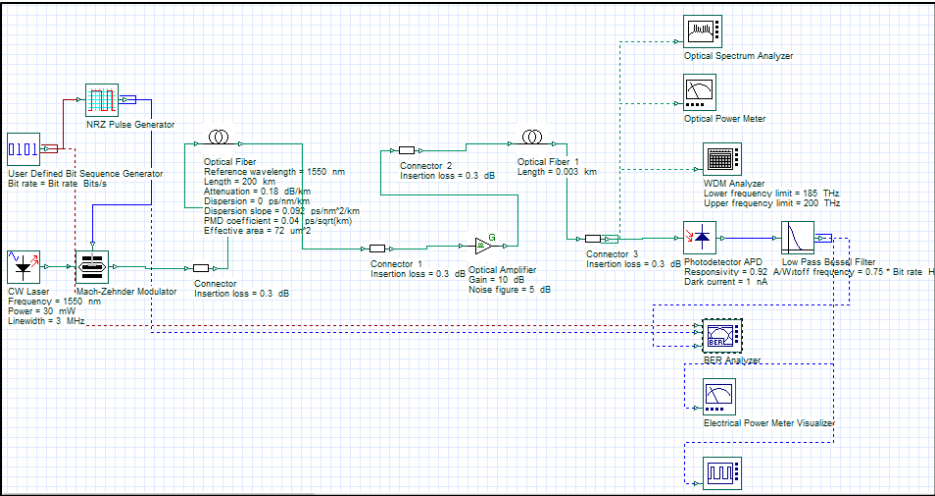


Fig. 14. Red óptica con nueva fuente y receptor

Análisis:

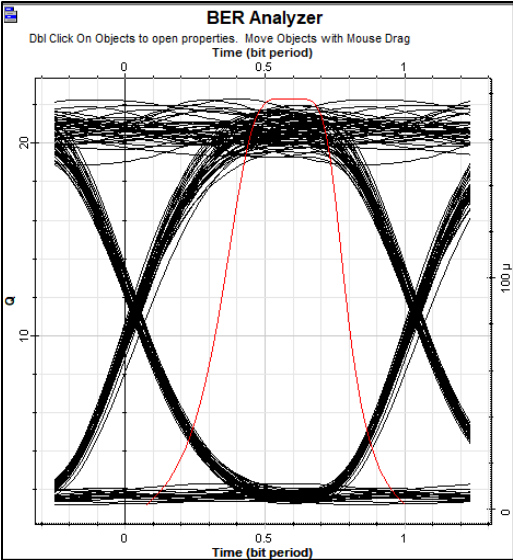


Fig. 15. Diagrama del Ojo

Análisis: En el diagrama del Ojo se observa que es mucho mejor que para la otra fuente y el otro receptor esto debido a que los nuevos equipos manejan una potencia de tx más grande y el receptor tiene una mejor sensibilidad.

Analysis	
Max. Q Factor	22.3036
Min. BER	1.60025e-110
Eye Height	0.000136999
Threshold	4.51023e-005
Decision Inst.	0.625

Fig. 16. Valor de BER.

Análisis: El valor del BER como se puede apreciar el sistema cumple con el requerimiento de BER establecido de 10^{-9} ya que se observa que tenemos un valor mucho mejor que es de $8.78436 \cdot 10^{-13}$.

WDM Analyzer

Wavelength (nm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
1550	-15.150495	-43.692522	28.542027

Fig. 17. Valor de OSNR.

Análisis: El valor obtenido del OSNR es mucho mejor que el anterior en este caso de 28.54(dB)

Nota: Si bien estos equipos dan una mejor performance en la red, costarían un valor mayor, y con los equipos que se propusieron se cumple con las condiciones de diseño y pueden llegar a los mismos desempeños que estos equipos.

- Incluya en el sistema un multiplexor ideal 2 a 1 en el lado de transmisión. Considerando una fuente que simule una transmisión de video con una modulación externa 4-QAM y 16-QAM. En el lado de recepción incluya la etapa demultiplexora y los componentes necesarios que permitan el correcto funcionamiento del sistema.

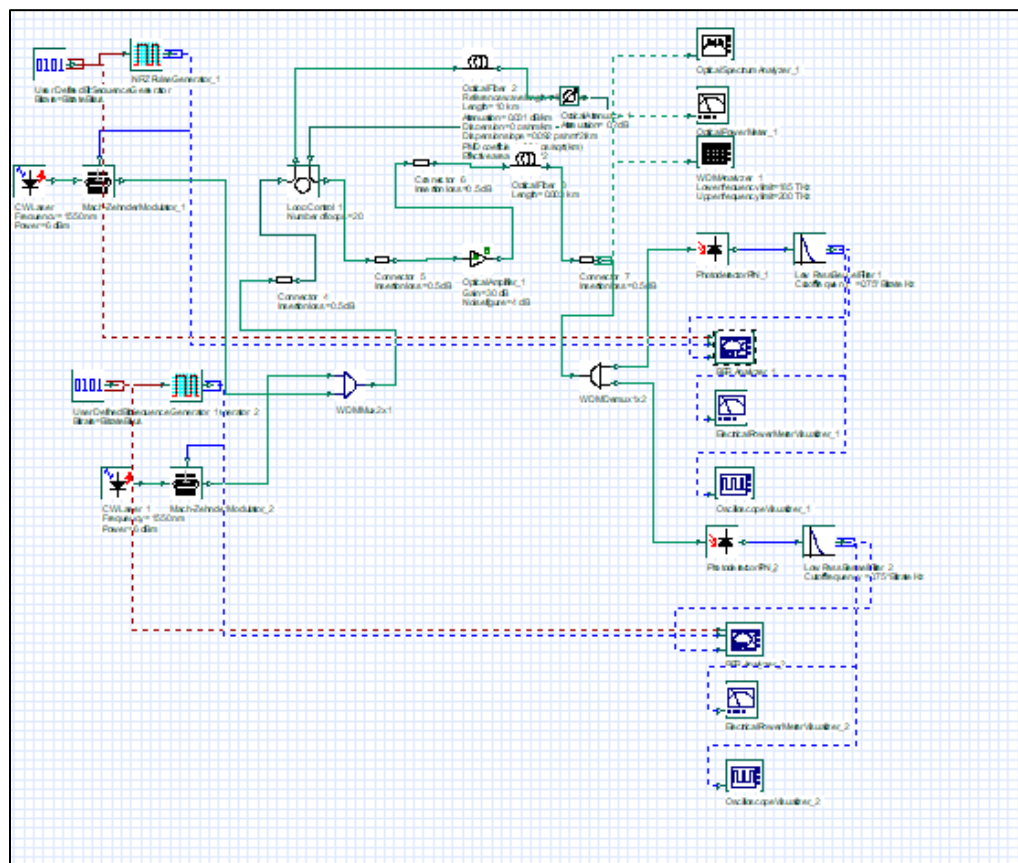


Fig. 18. Sistema con multiplexación.

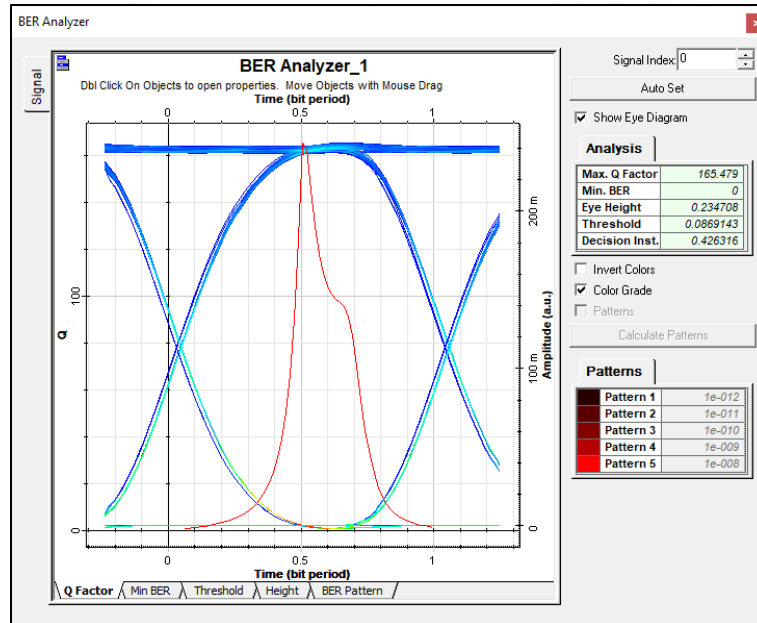


Fig. 19. Diagrama de Ojo.

Análisis: Gracias al instrumentos que se utilizó mux 2 a 1 y demux 2 a 1 se frente al diagrama previo que se tenía con todos los equipos comerciales, configurando las frecuencias de trabajo que se tiene y se puede observar que es un BER ideal ya que da un valor de 0 y se puede observar que el diagrama del ojo esta muy abierto lo que significa que no se tiene perdidas y que nuestro sistema cumple con el criterio de Nyquist, lo que indica ausencia de ruido dejando así sin errores al sistema.

CUESTIONARIO

1. Indique los tiempos de respuesta de transmisores, receptores (especificaciones técnicas) y fibra óptica (dispersión total).

- Para el lado de transmisión del láser DFB se tiene un tiempo de respuesta generalmente menor a 1 ns.
- Para el receptor PIN se tiene un tiempo de respuesta es de 1 a 3 ns por sus materiales GaAs.

Description	
The PP-10G module consists of a low capacitance photodetector and a low noise GaAs transimpedance amplifier in	an hermetic package with a connectorized single-mode fibre pigtail and a 50 Ω SMA electrical output.

Fig. 20. Datasheet

- La fibra óptica utilizada tiene diferentes valores de dispersión dependiendo de la longitud de onda en este caso 0.18dB/Km para 1550nm.

Maximum Attenuation	
Wavelength (nm)	Maximum Value* (dB/km)
1310	≤ 0.32
1383**	≤ 0.32
1490	≤ 0.21
1550	≤ 0.18
1625	≤ 0.20

Fig. 21. Datasheet

2. Indique los rangos de operación (potencia) del transmisor.

Para el láser DFB tenemos una potencia máxima de salida de 40mW o 16 dBm.

OPTICAL SPECIFICATIONS (TYPICAL)	
<ul style="list-style-type: none"> Center Wavelength: 1550 nm ±5 nm Output Power (CW): 40 mW Emission Bandwidth: < 200 kHz SMSR: 35 dB (min) Wavelength Shift w/Temperature: 0.08 nm/°C Wavelength Shift w/Current: 0.003 nm/mA Pulsed Output Power: 80 mW 	
ELECTRICAL SPECIFICATIONS (TYPICAL)	
<ul style="list-style-type: none"> Threshold Current: 8 mA (typ) Operating Current: 300 mA (typ) Operating Voltage: 1.6 V (typ) TEC Current: 1 A (max) TEC Voltage: 1.5 V (max) Thermistor: 10 kOhm 	

Fig. 22. Datasheet

3. Indique los rangos de operación (potencia) del receptor.

Tenemos para el detector PIN una Responsividad de 0.88 A/W

General	Min	Typ	Max	Unit
NRZ data rate		10		Gb/s
Operating case temperature	0		70	°C
Physical dimensions		30 X 19 X 13.6		mm
SM fibre pigtail connector options	Standard SC-PC, Custom ST-PC, FC-PC			

Performance	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Module PIN bias voltage	V _m	9.5	11.5	13.5	V
Positive supply	V _{cc}	7.5	8	8.5	V
Power dissipation	P _d		1	1.6	W
PIN responsivity (1)	R		0.88		A/W
PIN responsivity (5)	R		0.83		A/W
Responsivity variation with temperature 0°C to 70°C			5		%
Dark current (25°C)	I _d			10	nA
Optical connector loss			0.3		dB
Sensitivity (2)		-18	-19		dBm

Fig. 23. Datasheet.

4. Calcule la OSNR.

Basado en la simulación del diseño con el instrumento WDM Analyzer se puede observar que el OSNR es igual a

$$OSNR = \text{Signal Power(dBm)} - \text{Noise Power(dBm)}$$

$$OSNR = -24.59(\text{dBm}) - (-43.69\text{dBm})$$

$$OSNR = 19.1\text{dBm}$$

WDM Analyzer			
Wavelength (nm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
1550	-24.591119	-43.692522	19.101403

Fig. 24. WDM Analyzer.

5. Calcule las pérdidas totales en el sistema.

$$\text{Pérdidas por conectores} = 4 * 0.3\text{dB} = 1.2\text{dB}$$

$$\text{Pérdidas por fibra} = 200\text{km} * 0.18\text{ dB/km} = 36\text{dB}$$

$$\text{Pérdidas totales} = 1.2\text{dB} + 36\text{dB} = 37.2\text{dB}$$

Costos

Fuente laser - \$300-\$400

Láser DFB - \$1195

Detector PIN - \$60

AMPLIFICADOR ÓPTICO MODELO FOA-22DA-16S/WD. - \$5000

4 conectores Mecánico SC/APC - \$8

Costo de Instalación – \$10.000

Costo de Soporte – Se necesita mínimo 5 personas - \$25.000

Fibra Corning SMF-28 Ultra Optical Fiber - 10Km- \$690 pero el requerimiento pide 200Km se tendría que comprar 20 de estos lo que daría un total de - \$13.800. [1]

NOTA: Un dato importante que se debe tomar en cuenta en la utilización de la fibra es que también se puede utilizar fibra óptica oscura la que es mucho mejor en características, velocidad y ancho de banda lo que ayudaría a reducir recursos y sobre todo costos, pero la diferencia es que no posee dispositivos intermedios y en el diseño colocamos un amplificador, pero se debería considerar este dato para futuro. [2]

6. Escriba al menos dos conclusiones y dos recomendaciones de esta práctica.

Conclusiones

- Para que el sistema tenga un buen desempeño es necesario en este caso variar la ganancia mediante la utilización de un amplificador comercial el cual permite tener este valor lo mas alto posible para que de esta manera el BER disminuya y sea mucho más eficiente el sistema.
- En general el ruido de disparo de PIN es mucho mejor que el ruido de disparo de APD por lo que se tomo en cuenta esta característica para poder utilizar en el sistema.
- Mediante el presupuesto de enlace se puede identificar todas las perdidas que se va a tener en el esquema del sistema, buscando las menores posibles para que no existan errores y el sistema puede ser mucho mas eficiente con los datos de perdidas que se necesitan en los equipos.
- El valor del BER permitió tener una noción del análisis del sistema, tomando en cuenta que no se debe tener un ISI y Jitter muy grandes ya que eso dañaría el sistema y las señales
- El éxito y el fracaso del funcionamiento del sistema depende mucho de los dispositivos que se van a utilizar dependiendo de las características y requerimientos que se tiene esto de la mano con el presupuesto de costo que se va a tener disponible.

Recomendaciones

- Utilizar los equipos comerciales para que el sistema pueda funcionar ya de manera real y se tengo un panorama claro de lo que se necesita.
- Es recomendable no sobrepasar los valores de las F.O. con respecto al bit rate ya que, de ser así, las salidas de los equipos de medición mostraran señales deformadas.
- Se debe verificar con mucho cuidado los datasheet de los equipos a utilizar para verificar los componentes que se necesitan y que estos sean los correctos.
- Tener una comparativa de precios para tener un presupuesto adecuado en cuanto a la implementación del sistema.

Bibliografía

- [1] «Single Mode Fiber G652D - Low Water Peak,» [En línea]. Available:
http://www.oemarket.com/catalog/product_info.php/single-mode-fiber-g652d-low-water-peak-p-145. [Último acceso: 11 Junio 2021].

- [2] «Fibra oscura: ¿Qué es y cuáles son sus características?,» 26 Octubre 2020. [En línea]. Available:
<https://www.optical.pe/blog/fibra-oscura-que-es/>. [Último acceso: 11 Junio 2021].