

DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ÓPTICAS

Jonathan Chávez

Danilo Vásconez

Facultad Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Escuela Politécnica Nacional

jonathan.chavez@epn.edu.ec

ulbio.vasconez@epn.edu.ec

Resumen. – En este documento se presentará el desarrollo del taller número 1 correspondiente a la materia de Redes Ópticas.

Índice de términos. – comunicaciones opticas, punto a punto, OptiSystem.

I. 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.

II. DESARROLLO

A. *Diseño 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

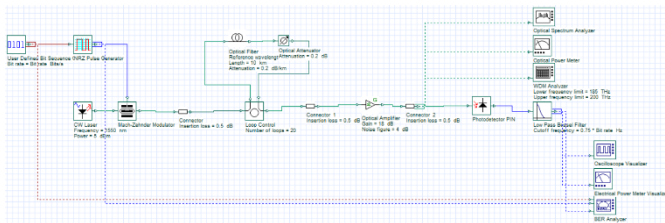


Fig 1: Esquemático de un sistema de comunicación óptica con una fuente laser CW.

B. *Realice el cálculo del presupuesto del enlace.*

Para poder realizar el cálculo del presupuesto del enlace se tiene la siguiente fórmula:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G - \text{Pérdida}_{\text{MachZender}} - \text{Pérdidas}_{\text{Conectores}} - \text{Pérdidas}_{\text{Fibra}}$$

$$P_{Tx} = 5 \text{ dBm}$$

$$\text{Pérdida}_{\text{MachZender}} = 2.44 \text{ dBm}$$

$$\text{Pérdidas}_{\text{Conectores}} = 1.5 \text{ dB}$$

$$\text{Pérdidas}_{\text{Fibra}} = 20 * [(0.18 \text{ dB} * 10) + 0.2] = 40 \text{ dB}$$

$$G = 32.776 \text{ dB}$$

$$P_{Rx} = 5 \text{ dBm} - 2.44 \text{ dBm} - 1.5 \text{ dB} - 40 \text{ dB} + 32.776 \text{ dB};$$

$$P_{Rx} = -6.164 \text{ dBm}$$

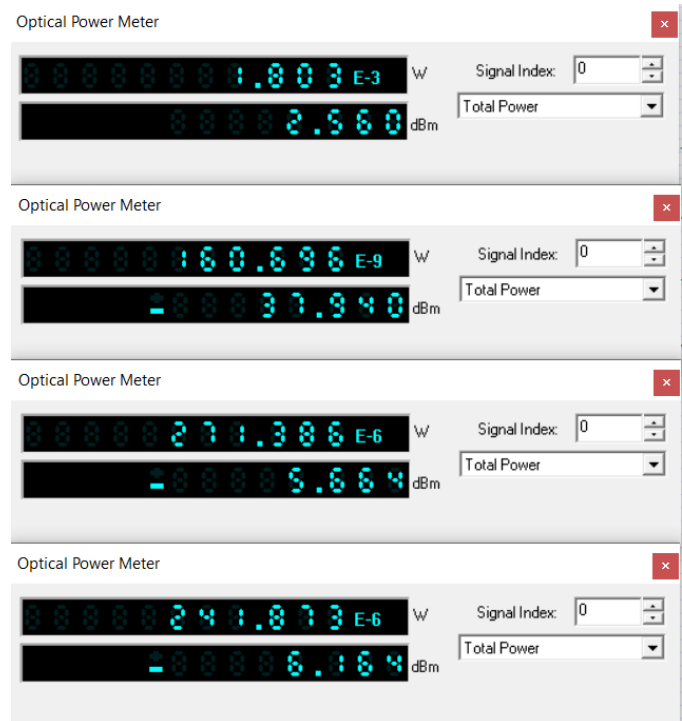


Fig. 2: Medidores de Potencia a lo largo del Sistema de Comunicación Óptica

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

El sistema de comunicación diseñado tendría una calidad de enlace alta ya que el valor del BER obtenido es de 1.26632×10^{-35} , lo cual representa unas pérdidas casi nulas al momento de realizar la transmisión de la información.

Frequency (THz)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
193.41449	-24.951461	-36.479857	11.528396

Fig 3: Valor de OSNR con fibra optica por default.

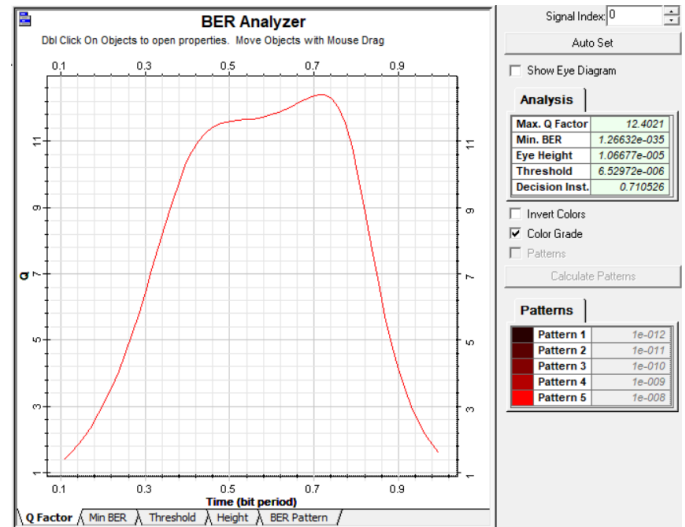


Fig 3: Valor del BER con una fibra optica Corning SMF-28 a 1550 nm.

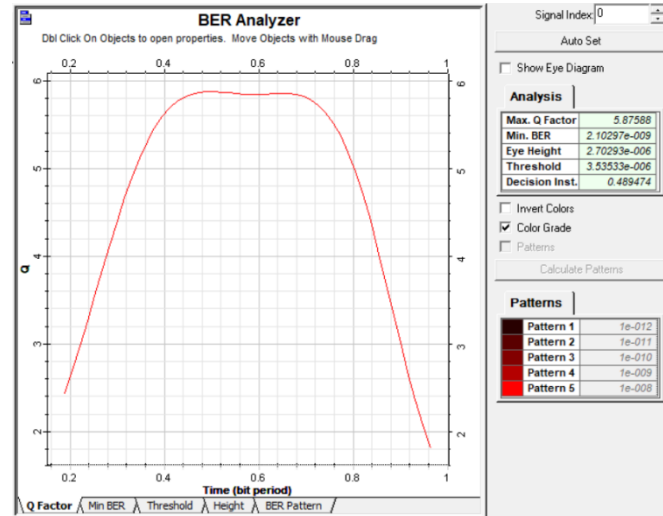


Fig 4: Valor del BER con fibra optica por default.

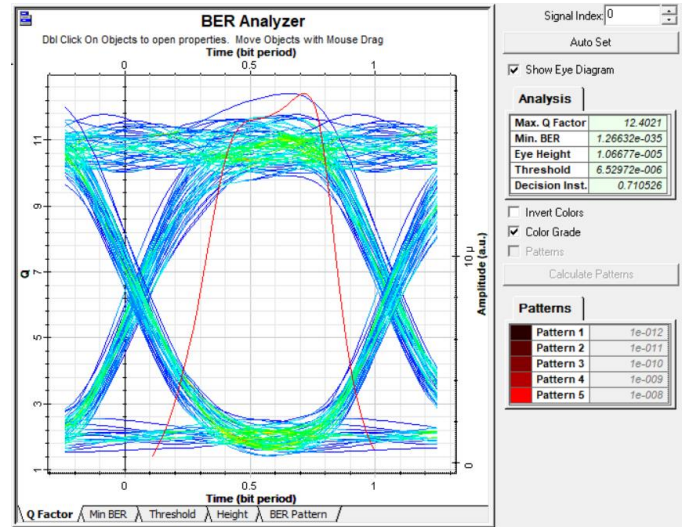


Fig 6: Diagrama de ojo con una fibra optica Corning SMF-28 a 1550 nm.

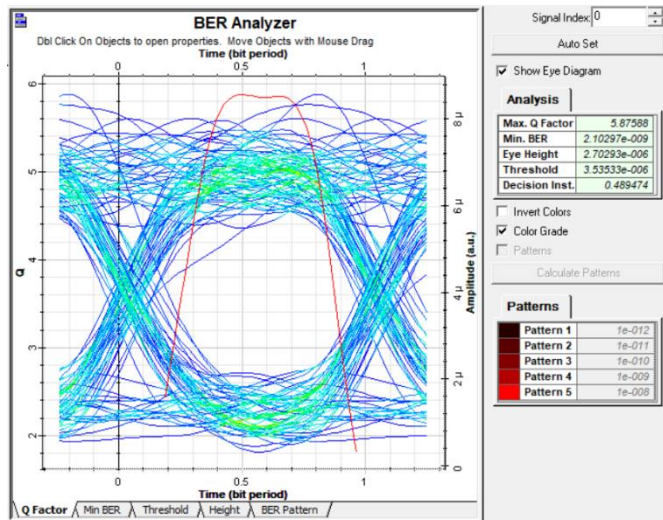


Fig 5: Diagrama de Ojo con fibra optica por default.

Frequency (THz)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
193.41449	-20.95148	-36.479857	15.528377

Fig 2: Valor de OSNR con una fibra optica Corning SMF-28 a 1550 nm.

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

Se realizó la comparación en 2 aspectos diferentes entre los datos por default para fibra óptica en OptiSystem y la fibra óptica Corning SMF 28.

Optical Fiber	Optical Fiber 2
Reference wavelength = 1550 nm	Reference wavelength = 1550 nm
Length = 10 km	Length = 10 km
Attenuation = 0.18 dB/km	Attenuation = 0.2 dB/km
Dispersion = 18 ps/nm.km	Dispersion = 16.75 ps/nm.km
Dispersion slope = 0.089 ps/nm ² /km	Dispersion slope = 0.075 ps/nm ² /km
PMD coefficient = 0.04 ps/sqrt(km)	PMD coefficient = 0.5 ps/sqrt(km)
Effective area = 66.476 μm^2	Effective area = 80 μm^2

Fig 7: Optical Fiber es la equivalencia de SMF-28 y Optical Fiber 2 es la equivalencia de la fibra optica por default del programa.

Al utilizar las 2 fibras ópticas vemos una variación en nuestro diagrama de ojo. En la Fig 4 se puede apreciar que tiene un mayor valor de BER que la Fig 7 la cual muestra los resultados obtenidos al utilizar la fibra óptica comercial Corning SMF-28, mientras que para nuestro valor de OSNR tenemos un pequeño incremento al usar la fibra comercial (Fig 5) que la por default (Fig 2).

E. Varíe las fuentes y receptores y analice los resultados.

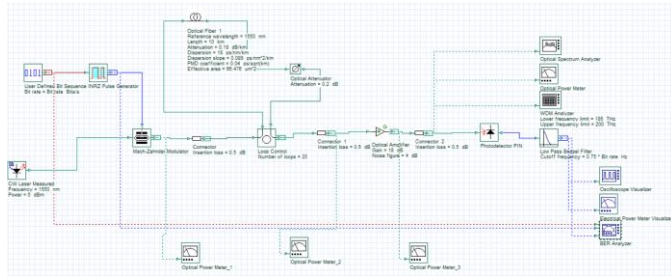


Fig 8: Esquemático de un sistema de comunicación óptica con una fuente laser CW Measured.

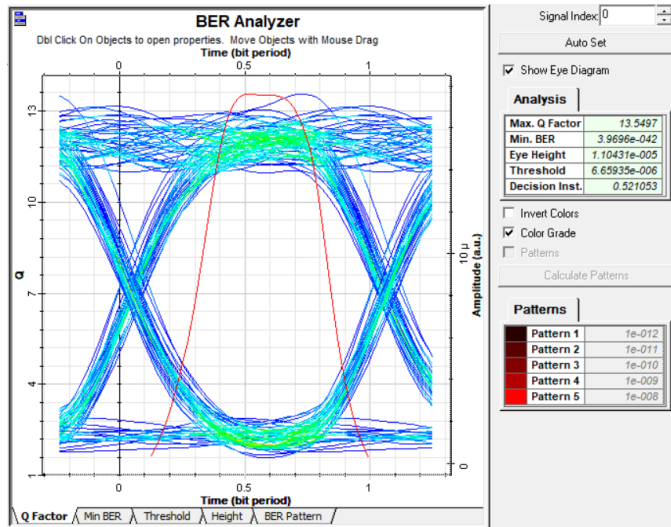


Fig 9: Diagrama de ojo para una nueva fuente laser a mismas condiciones.

Al realizar la comparación entre la Fig 9 (correspondiente a una fuente laser CW Measured) con la Fig 6 (correspondiente a una fuente laser CW), tenemos que existe un pequeño estrechamiento con respecto al ancho de banda en la que funciona nuestro sistema. El valor del BER de obtenido con la fuente laser CW Measured es mucho menor que el obtenido con la fuente laser CW.

F. 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.

Para realizar este literal, se procedió a hacer cambios en el sistema ya simulado anteriormente. Primero en la parte de la transmisión se agregó la modulación de 4QAM y 16 QAM, simulando así la transmisión de video, tal como se muestra en la Fig. 10.

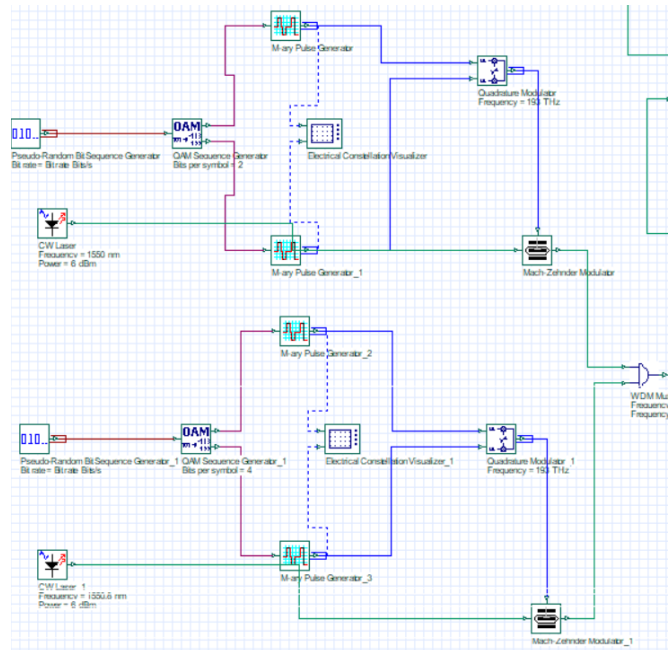


Fig. 10 Transmisión con WDM 2 a 1

Luego se encuentra la parte de la fibra óptica que se mantiene con los mismos elementos de la simulación anterior, tal como muestra la Fig. 11.

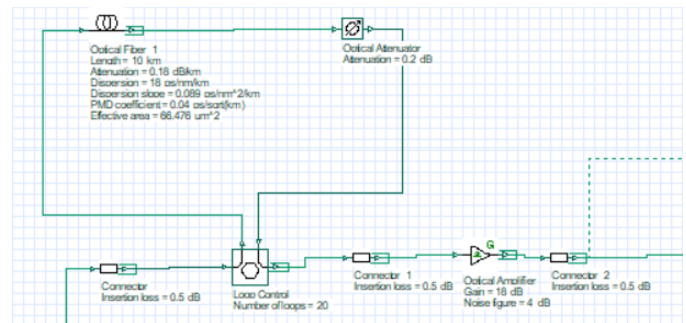


Fig. 11 Enlace Fibra Óptica

Por último en la parte receptora tenemos el demultiplexor

III. CUESTIONARIO

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

Fibra Óptica Corning SMF-28 a 1550 nm [1]

Atenuación máxima: < 0.18 dB/km
Punto de Discontinuidad: < 0.05 dB
MDF: 10.4 +/- 0.5 um
Dispersión: <18 [ps/(nm*km)]

Costo: 240 euros x 4.4 Km. [2]

Transmisor óptico de fibra de 1550nm para distancia de transmisión de 200Km [3]

Marca: FULLWELL

Modelo: FWT-1550Et

SBS: 13 a 19 dBm

Potencia óptica de salida: 2*8dBm

CTB: < -65 dB

Costo: 300 USD.

Receptor óptico de modulación externa de larga distancia 1550nm [4]

Marca: WSEE

Modelo: WS-WT1500

SBS: 13 a 19 dBm

Potencia óptica de salida: 2*8dBm

CTB: < -65 dB

Costo: 900 USD.

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

Trabaja a 1550 nm +/- 10nm

Bandas de trabajo: 47 a 860 MHz o 47 a 1080 MHz. [3]

Potencia de salida: 2xN (7.8 9 10dB)

Perdidas de retorno: >52 dB

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

Potencia de salida: 1*2-1*9dBm 2*5-2*9dBm 2*5-2*9dBm

Perdidas de retorno: >16 dB [4]

J. Calcule las pérdidas totales en el sistema.

$$Pérdida_{MachZender} = 2.44 \text{ dBm}$$

$$Pérdidas_{Conectores} = 1.5 \text{ dB}$$

$$Pérdidas_{Fibra} = 20 * [(0.18 \text{ dB} * 10) + 0.2] = 40 \text{ dB}$$

$$Perdidas T = 2.44 \text{ dBm} + 1.5 \text{ dB} + 40 \text{ dB}$$

$$Perdidas T = 43.94 \text{ dB}$$

IV. CONCLUSIONES

- La fibra óptica ha causado una gran revolución en las comunicaciones debido a su alta velocidad de transmisión, versatilidad en aplicaciones y potencial para mejoras a futuro.
- Los sistemas de fibra óptica se van modernizando mas con respecto al alcance y cobertura que tienen los mismos, esto implica una mejoría significativa a la conectividad de las personas.

V. RECOMENDACIONES

- Para diseñar un sistema de FO se debe establecer los parámetros mínimos a cumplir y a partir de dichos datos se puede investigar los equipos y materiales necesarios para su adecuada utilización.
- Optisystem es una herramienta muy versátil por lo que es recomendable simular con varios parámetros, comparar sus resultados y analizar la mejor solución para el diseño de un sistema con fibra óptica.
- Investigar proveedores de equipos de fibra óptica para tener una proforma del presupuesto ante una posible implementación del sistema diseñado y analizado previamente.

REFERENCIAS

- [1] "Corning® SMF-28® Ultra Optical Fiber," p. 2.
- [2] "Corning SMF-28e+ Optical Fiber, 100 kpsi, ITU-T G.652.D compliant, 4.4 km: Amazon.es: Bricolaje y herramientas." <https://www.amazon.es/Corning-SMF-28e-Optical-G-652-D-compliant/dp/B0873B1R2H> (accessed Jun. 10, 2021).
- [3] "Transmisor Óptico De Fibra De 1550nm Para Distancia De Transmisión De 200km - Buy 200km Ftth,200km Transmitter,Optic Transmitter Product on Alibaba.com." <https://spanish.alibaba.com/product-detail/1550nm-fiber-optical-transmitter-for-transmit-200km-distance-673091512.html> (accessed Jun. 10, 2021).
- [4] "Olt Transmisor Óptico De Modulación Externa De Larga Distancia 1550nm - Buy Optical Transmitter,1550nm External Modulation Optical Transmitter,Olt Long Distance 1550nm External Modulation Optical Transmitter Product on Alibaba.com." <https://spanish.alibaba.com/product-detail/olt-long-distance-1550nm-external-modulation-optical-transmitter-62001174175.html> (accessed Jun. 10, 2021).

