

TALLER N°3: DISEÑO DE UN SISTEMA FSO

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

dayanna.manosalvas@epn.edu.ec bryan.zuna@epn.edu.ec

Resumen. - El presente documento, muestra el Informe correspondiente al Taller N° 3 de la Materia de Redes de Comunicaciones Ópticas sobre: *Diseño de un Sistema FOS*. Este trabajo pretende responder mostrando un diseño que se acerque lo más posible a una implementación real.

Palabras Clave. - Sistema FSO.

I. OBJETIVOS

- Diseñar en optisystem un sistema con tecnología FSO.

II. INFORME

A. Diseñe y simule un sistema óptico punto a punto

El sistema FSO diseñado está constituido de la siguiente manera.

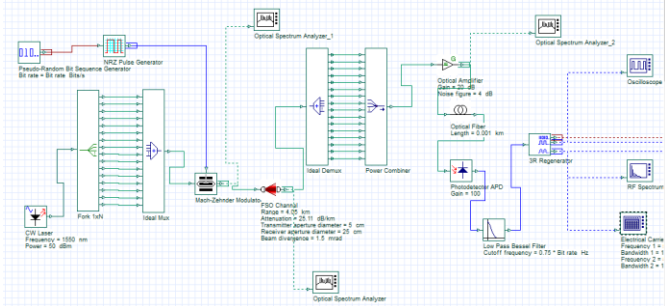


Ilustración 1: Esquema de un sistema FSO

- Características del enlace.**
 - **Alcance:** 4.05Km
 - **Bit rate:** 0.5Gbps
 - **Multiplexación:** 16 lambdas.

B. Seleccione los componentes del sistema.

Selección de los componentes de fibra óptica.

Transmisor

El transmisor del sistema FSO es un transductor encargado de convertir las señales eléctricas, tanto analógicas como digitales, a señales ópticas, y que en la gran mayoría de casos se basa en diodos laser, aunque también se encuentran otros tipos de fuentes ópticas clasificadas según la longitud de onda que generan.

Longitud de onda (nm)	Fuentes ópticas	Comentario
≈850	VCSEL	Barato y disponible No enfriamiento activo Baja densidad de potencia Confiable hasta ≈10 años Poca seguridad visual
≈1300/≈1550	Fabry-Perot Laser con retroalimentación distribuida	50 veces mayor densidad (100mw/cm ³) Compatible con EDFA Alta velocidad, hasta 10 Gbps Eficiencia de 0.03-0.1
≈10,00	Laser cascada	Caro y relativamente nuevo Muy rápido y alta seguridad Menos afectado por la lluvia No trabaja detrás de obstáculos
Infrarrojo cercano	LED	Barato Circuito simple Baja potencia y tasa de modulación

SONAbeam 1250-M

La serie SONAbeam M está diseñada teniendo en cuenta las necesidades de los operadores. Con una carcasa resistente, de aluminio fundido, sellada para el medio ambiente y hasta 50 veces la potencia de los productos de la competencia, la serie SONAbeam M es el sistema más resistente y potente del mercado actual. Los transmisores con redundancia cuádruple, combinados con el receptor más grande de la industria, garantizan aún más la integridad de la transmisión. Los transmisores láser de alta potencia de SONAbeam M son capaces de penetrar la lluvia intensa, la nieve y la niebla de manera mucho más efectiva y consistente que cualquier otra tecnología FSO disponible. SONAbeam M admite Ethernet nativo Fast o Gigabit, así como velocidades de datos personalizadas cuando se ejecuta en modo transparente de protocolo.



Multiplexores OmniLight LGX CDWM / DWDM



Los módulos OmniLight se pueden instalar en un chasis LGX de 14 módulos que admita 14 módulos LGX de tamaño completo o 28 módulos LGX de tamaño medio, o un estante de montaje en bastidor de 3 módulos que admita 3 módulos LGX de tamaño completo o 6 módulos de tamaño medio. Módulos LGX.

OmniTron óptico CWDM y DWDM multiplexores y Optical Add / Drop Multiplexers son protocolo y tasa transparente que permite hasta 18 CWDM o 24 longitudes de onda DWDM para ser transportados a través de la misma conexión de fibra. Protocolo y velocidad transparente para transportar diferentes protocolos de red hasta 10 Gbps por canal Factor de forma compacto y chasis de alta densidad Dispositivo pasivo que también se puede instalar en un chasis alimentado para aplicaciones administradas.

Elemento del sistema	Marca	Tipo	Velocidad	Alcance	Longitud de onda	Potencia óptica	Costo
Transmisor	FSO NA	1250-M	100-5300 Gbps	400-5300	1550	100 mW	\$5420.30
Multiplexores	Multi com	EDFA	-	-	1550	18dB	\$1920.00
Fibra Optica	Corning	SM	-	-	1550	0.02 db	\$50

	Incorporat e						
Conectores	Fiber Max	SM	Perdidas 0.3dB	Retorno >60 dB	1500	-	\$3.30
Receptor	FSO NA	1250-M	100-5300 Gbps	400-5300	1550	100 mW	\$5420.30
Total							\$14733.9

C. Realice el cálculo del presupuesto del enlace.

PRESUPUESTO DEL ENLACE

Potencia de transmisión = 50 dBm

Ganancia=20 dB

Pérdidas

Conectores= 2 → pérdidas por cada una de ellas 0.5dB

Empalme = 2 → pérdidas por cada uno es 0.2 dB

Espacio Libre = 5 Km → 25dB/km

Pérdidas totales = P.FSO+P.Emp+P.Cone+P.PC [dB]

Pérdidas totales = 125 + 0.4+ 1[dB]

Pérdidas totales = 126.4 [dB]

Margen de seguridad

En un rango MS=10.8[dB] (Para lograr una mayor velocidad)

Sensibilidad para el receptor

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

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

$$\text{Sensibilidad} = 10.8 - 50 + 126.4 - 20 - 20$$

$$\text{Sensibilidad} = 47.2 \text{ dBm}$$

Lo cual con los parámetros obtenidos se puede ver que cumple la condición para un sistema de comunicaciones FSO en recepción, pues se considera que se va a tener en sus características específicas alta sensibilidad, bajo consumo de energía, una baja tasa de bits errados BER, bajo ruido y sobre todo alta eficiencia y rendimiento en la conversión opto-eléctrica.

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

• Análisis de los parámetros con las configuraciones iniciales.

Tomando en cuenta las características del enlace mencionadas anteriormente, se obtuvo los siguientes resultados.

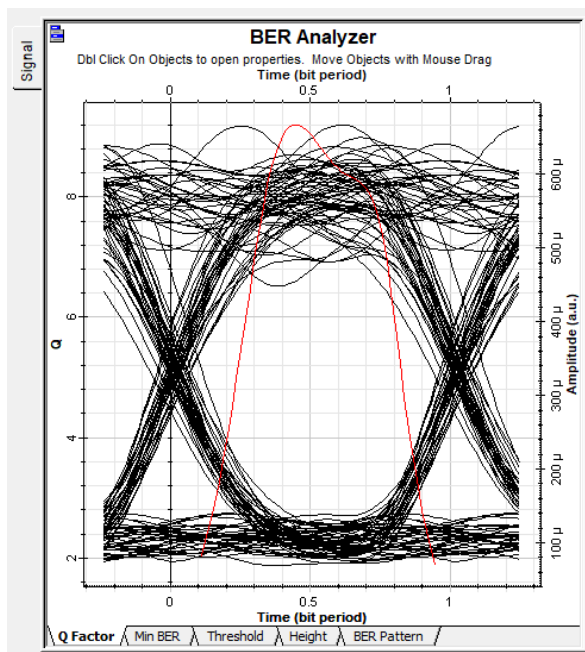


Ilustración 2. Diagrama del ojo

Como se puede observar, con los parámetros escogidos inicialmente, se obtuvo un diagrama del ojo bastante amplio y definido.

Analysis	
Max. Q Factor	9.00994
Min. BER	9.15365e-020
Eye Height	0.000307355
Threshold	0.000233766
Decision Inst.	0.442105

Ilustración 3: BER

Con respecto al BER, se obtuvo un valor de aproximadamente $9.15 \cdot 10^{-20}$, lo que es un valor muy bueno y justifica la buena definición del diagrama del ojo.

Frequency (Hz)	Total Power (dBm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	SNR (dB)
50000000	-55.683185	-55.725434	-75.824033	20.098599
50000000	-55.683185	-55.725434	-75.824033	20.098599

Ilustración 4: OSNR

Con respecto a la OSNR se obtuvo un valor de aproximadamente 20.09dB, el cual significa que la señal tiene un buen nivel con respecto al ruido del enlace.

• **Análisis de los parámetros variando las configuraciones**
Ahora se procederá a variar los parámetros del enlace para ver como varían los resultados.

➤ Capacidad de 0.3Gbps

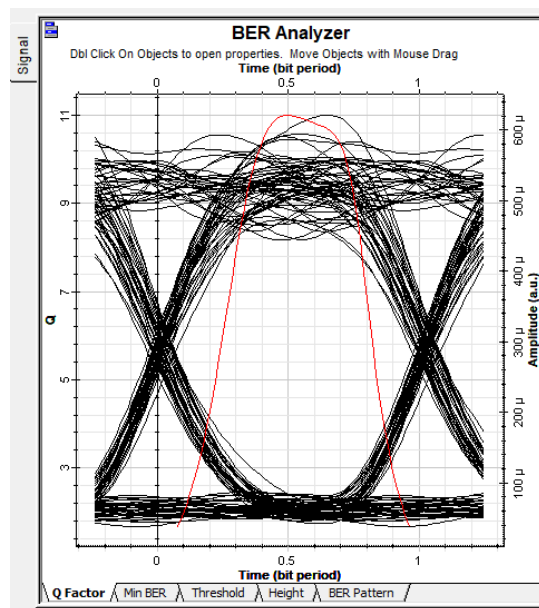


Ilustración 5: Diagrama del ojo

Al igual que en el caso anterior, con un bit rate de 0.3Gbps se obtiene un diagrama del ojo bastante definido.

Analysis	
Max. Q Factor	11.0003
Min. BER	1.56829e-028
Eye Height	0.000333676
Threshold	0.000161522
Decision Inst.	0.505263

Ilustración 6: BER

Con respecto al BER, se obtuvo un valor de aproximadamente $1.56 \cdot 10^{-28}$, lo que es un valor muy bueno y mejor que en el caso anterior.

Frequency (Hz)	Total Power (dBm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	SNR (dB)
50000000	-54.830596	-54.849881	-78.365756	23.515875
50000000	-54.830596	-54.849881	-78.365756	23.515875

Ilustración 7: OSNR

Con respecto a la OSNR se obtuvo un valor de aproximadamente 23.51dB, el cual es mayor al obtenido anteriormente.

➤ Capacidad de 1Gbps

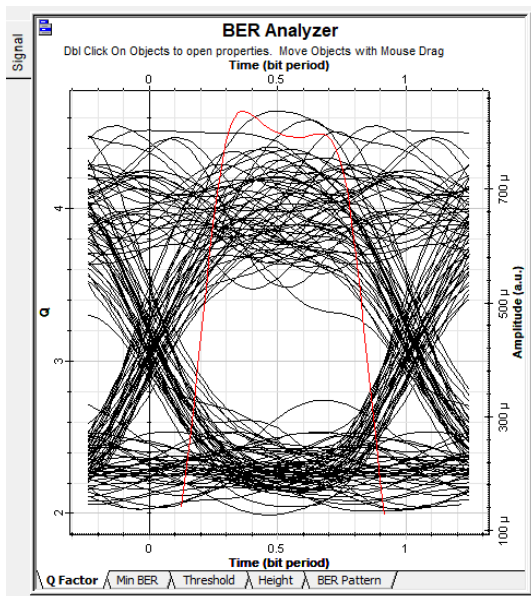


Ilustración 8: Diagrama del ojo

Para este caso con el aumento de la capacidad del enlace el diagrama del ojo se ha degradado, sin embargo, aún se puede distinguir la apertura.

Analysis	
Max. Q Factor	4.64022
Min. BER	1.64368e-006
Eye Height	0.000156151
Threshold	0.000372395
Decision Inst.	0.363158

Ilustración 9: BER

Con respecto al valor de BER, se obtuvo un valor de aproximadamente $1.64 \cdot 10^{-6}$, el cual es mucho mayor a los obtenidos en los dos caso anteriores.

Frequency (Hz)	Total Power (dBm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	SNR (dB)
50000000	-56.749401	-56.801351	-75.997361	19.19601
50000000	-56.749401	-56.801351	-75.997361	19.19601

Ilustración 10: OSNR

Con respecto a la OSNR se obtuvo un valor de aproximadamente 19.19dB, el cual es un poco menor a los obtenidos anteriormente.

➤ Capacidad de 0.5Gbps, alcance de 5Km

Tomando en cuenta que el alcance máximo de un enlace FSO es de aproximadamente 5Km, se procedió a realizar el respectivo análisis variando la capacidad del sistema.

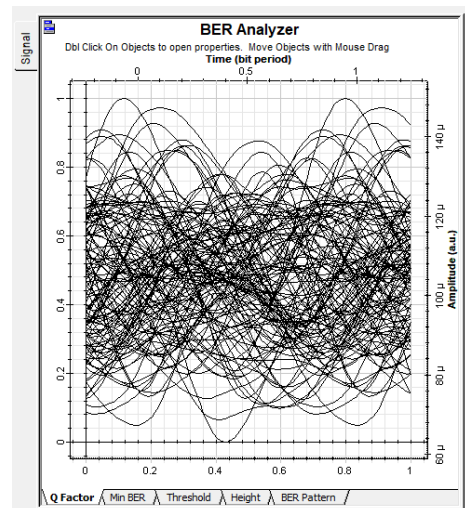


Ilustración 11: Diagrama del ojo

Como se puede observar, con el aumento de la distancia del enlace y con un bit rate de 0.5Gbps, el diagrama del ojo se distorsionó completamente.

Analysis	
Max. Q Factor	0
Min. BER	1
Eye Height	0
Threshold	0
Decision Inst.	0

Ilustración 12: BER

Con respecto al BER, como era de esperarse, se obtuvo un valor de 1, el cual es muy alto y justifica la degradación del diagrama del ojo.

Frequency (Hz)	Total Power (dBm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	SNR (dB)
50000000	-85.589735	-100	-85.620745	-14.379255
50000000	-85.589735	-100	-85.620745	-14.379255

Ilustración 13: OSNR

Con respecto a la OSNR se obtuvo un valor de aproximadamente -14.38dB, el cual es muy bajo e indica el ruido es mayor que la señal.

➤ Capacidad de 0.3Gbps, alcance de 5Km

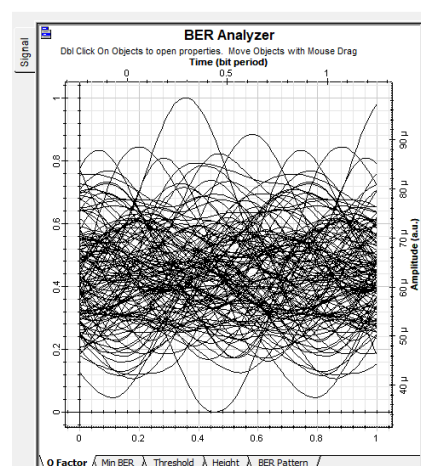


Ilustración 14: Diagrama del ojo

Como se puede observar, con el aumento de la distancia del enlace y con un bit rate de 0.3Gbps, el diagrama del ojo se distorsionó completamente.

Analysis	
Max. Q Factor	0
Min. BER	1
Eye Height	0
Threshold	0
Decision Inst.	0

Ilustración 15: BER

Con respecto al BER, como era de esperarse, se obtuvo un valor de 1, el cual es muy alto y justifica la degradación del diagrama del ojo.

Frequency (Hz)	Total Power (dBm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	SNR (dB)
50000000	-87.523539	-100	-87.582948	-12.417052
500000000	-87.523539	-100	-87.582948	-12.417052

Ilustración 16: OSNR

Con respecto a la OSNR se obtuvo un valor de aproximadamente -12.41dB, el cual es muy bajo e indica el ruido es mayor que la señal.

- **Capacidad de 1Gbps, alcance de 5Km**

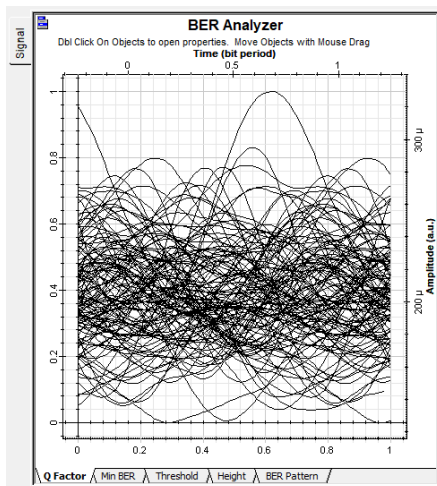


Ilustración 17: Diagrama del ojo

Como se puede observar, con el aumento de la distancia del enlace y con un bit rate de 1Gbps, el diagrama del ojo se distorsionó completamente.

Analysis	
Max. Q Factor	0
Min. BER	1
Eye Height	0
Threshold	0
Decision Inst.	0

Ilustración 18: BER

Con respecto al BER, como era de esperarse, se obtuvo un valor de 1, el cual es muy alto y justifica la degradación del diagrama del ojo.

Frequency (Hz)	Total Power (dBm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	SNR (dB)
50000000	-84.11374	-100	-84.130944	-15.869056
500000000	-84.11374	-100	-84.130944	-15.869056

Ilustración 19: OSNR

Con respecto a la OSNR se obtuvo un valor de aproximadamente -15.86dB, el cual es muy bajo e indica el ruido es mayor que la señal.

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

En base a las variaciones antes realizadas, se puede decir que el máximo desempeño óptimo que se tiene para el diseño de este sistema es el obtenido con los parámetros iniciales de:

- **Alcance:** 4.05Km
- **Bit rate:** 0.5Gbps

Esto se debe a que se tiene una capacidad del sistema buena además el alcance es el más cercano al alcance máximo de los enlaces FSO.

Por otro lado, con respecto a los valores de BER y OSNR se obtuvieron valores bastante buenos que garantizan una buena calidad del enlace.

F. Varíe las fuentes, receptores, características del canal FSO, esquemas de modulación y analice resultados.

• Modulación QAM

Se cambió el esquema de modulación por un modulador QAM. Estos fueron los resultados obtenidos.

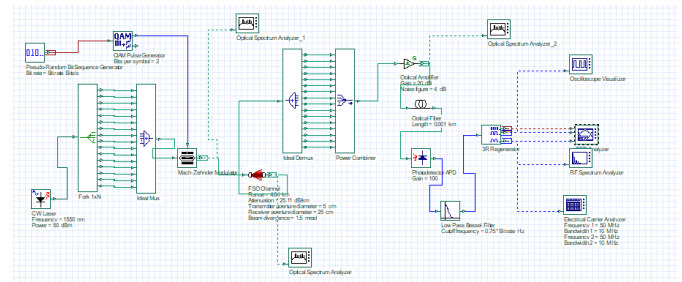


Ilustración 20: Esquema con modulación QAM

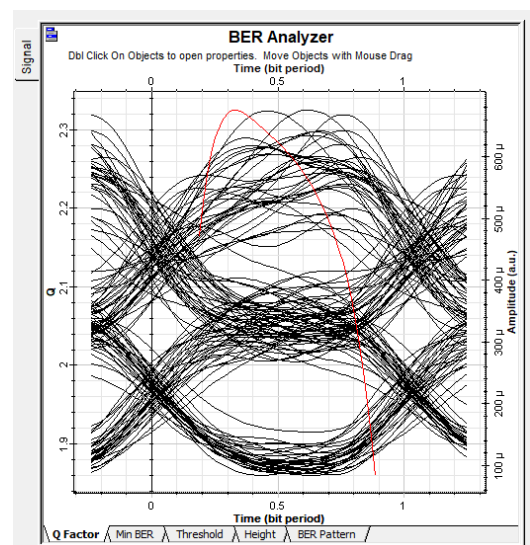


Ilustración 21: Diagrama del ojo

Se observa dos aperturas en el diagrama del ojo, sin embargo, estas están poco definidas. Esto significa que se tiene una alta degradación de la señal.

Analysis	
Max. Q Factor	2.32483
Min. BER	0.00971796
Eye Height	-8.04968e-005
Threshold	0.000163037
Decision Inst.	0.331579

Ilustración 22: BER

Con respecto al BER, se obtuvo un valor de aproximadamente 0.0097, el cual indiac a una gran degradación de la señal recibida.

Frequency (Hz)	Total Power (dBm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	SNR (dB)
50000000	-59.457512	-59.604315	-74.241199	14.636885
50000000	-59.457512	-59.604315	-74.241199	14.636885

Ilustración 23: OSNR

Con respecto a la OSNR se obtuvo un valor de aproximadamente 14.63dB.

• Fotodetector PIN

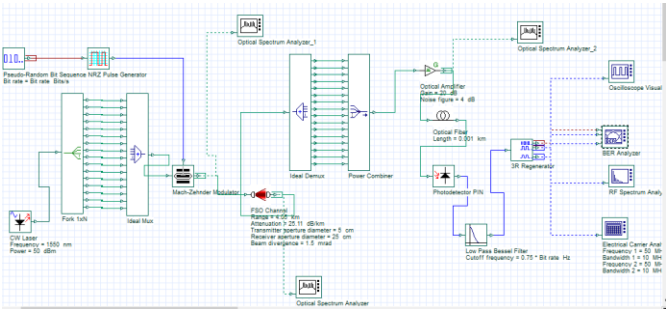


Ilustración 24: Esquema con fotodetector PIN

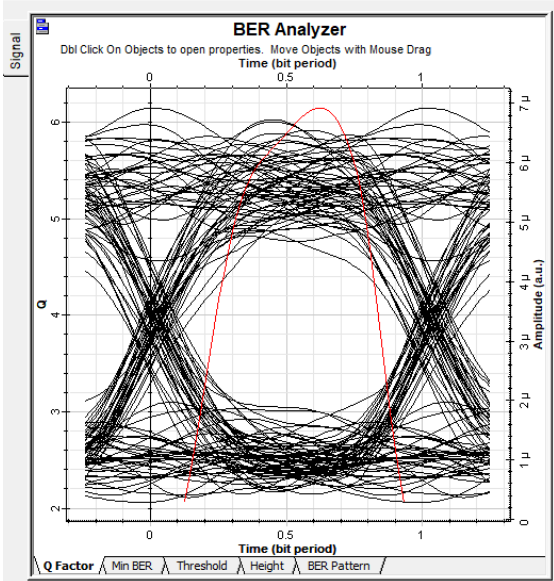


Ilustración 25: Diagrama del ojo

Se obtuvo un diagrama del ojo amplio, sin embargo, no es tan definido como cuando se usaba un fotodetector APD.

Analysis	
Max. Q Factor	6.14155
Min. BER	3.966e-010
Eye Height	2.34728e-006
Threshold	2.78908e-006
Decision Inst.	0.615789

Ilustración 26: BER

Con respecto al BER, se obtuvo un valor de aproximadamente $3.96 \cdot 10^{-10}$, el que no es un valor tan bueno como el obtenido con el APD.

Frequency (Hz)	Total Power (dBm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	SNR (dB)
50000000	-96.14878	-96.247956	-100	3.7520439
50000000	-96.14878	-96.247956	-100	3.7520439

Ilustración 27: OSNR

Con respecto a la OSNR se obtuvo un valor de aproximadamente 3.75dB, el cual es muy bajo con respecto al obtenido anteriormente.

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

- Manosalvas Dayanna**
 Los sistemas FSO son una tecnología que funciona bien a distancias moderadas. Esto se debe ya que al ser un enlace inalámbrico se ve afectado por varios factores medio ambientales que degradan la señal conforme aumenta la distancia.
- Zuñá Bryan**
 Conocer cada uno de los parámetros y especificaciones técnicas son muy importantes para poder recrear en simulación el sistema, y or otro lado poder acceder a cada uno de los precios en el mercado con el equipamiento adecuado para la instalación del trabajo

B. Recomendaciones

- Manosalvas Dayanna**
 Es importante tomar en cuenta la capacidad de transmisión del enlace ya que no siempre es posible transmitir a altas velocidades como fuera deseado
- Zuñá Bryan**
 Obterner los valores de la manera mas cercana a la realidad para poder implementarlos en un futuro, y además considerar mas componentes para que la red pueda crecer.

