



Simulación de un enlace de fibra óptica en una red de Video vigilancia

Juan Diego Quishpi Lucero¹, Jonathan Paul Villao Mancero², Ing. Germán Vargas³

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

qdimitri_100@hotmail.com, jonpcj@hotmail.com, gvargas@fiee.espol.edu.ec

Resumen

Este proyecto consiste en el desarrollo de una herramienta que simula enlaces de fibra óptica de un sistema de video vigilancia que fue diseñado para la autoridad portuaria Puerto Bolívar sobre topología en estrella extendida. El simulador fue implementado en el software MATLAB a través de su interfaz gráfica GUIDE, donde se hicieron cálculos para presupuesto de pérdidas, que contiene la pérdida total en el enlace, presupuestos de ancho de banda, que se desglosa en dispersión total, velocidad, ancho de banda óptico y ancho de banda eléctrico de cada enlace, además de mostrar un gráfico atenuación vs distancia a lo largo del enlace en el que el usuario tiene la libertad de colocar la ubicación de los empalmes. La simulación se desarrolla sobre dos esquemas propuestos los cuales poseen distintos fabricantes de equipos ópticos y fibras ópticas y que en base al resultado de presupuesto de pérdidas se concluirá si el enlace simulado es factible para su uso práctico.

Palabras Claves: Video vigilancia, MATLAB, GUIDE, Presupuesto de pérdidas, Presupuesto de ancho de banda.

Abstract

This project consists in the development of a tool that simulates optical fiber links of a video surveillance system designed for the Port Authority Puerto Bolivar on extended star topology. This simulator was implemented in MATLAB through its graphical interface GUIDE. Several calculations were made for loss budget, which were the total loss on the link, bandwidth budgets which breaks down into total dispersion, data rate, optical bandwidth and electrical bandwidth of each link, and a graph showing attenuation versus distance along the link where the user has the freedom to place the location of the splices. This work shows results on two proposed schemes which have different optical equipment manufacturers and optical fibers and based on the result of budget losses simulated which helped us to assess if the link is feasible for practical use.

Keywords: Video surveillance, MATLAB, GUIDE, losses Budget, bandwidth budget.

1. Introducción

Actualmente los sistemas de video vigilancia están en pleno desarrollo debido a los problemas de inseguridad de la Sociedad. Lugares como bancos, escuelas, puertos, son vulnerables y optan como solución sistemas de vigilancia que, por lo tanto tienen que ser necesariamente confiables.

La calidad de un sistema depende en casi su totalidad de los componentes de dicho sistema, para este caso la calidad de un sistema de video vigilancia tiene más peso en la velocidad y recepción de las

señales, lo cual depende del medio de transmisión y por lo que es necesario un estudio de ello para la selección de un buen medio.

La fibra óptica constituye un excelente medio de transmisión debido a sus numerosas ventajas como la transmisión a grandes distancias con bajas pérdidas y elevado ancho de banda, las cuales no ofrecen los otros medios. Sin embargo, existen distintos tipos de fibra para lo cual balanceando costos y características su utilización se hace factible en ciertas aplicaciones.

La herramienta que se va a implementar mediante el software llamado MATLAB permitirá observar el comportamiento de cada enlace de la red, además de efectuar el cálculo del presupuesto de enlace y el presupuesto de ancho de banda, los cuales son factores importantes que se deben tomar en cuenta al momento antes de escoger enlaces e implementar una red óptica.

Este estudio fue hecho tomando como referencia un trabajo llamado “Diseño de una red de fibra óptica para un sistema de video vigilancia” de los señores Joseph Pico y Luis Balladares, en el cual ellos ofrecían de manera general el diseño de la red con un solo esquema [2]. En nuestro trabajo se ofrece un simulador para los enlaces de la red en una ambiente gráfico y fácil de usar que permite saber si el enlace es adecuado en base a resultados técnicos de pérdidas y anchos de banda, con dos esquemas propuestos en donde además el usuario puede interactuar ubicando los empalmes de cada enlace a su gusto y observar un gráfico que representa las pérdidas a lo largo del enlace, lo que ayuda a visualizar la red, hacer cambios en caso de requerirlo y volver a visualizar la red con nuevos cambios ya que el simulador también se presta para ello.

2. Sistemas de video vigilancia

Los Sistemas de video vigilancia son conocidos como circuito cerrado de televisión (CCTV), los cuales incluyen cámaras que envían señales de video a través de un medio de transmisión a una central de monitoreo, donde son observadas en tiempo real o almacenadas en equipos de videograbación digital (DVR) como respaldos de eventos ocurridos [2]. La figura 1 muestra un sistema de video vigilancia en forma común.



Figura 1. Sistema de video vigilancia. [1]

2.1. Requerimientos que se identifican en una red de video vigilancia

El funcionamiento, la continua operación y la capacidad de crecimiento de una red están señalados por ciertos requerimientos que son: fiabilidad,

disponibilidad, escalabilidad. Los mismos que varían según las exigencias o complejidades que demande el diseño y que a continuación se mencionan.

2.1.1. Fiabilidad

La fiabilidad [3] de un sistema hace referencia a la probabilidad de que un sistema funcione o desarrolle alguna orden o función, basado en ciertas condiciones, restricciones específicas y durante un tiempo impuesto.

2.1.2. Disponibilidad

El término disponibilidad hace referencia a la probabilidad de que un servicio funcione adecuadamente en cualquier momento [4].

La disponibilidad es expresada con mayor frecuencia mediante índice de disponibilidad (un porcentaje) el cual se mide dividiendo el tiempo en que el sistema está disponible para el tiempo total según lo dice la ecuación 1.

$$I.D. = \frac{\text{tiempo que el sistema de video vigilancia está disponible}}{\text{tiempo total de funcionamiento}}$$

Índice de disponibilidad. (2.1)

En telecomunicaciones, las redes tienen alta demanda en lo que es disponibilidad, por lo que tales índices son altos estando en el rango del 95% al 99.99%.

2.1.3. Escalabilidad

Se puede definir la escalabilidad como la capacidad que tiene un sistema para ser modificado sea en tamaño o configuración y ajustarse a dichos cambios [5].

En telecomunicaciones, una red escalable puede expandirse rápidamente para admitir nuevos usuarios y aplicaciones sin afectar el rendimiento del servicio enviado a los usuarios actuales.

2.2. Ventajas de los sistemas de video vigilancia con fibra óptica

La fibra óptica es el medio que tiene numerosas ventajas sobre los demás medios de transmisión, ya que ella permite llevar información a grandes distancias que los demás medios tienen limitada, con bajas pérdidas y sin distorsión porque que presenta inmunidad ante EMI (interferencia electromagnética), sumándose la ventaja de ofrecer alto ancho de banda, lo que se traduce en alta velocidad de transmisión, haciéndola el medio ideal para aplicaciones de esta

índole con requerimientos mencionados anteriormente para así ofrecer un servicio de muy buena calidad [6].

2.3. Desventajas de los sistemas de video vigilancia con fibra óptica

La principal desventaja de una red que usa este medio es su alto costo de instalación y prueba de funcionamiento, sin embargo debido a la calidad de este medio que hace posible muchas ventajas en gran parte, la inversión queda justificada.

2.4. Principio de funcionamiento de un sistema de video vigilancia

El funcionamiento se lo describe de esta manera:

- La cámara envía la señal del video al transmisor como potencia eléctrica.
- El transmisor transforma la potencia eléctrica en potencia óptica a través de haces de luz y los transmite a través del medio que en este caso es la fibra óptica.
- Los haces de luz llegan al receptor en forma de potencia óptica y éste transforma dicha potencia en potencia eléctrica, es decir en señal de video, para ser visualizada mediante un monitor acoplado al receptor.

Cabe mencionar que depende mucho de tales elementos para que el sistema sea considerado de calidad.

2.5. Fibra óptica

Es un hilo muy fino transparente como vidrio o plástico, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir, este tipo de red de fibra permite proporcionar a los clientes una comunicación bidireccional de alta capacidad con acceso directo [6]. Las redes de acceso local se diseñan utilizando un sistema de fibra óptica de alta velocidad, que permite prestar una amplia gama de servicios tanto analógicos como digitales.

Existen dos tipos de fibra los cuales se usan en todas las redes ópticas implementadas el mundo, las cuales son las fibras multimodo y las fibras monomodo.

2.5.1. Fibra multimodo

Es aquella fibra donde pueden ser guiados muchos modos o rayos luminosos, cada uno de los cuales se propagan por caminos diferentes dentro de la fibra óptica.

2.5.2. Fibra monomodo

Es aquella en que el diámetro del núcleo de la fibra es muy pequeño y sólo permite la propagación de un

único modo o rayo (fundamental), el cual se viaja directamente sin reflexión. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que se utiliza para grandes distancias.

2.6. Propiedades de la fibra óptica

La recomendación G.650 [7] de la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones) trata acerca de la definición y métodos de prueba de los parámetros pertinentes de las fibras ópticas. En esta encontramos la atenuación, la dispersión, donde la más significativa es la dispersión cromática.

2.6.1. Atenuación

Es la pérdida de potencia óptica en una fibra [8], y se mide en db y db/Km. En la figura 2 se muestra el espectro de la curva de atenuación típica de una fibra óptica hecha de silicio.

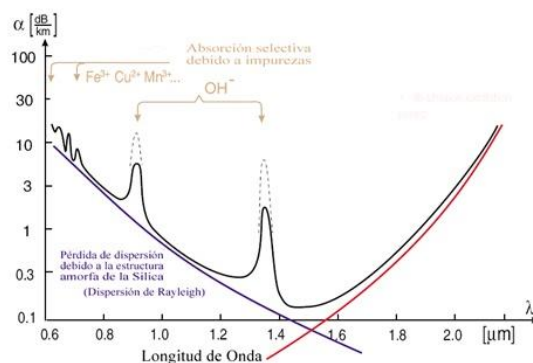


Figura 2. Atenuación en una fibra óptica. [12]

2.6.2. Dispersión cromática

Se produce debido a que los pulsos de luz emitidos están constituidos de varias longitudes de onda que viajan por la fibra a velocidades relativamente distintas, a tal punto que cuando llegan al final de la fibra óptica, la superposición de dichas longitudes de ondas modifican la forma del pulso, ensanchándolo [9].

3. Arquitectura de red, componentes, cálculos utilizados para la simulación de enlaces de la red de video vigilancia

A continuación se muestra el escenario que se escogió para hacer la simulación de la red de video vigilancia así como la topología que dicha red usó. Así mismo se presentan detalles de los parámetros de los componentes (fibra óptica, empalmes, conectores, transmisores y receptores) que forman parte de cada enlace en la red de video vigilancia a simularse los cuales permiten calcular y obtener resultados

importantes en presupuestos de pérdidas y anchos de banda.

3.1. Arquitectura de red

La opción más adecuada de una arquitectura de red, junto con el soporte físico de la planta óptica, debe proporcionar una infraestructura transparente que permita satisfacer las necesidades actuales y futuras y con ello se podrá introducir diferentes sistemas de transmisión conforme se modifiquen las necesidades.

Algunas arquitecturas conocidas son punto a punto en estrella y estrella múltiple.

3.1.1. Configuración punto a punto en estrella

Esta arquitectura, utiliza al menos una fibra óptica del nodo principal al nodo secundario. Puede ser usada para necesidades de grandes anchos de banda y seguridad, permitiendo llegar a mayores distancias debido a la baja pérdida en la fibra. Los diseños usan más las dos primeras ventanas ópticas 850 nm y 1300 nm.

3.1.2. Configuración en estrella múltiple

Se trata de una red que comparte la fibra entre varios abonados utilizando componentes activos electroópticos en la red.

Se utiliza alta multiplexación entre la central y el nodo distante, y puede utilizarse fibra multiplexada o especializada desde el desde el nodo distante hasta el ONT - Optical Network Terminal (terminal de la red óptica).

3.2. Topología a usar en la simulación

Para definir el escenario donde se desarrolla la simulación, se basó en un trabajo anterior llamado “Diseño de una red de fibra óptica para un sistema de video vigilancia” [2], cuyos autores son los señores Luis Balladares y Joseph Pico, en donde el lugar que se escogió para dicha red fue la autoridad portuaria Puerto Bolívar y en la cual se usan componentes analizados y elegidos previamente por los autores de la tesina mencionada y componentes elegidos también por nosotros en base a los de ellos, de los cuales se planea usar los valores de sus parámetros para lograr la simulación de cada enlace, manteniendo el escenario para dos esquemas diferentes basados en distintos fabricantes.

El escenario consta de 27 cámaras, los enlaces serán punto a punto, donde cada cámara envía su señal hasta la central a través del enlace de fibra óptica los cuales no son mayores a 1 km.

La topología física es en estrella extendida, como se muestra en la figura 3. A la consola, que es el nodo principal, llegan los enlaces partiendo de nodos secundarios llamados armarios. En los armarios se encuentran patch panels y los equipos ópticos.

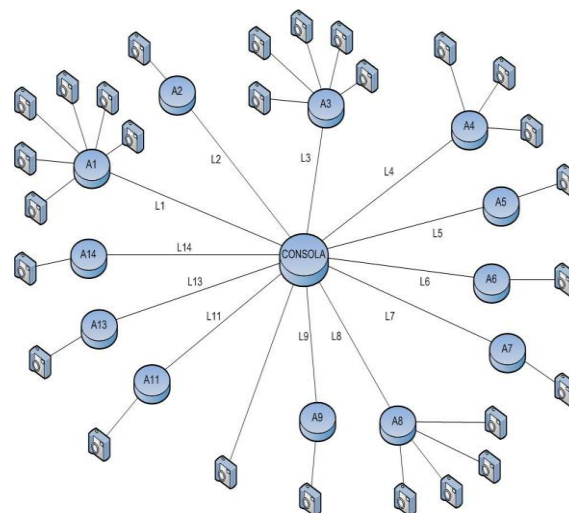


Figura 3. Topología física de la red de fibra óptica

3.3. Componentes a usar en la simulación

Los componentes de cada enlace tales como: longitud, número de conectores y empalmes se muestran en la tabla 1.

Enlaces	Distancia del enlace (m)	Número de conectores	Número de empalmes
L1	632,68	2	2
L2	776,63	3	4
L3	798,38	4	4
L4	476,14	4	4
L5	524,57	6	6
L6	684,89	5	6
L7	278,76	2	2
L8	169,11	2	2
L9	163,47	2	2
L11	804,33	2	3
L13	795,87	2	4
L14	948,05	1	4

Tabla 1. Tabla de componentes de cada enlace. [2]

3.4. Fibra óptica a usar en la simulación

Se va a usar dos tipos de fibras, una fibra es de fabricante CORNING de tipo multimodo, para el primer esquema, la cual fue usada en el trabajo de los señores Luis Balladares y Joseph Pico que trata del diseño de una red de fibra óptica para un sistema de video vigilancia, esta fibra es de tipo OM2, que cumple con el estándar TIA/EIA 492AAAB A, y cuyos parámetros se hallan a continuación en la tabla 2.

Fabricante	Corning
Serie de la fibra	InfiniCor SXi+fiber
Tamaño de la fibra	50/125 um
Coefficiente de atenuación de la fibra	$\leq 2,3$ db/km a 850 nm $\leq 0,6$ db/km a 1300 nm
Ancho de banda-longitud	700 MHz-km a 850 nm 500 MHz-km a 1300 nm

Tabla 2. Características técnicas de la fibra óptica de fabricante CORNING. [2]

La otra fibra que se va a usar, para el segundo esquema, es del fabricante OPTRAL tipo monomodo de salto de índice, la cual se basa en el estándar ITU, G652B, G652D [10] y cuyos parámetros se hallan a continuación en la tabla 3.

Fabricante	OPTRAL
Serie de la fibra	SMF – G652
Tamaño de la fibra	9/125 um
Coefficiente de atenuación de la fibra	< 0.35 db/Km a 1310 nm

Tabla 3. Características técnicas de la fibra óptica de fabricante OPTRAL.

3.5. Equipos ópticos a usar en la simulación

Los equipos de transmisión y recepción óptica seleccionados son del fabricante FIBERLINK y del fabricante GE (General Electric), según lo muestran las tablas 4 y 5.

Se escogió trabajar a una longitud de onda de 1310 nm debido a las bondades que representa sobre el

ancho de banda y por ende al sistema según lo mencionado por los fabricantes de la fibra óptica.

Fabricante	FIBERLINK
Series	7030 (TX) / 7031 (RX) 3810 (TX) / 3811 (RX) 7040 (TX) / 7041 (RX)
Modos de fibra	Multimodo, para todas las series
Longitud de onda	1310 nm, para todas las series
Potencia óptica presupuestada	0 – 25 db para 7030/7031 y para 7040/7041 0-10 db para 3810/3811
Máxima distancia de transmisión	2 Km para 7030/7031 y para 7040/7041 4 Km para 3810/3811
Ancho de banda	7 MHz para 7030/7031 y para 7040/7041 8 MHz para 3810/3811
Número de canales de video	1 para 3810/3811 2 para 7030/7031 4 para 7040/7041
Tamaño de fibra	55.2/125 um para todas las series

Tabla 4. Características técnicas de transmisores y receptores ópticos, FIBERLINK. [2]

Fabricante	GENERAL ELECTRIC
Series	MFVSM1-TX/RX VT/VR 7200 VT/VR 7430
Modos de fibra	Monomodo, para todas las series
Longitud de onda	1310 nm, para todas las series
Potencia óptica presupuestada	18 db para MFVSM1-TX/RX 20 db para VT/VR 7200 17 db para VT/VR 7430
Máxima distancia de transmisión	40 Km para MFVSM1-TX/RX 60 Km para VT/VR 7200 51 Km para VT/VR 7430

Ancho de banda	4.6 MHz para MFVSM1-TX/RX 6.5 MHz para VT/VR 7200 y para VT/VR 7430
Número de canales de video	1 para MFVSM1-TX/RX 2 para VT/VR 7200 4 para VT/VR 7430
Tamaño de fibra	9/125 um para todas las series

Tabla 5. Características técnicas de transmisores y receptores ópticos, GENERAL ELECTRIC.

3.6. Cálculos usados en la simulación de los enlaces de la red de video vigilancia

Por cada enlace se calcula presupuesto de pérdidas y de ancho de banda [11].

3.6.1. Presupuesto de pérdidas

En el presupuesto de pérdidas se calcula la pérdida total en el enlace (L_{TOTAL}) en db, que es el resultado de la suma de las pérdidas por empalmes ($L_{empalmes}$), pérdidas por conectores ($L_{conectores}$), pérdidas por longitud de la fibra (L_{fibra}), cada una en db y adicional un margen de seguridad (óptico) que es de 2 db para distancias menores a 1 Km, según lo indica la ecuación 3.1.

$$L_{TOTAL} = L_{fibra} + L_{conectores} + L_{empalmes} + M \text{ arg en } \textit{óptico}$$

Pérdida total en el enlace. (3.1)

3.6.1. Presupuesto de ancho de banda

El presupuesto de ancho de banda contiene los cálculos de la tasa de datos del sistema (B), el ancho de banda óptico (f_{op}) y ancho de banda eléctrico (f_{elec}), según se indica a continuación.

$$B \approx \frac{0.588}{\Delta_{\tau 1/2}}$$

Tasa de datos. (3.2)

Donde: $\Delta_{\tau 1/2}$ es la dispersión total en la fibra.

$$f_{op} \approx 0.75 B$$

Ancho de banda óptico. (3.3)

$$f_{elec} \approx 0.71 f_{op}$$

Ancho de banda eléctrico. (3.4)

4. Desarrollo de un programa de simulación y evaluación de resultados

Se muestra en detalle el desarrollo de una herramienta de simulación, elaborada en la interfaz gráfica de MATLAB, GUIDE, la cual fue de importancia en el proyecto ya que a través de ella se obtuvieron resultados que permiten concluir acerca de cada enlace de la red que se simuló.

El programa se realizó siguiendo una secuencia definida en partes como son: portada, descripción del programa, mapeo y simulación de cada enlace, los mismos que se muestra a continuación.

4.1. Portada del programa

La portada es el inicio del programa, en la cual se muestra el título y los autores del simulador, como se puede observar en la figura 4.



Figura 4. Portada del programa simulador

4.2. Descripción del programa

En la descripción del programa se describe de manera concreta lo que realiza el simulador, tal y como se muestra en la figura 5.

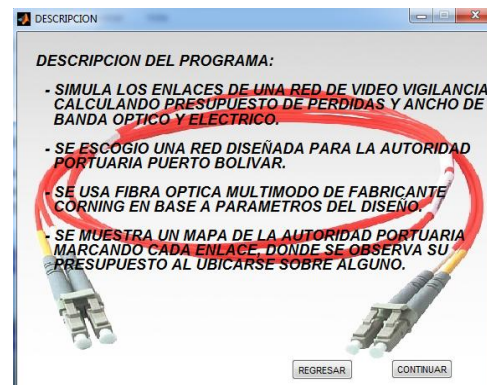


Figura 5. Descripción del programa simulador

4.3. Mapeo y simulación de los enlaces

En el mapeo de los enlaces, se tiene el mapa de la autoridad portuaria Puerto Bolívar con el recorrido de cada enlace, tal y como se muestra en la figura 6.

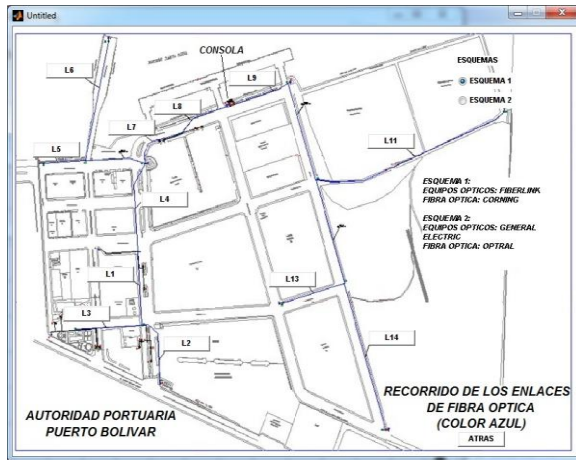


Figura 6. Mapa de la zona y recorrido de los enlaces. [2]

4.3.1. Ejemplo de simulación del enlace L1

La simulación de todos los enlaces es similar, como ejemplo se simula el enlace L1, para ello se debe presionar el botón L1. Al hacerlo el simulador abre la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 7, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en "x".

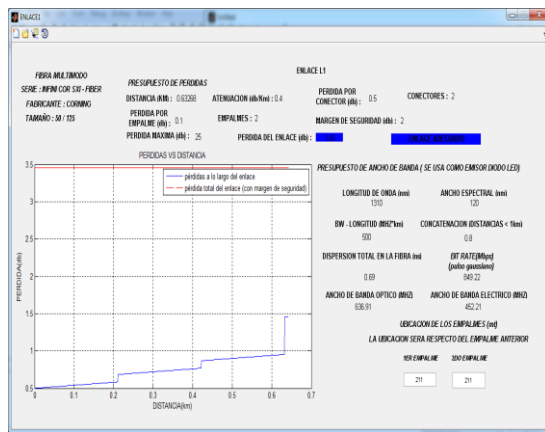


Figura 7. Simulación del enlace L1, esquema 1

Se observa además el gráfico atenuación vs distancia, en donde cada salto indica que se encuentra un empalme.

4.4. Análisis y evaluación de pérdidas en los enlaces, esquema 1

A continuación, en la tabla 6, se muestra un resumen de los resultados que ofreció el simulador

acerca del presupuesto de pérdidas en el esquema 1, fibra óptica de CORNING y equipos ópticos de FIBERLINK, el cual evalúa si el enlace es el adecuado en base a la comparación con la pérdida máxima permitida por el equipo óptico usado.

Enlaces	Pérdida total del enlace (db)	Pérdida máxima (db)	¿Es útil la fibra para este enlace?
L1	3.45	25	Si
L2	4.21	10	Si
L3	4.72	25	Si
L4	4.59	25	Si
L5	5.81	10	Si
L6	5.37	10	Si
L7	3.31	10	Si
L8	3.27	25	Si
L9	3.27	10	Si
L11	3.62	10	Si
L13	3.72	10	Si
L14	3.28	10	Si

Tabla 6. Pérdida total en cada enlace, esquema 1.

4.5. Análisis y evaluación de pérdidas en los enlaces, esquema 2

A continuación, en la tabla 7, se muestra un resumen de los resultados que ofreció el simulador acerca del presupuesto de pérdidas en el esquema 1, fibra óptica de CORNING y equipos ópticos de FIBERLINK, el cual evalúa si el enlace es el adecuado en base a la comparación con la pérdida máxima permitida por el equipo óptico usado.

Enlaces	Pérdida total del enlace (db)	Pérdida máxima (db)	¿Es útil la fibra para este enlace?
L1	3.42	20	Si
L2	4.17	20	Si
L3	4.68	18	Si
L4	4.57	17	Si
L5	5.78	18	Si
L6	5.34	18	Si
L7	3.30	18	Si
L8	3.26	17	Si
L9	3.26	18	Si
L11	3.58	18	Si
L13	3.68	18	Si
L14	3.24	18	Si

Tabla 7. Pérdida total en cada enlace, esquema 2.

Se puede observar que las pérdidas en el esquema 2 son ligeramente menores que las del esquema 1, sin embargo ambos esquemas son factibles para usarse.

4.6. Análisis y evaluación de tasas y anchos de banda de los enlaces

A continuación se presentan unas tablas, tabla 8 y 9 que resumen los presupuestos de tasa de datos, Ancho de banda óptico y eléctrico en cada enlace, para cada esquema simulado.

Enlaces	Velocidad o tasa de transmisión (Mbps)	Ancho de Banda Óptico (MHz)	Ancho de Banda Eléctrico (MHz)
L1	806,45	604,84	429,43
L2	674,10	505,58	358,96
L3	657,90	493,43	350,33
L4	1026,70	770,03	546,72
L5	947,00	710,25	504,28
L6	753,01	564,76	400,98
L7	1612,90	1209,68	858,87
L8	2475,20	1856,40	1318,04
L9	2535,50	1901,63	1350,15
L11	654,45	490,84	348,49
L13	659,63	494,72	351,25
L14	565,61	424,21	301,19

Tabla 8. Presupuestos de ancho de banda, esquema 1.

Enlaces	Velocidad o tasa de transmisión (Mbps)	Ancho de Banda Óptico (MHz)	Ancho de Banda Eléctrico (MHz)
L1	2582,64	1936,98	1375,26
L2	2103,95	1577,96	1120,35
L3	2046,63	1534,97	1089,83
L4	3431,74	2573,80	1827,40
L5	3114,91	2336,18	1658,69
L6	2385,77	1789,32	1270,42
L7	5861,63	4396,22	3121,32
L8	9662,27	7246,70	5145,16
L9	9995,64	7496,73	5322,68
L11	2031,49	1523,62	1081,77
L13	2053,08	1539,81	1093,27
L14	1660,30	1245,23	884,11

Tabla 9. Presupuestos de ancho de banda, esquema 2.

Se puede observar que con el esquema 2, fibra monomodo, se obtienen mayores velocidades y anchos de banda que superan el Gbps y el GHz.

5. Conclusiones

El desarrollo del proyecto ofrece una manera de visualizar los componentes fundamentales en una red de video vigilancia como lo son los enlaces que la conforman y sus características, sin tener que recurrir a búsquedas de archivos donde se encuentre tal información. Cabe mencionar que gracias a la documentación del diseño en donde se encontró

información necesaria fue posible llevar a cabo éste proyecto.

La implementación del programa aplicativo de simulación, en la interfaz gráfica de Matlab GUIDE, fue indispensable en la mayor parte para alcanzar el objetivo del proyecto, sentándose en bases teóricas e información mencionada anteriormente, el cual es una herramienta que da resultados a través de procesos que se hacen cómodos y sencillos con ayuda de diversos componentes y en un agradable ambiente.

Del diseño del sistema de video vigilancia, se pudo corroborar a través de la simulación de cada enlace su calidad y lo factible de los componentes usados en ellos como lo son empalmes, conectores y la fibra óptica Corning con la que se obtiene un ancho de banda superior al que se logra usando los medios de transmisión tradicionales como el cable de par trenzado y cable coaxial. El ancho de banda de cada enlace supera los 360 MHz, según los datos del fabricante de los equipos ópticos para este caso el mayor ancho de banda que se requirió fue de 42 MHz para el enlace 1 en el esquema 1 con fibra multimodo y de 39 MHz en el esquema 2 con fibra monomodo, por lo que se dispone de suficiente capacidad para las 27 cámaras usadas en el diseño y para futuras ampliaciones.

Las pérdidas obtenidas para los diferentes enlaces, tienen un margen razonable. Cabe recalcar que los conectores son los que aportan con la mayor pérdida, por lo que es aconsejable cuando se realiza un diseño con fibra óptica considerar el menor número de conectores y empalmes, para esto es importante la terminación del cable de fibra óptica.

En vista de que usando los dos esquemas, la simulación indicó que todos los enlaces son útiles. Cabe recalcar que la modificación de los componentes tiene un impacto significativo en los resultados e infiere en lo esperado. Por ejemplo si se aumentan componentes pasivos y la distancia del enlace, se tendría mayores pérdidas, menos ventana de reserva y menor ancho de banda, lo que puede peligrar en no tener un enlace adecuado. Por otro lado reduciendo tales componentes e incluso distancias, las pérdidas también se reducen y el ancho de banda mejora junto al enlace.

6. Agradecimientos

A Dios por darme el don de la vida. A mis padres que confiaron en mí a pesar de todas las adversidades y por cada uno de sus consejos que estarán presentes en mi mente. A mis hermanos que me brindaron su apoyo y ayuda incondicional.

Juan

En primer lugar a Dios, por el preciado obsequio de la vida. A mis padres por su apoyo, su paciencia, su confianza y por ser mi impulso en todo momento, a mis familiares, amigos y a todos quienes me animaron incluso en las peripecias.

Jonathan

7. Referencias

- [1] INDEXA, Sistemas de Video vigilancia, <http://www.indexaingenieria.com/?op=proyectos>, fecha de consulta Enero 2012.
- [2] Joseph Pico – Luis Balladares, Diseño de una red de fibra óptica para un sistema de video vigilancia, Joseph Pico – Luis Balladares, fecha de consulta Octubre 2011.
- [3] Wikipedia, FIABILIDAD DE SISTEMAS, http://es.wikipedia.org/wiki/Fiabilidad_de_sistemas, fecha de consulta, fecha de consulta febrero de 2012.
- [4] José María Morales Vásquez, DISEÑANDO SISTEMAS DE ALTA DISPONIBILIDAD Y TOLERANTES A FALLOS, <http://pics.unlugarenelmundo.es/hechoencasa/dise%C3%B1ando%20sistemas%20de%20alta%20disponibilidad%20y%20tolerantes%20a%20a%20fallos.pdf>, fecha de consulta febrero de 2012.
- [5] Architects site, LA ESCALABILIDAD, <http://www.arqhys.com/construcciones/escalabilidad.html>, fecha de consulta marzo de 2012.
- [6] Grupo Promael, FIBRA OPTICA, www.grupopromael.com, fecha de consulta marzo de 2012.
- [7] ITU – T, G.650: CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.650/es>, 03/93.
- [8] Sergio Schnitzler, ATENUACION EN F.O., <http://www.yio.com.ar/fo/atenuacion.html>, fecha de consulta abril 2012.
- [9] Buenas Tareas, DISPERSION CROMATICA, <http://www.buenastareas.com/ensayos/Dispersion-Cromatica/2676077.html>, fecha de consulta mayo de 2012.
- [10] ITU-T, G.652 CARACTERISTICAS Y CABLES OPTICOS MONOMODO, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/es>, 09/2009.
- [11] Textos científicos, CALCULO DE ENLACE DE FIBRA OPTICA, <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/calculo-enlace>, fecha de consulta mayo de 2012.
- [12] La Fibra Óptica Perú, ATENUACION DE LAS FIBRAS OPTICAS, <http://lafibraopticaperu.com/la-atenuacion-de-la-fibra-optica/>, fecha de consulta abril 2012.