



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRIA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**MENCIÓN REDES DE COMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MASTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN REDES DE  
COMUNICACIONES**

**Tema: “Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en  
puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas  
bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.”**

**AUTOR: DAVID ANDRÉS ESCOBAR ALBUJA**

**QUITO, 2022 Febrero**

## DEDICATORIA

*A mis padres Patricio y Miriam que han sido mi guía y mi soporte, que gracias a ellos he logrado el cumplimiento de este nuevo escalón en mi formación y otros proyectos que a lo largo de mi vida me los he planteado, a mis hermanos Patricio y Cristina que me enseñaron a ser una persona de bien y ser parte fundamental en mi vida.*

*David Andres Escobar Albuja*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por apoyarme y motivarme a seguir estudiando, a prepararme constantemente y por haberme guiado en todo este tiempo, por confiar en mí en cada decisión que he tomado.

A mi hermano Patricio por enseñarme a luchar por lo que quiero y mi hermana Cristina por siempre estar pendiente de mí.

A Camila mi enamorada que siempre han estado pendiente de mi a lo largo del cumplimiento de mis metas y apoyándome en todo.

También agradezco a mi Director de tesis, Ing. Javier Cóndor, principalmente por guiarme, apoyarme y darme fuerzas para culminar esta nueva etapa en mi vida.

A mis compañeros, con los cuales compartí y aprendí nuevos conocimientos y experiencias en esta nueva normalidad.

David Andres Escobar Albuja

## Índice de Contenido

DEDICATORIA .....	1
AGRADECIMIENTO .....	2
Índice de Contenido .....	3
Índice de Tablas.....	5
Índice de Figuras .....	6
1. Situación Actual.....	7
1.1. Antecedentes .....	7
1.2. Justificación e Importancia.....	8
1.3. Alcance .....	10
1.4. Objetivo General .....	11
1.5. Objetivos Específicos.....	11
2. Capítulo 2: Marco Teórico.....	12
2.1. Fibra Óptica .....	12
2.1.1. Tipos de Fibra Óptica.....	13
2.1.2. Fabricación de Fibra Óptica.....	15
2.1.3. Modelos de Fibra Óptica .....	16
2.1.4. Fibra DROP 2 Hilos.....	18
2.1.5. DWDM.....	22
2.1.6. SDH .....	23
2.1.7. NODOS.....	24
2.2. WiFi.....	29
2.2.1. TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS .....	29
2.2.2. WiFi 6.....	30
2.3. Herramientas de uso .....	30
2.3.1. Software de red.....	33
2.3.2. Software de cobertura WiFi .....	33
3. Capítulo 3: Análisis y Diseño .....	35
3.1. Análisis de factibilidad de los puntos de Fibra Óptica.....	35
3.2. Análisis de factibilidad de los puntos de Internet mediante WiFi .....	38
3.3. Diseño y cálculos de ingeniería del tendido de Fibra Óptica para puntos fronterizos	44
3.4. Diseño del tendido de Fibra Óptica para las zonas rurales y habilitación de WiFi .....	47
3.5. Configuración de la red para proveer de servicio .....	48
3.6. Análisis de costos de implementación para equipos activos y pasivos .....	53
4. Capítulo 4: Simulación de Red Híbrida .....	58
4.1. Simulación red aérea 79 km.....	58
4.2. Simulación red fluvial 113 km .....	60
4.3. Simulación red fluvial 199 km .....	62

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

5. Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones .....	65
5.1. Conclusiones.....	65
5.2. Recomendaciones .....	66
ANEXOS .....	68
Referencias.....	69

## Índice de Tablas

Tabla 1-1 ZONAS PRIORIZADAS (Parroquias sin cobertura SAI) extracto de las 369 parroquias sin cobertura SAI (Servicio de Acceso a Internet).....	9
Tabla 2-1 Velocidades de transmisión FO .....	14
Tabla 2-2 Estándares de construcción cable FO .....	14
Tabla 2-3 Data Sheet FO 2 Hilos .....	20
Tabla 2-4 Características Geométricas FO 2 Hilos.....	21
Tabla 2-5 Características Mecánicas FO 2 Hilos .....	21
Tabla 2-6 Características Varias FO 2 hilos.....	21
Tabla 2-7 Jerarquía SDH.....	23
Tabla 2-8 Elementos del nodo Estándar .....	25
Tabla 2-9 Nombres WiFi .....	30
Tabla 3-1 Extracto de análisis de puntos a implementar fibra óptica.....	36
Tabla 3-2 Simulación APs.....	39
Tabla 3-3 Medición hilos 79 km.....	45
Tabla 3-4 Medición hilos 113 km.....	46
Tabla 3-5 Medición hilos 199 km.....	47
Tabla 3-6 Valores Calculo de Fibra Óptica .....	48
Tabla 3-7 Costos Nodo Estándar .....	56
Tabla 3-8 Costo Ruta Urbana.....	57
Tabla 3-9 Costo de Implementación Ruta Interurbana .....	57
Tabla 3-10 Costo Implementación de Extracto de Rutas .....	57

## Índice de Figuras

Figura 1-1 Mapa Vial Ecuador.....	8
Figura 2-1 Ejemplo Fibra Óptica .....	12
Figura 2-2 Diferencia fibra monomodo y multimodo .....	14
Figura 2-3 Fabricación filamento de Fibra Óptica .....	15
Figura 2-4 Fabricación Fibra Óptica.....	16
Figura 2-5 Cable de Fibra Óptica ADSS .....	17
Figura 2-6 Cable Fibra Óptica Figura 8 .....	18
Figura 2-7. Fibra Drop 2 Hilos .....	19
Figura 2-8 DWDM .....	22
Figura 2-9 Multiplexación SDH .....	23
Figura 2-10 Ejemplo de Nodo Estándar .....	25
Figura 2-11 Ubicación de equipos .....	26
Figura 2-12 Diagrama Unifilar Conexión Eléctrica.....	27
Figura 2-13 Diagrama de Mini Nodo .....	28
Figura 2-14 Ubicación de equipos Mini Nodo .....	28
Figura 2-15 Implementación Nodo Poste.....	29
Figura 2-16 Diagrama Ilustrativo Arcgis .....	32
Figura 3-1. Puntos Frontera.....	36
Figura 3-2 Fibra Óptica El Tigre.....	36
Figura 3-3 El Tigre tipo Fibra óptica.....	37
Figura 3-4 Ubicación de nodos punto El Tigre.....	37
Figura 3-5 Áreas de cobertura WiFi.....	38
Figura 3-6 Ubicación de los AP .....	39
Figura 3-7 AP1570E Fuente: (BOREALTECH, 2020) .....	40
Figura 3-8 Mapa de cobertura de las zonas WiFi en 802.11 a/n/ac .....	42
Figura 3-9 Mapa de cobertura de las zonas WiFi en 802.11 b/g/n .....	42
Figura 3-10 Mapa de calor de velocidad de conexión en 802.11 a/n/ac.....	43
Figura 3-11 Mapa de calor de velocidad de conexión en 802.11 b/g/n .....	44
Figura 3-12. Diseño FO de conexión AP.....	48
Figura 3-13. Elementos Activos Fuente: (ticA, 2022) .....	54
Figura 3-14 Elementos Pasivos Fuente: (Silexfiber, 2014) .....	54
Figura 3-15 Manga de 48 Hilos.....	55
Figura 3-16 Medición de Presión en Manga de Empalme .....	55
Figura 4-1 Enlaces para conectividad .....	58
Figura 4-2 Simulación enlace de 79 km .....	59
Figura 4-3 BER enlace 79km .....	59
Figura 4-4 Onda en dominio del tiempo 79km .....	60
Figura 4-5 Medidor de potencia 79 km .....	60
Figura 4-6 Simulación enlace de 113 km .....	61
Figura 4-7 BER enlace 113km .....	61
Figura 4-8 Onda en dominio del tiempo 113km .....	62
Figura 4-9 Medidor de potencia 113 km .....	62

## 1. Situación Actual

### 1.1. Antecedentes

La República del Ecuador por su ubicación geográfica irregular con cuatro zonas claramente definidas: Sierra, Costa, Oriente e Insular, en las que se tiene montañas, ríos, valles, así como zonas densamente boscosas y pobladas de por medio. Se tiene la necesidad de proveer de servicio de Datos e Internet en puntos específicos de la frontera con Perú y Colombia, los cuales sean estables, de alta velocidad, con baja latencia y alta disponibilidad. Adicionalmente, se requiere proveer de servicio de Internet en las zonas rurales pobladas a dichos puntos dentro del Plan Nacional de Telecomunicaciones desarrollado por el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.

El único acceso a Internet y datos existente en ciertos puntos fronterizos se lo realiza mediante un enlace satelital VSat (Terminal de apertura muy pequeña) que provee un enlace de muy bajo ancho de banda, lento e inestable debido a los cambios climáticos.

Existen enlaces satelitales implementados en ciertos puntos los cuales proveen un servicio esporádico, la empresa HughesNet ofrece un servicio dentro del territorio ecuatoriano sin considerar la zona fronteriza del oriente debido a la dificultad de implementación y los costos que estos representarían, una antena puede llegar a medir hasta 3 metros de diámetro, lo cual no es recomendable para el uso y lugar donde se desea implementar dichos puntos. Como ejemplo, se puede observar mediante la tesis desarrollada por (Ricaurte & Peñafiel, 2010) en la cual indica que dentro de una zona accesible “El valor promedio para una estación satelital remota, en la que se incluye: - Antena/Herrajes/Sistema de alimentación/Modem/Equipo de voz/Cables y conectores, bordea los USD 2700.” a esto se le debe adicionar el valor de mantenimiento y el costo mensual del enlace.

No es posible realizar un enlace de radio debido a que los puntos donde es necesario llegar son mayores a 100 kilómetros y sin línea de vista directa, debido a las montañas y zonas boscosas es necesario implementar torres superiores a los 50 metros para la colocación de las antenas y equipos, lo cual no es recomendable y encarece el costo de la implementación, estos enlaces de radio si bien proveen mayor ancho de banda y velocidad de transmisión también sufre pérdida debido a los cambios climáticos existentes.

No se puede proveer de enlaces bajo redes celulares ya que no existen puntos de cobertura cercanos y tampoco un mercado de consumo que represente la puesta en marcha de radio base que permita cobertura celular.

Al no existir en su mayor parte un acceso vial terrestre para los puntos fronterizos como se puede ver en la Figura 1-1, se debe realizar un diseño mixto de implementación entre fibra óptica aérea y fluvial para llegar a dichos puntos, el acceso se lo realiza mediante ríos los cuales se encuentran su mayor parte en el oriente ecuatoriano.

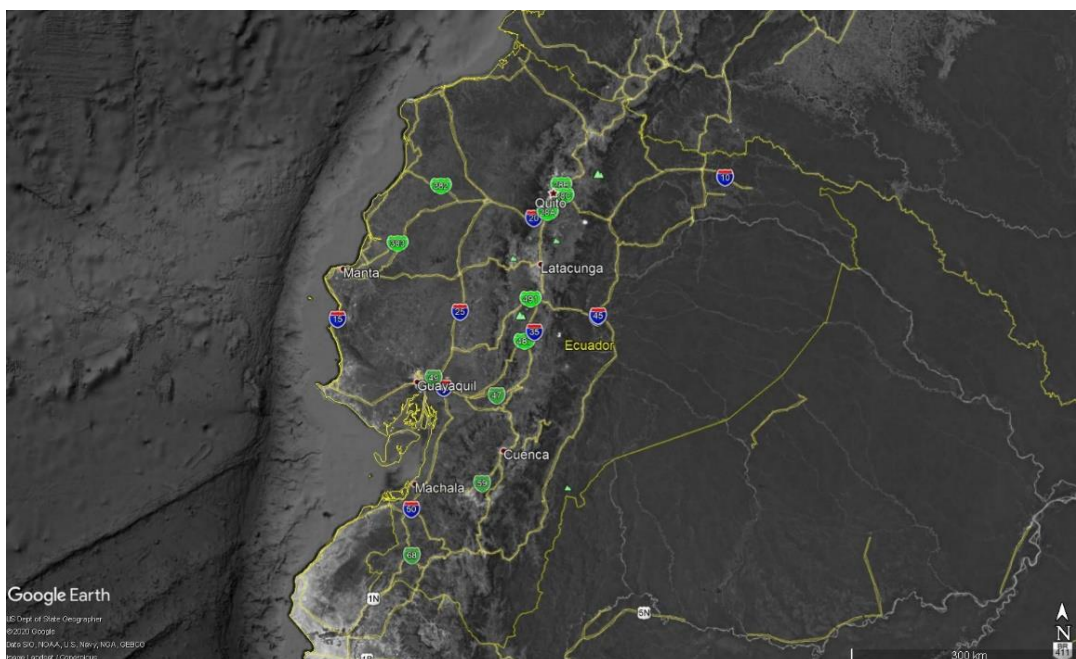


Figura 1-1 Mapa Vial Ecuador  
(Google Earth, 2020)

En dichos puntos es necesario contar con enlaces de alta fiabilidad debido al tipo de datos que se va a transmitir, así como contar con una seguridad lógica que permita asegurar la encriptación de estos enlaces.

## 1.2. Justificación e Importancia

Existe la necesidad de dar cobertura de acceso de datos de alta velocidad y confiabilidad mediante fibra óptica a ciertos puntos fronterizos de la república del Ecuador que no poseen servicio de datos o Internet más que por vía VSat con demasiada intermitencia y latencia a la hora de la conectividad.

Las zonas rurales pobladas cercanas a la frontera con Colombia o Perú se pueden ver beneficiadas de los puntos a implementarse mediante fibra óptica para proveer servicio de Internet mediante WiFi, esto gracias al plan de expansión de servicios de telecomunicaciones que exige el Ministerio de Telecomunicaciones en el cual (Michelena, 2020) indica lo siguiente “Todas las personas en forma individual o colectiva tiene derecho a: 2. El acceso universal a las tecnologías de la información y comunicación”.

Debido a la pandemia por la que está pasando el mundo, el Ecuador no es la excepción y se ve en la necesidad de proveer de servicio de Internet en la mayor cantidad de lugares posibles en los cuales se tiene una baja calidad de conexión o en muchos casos nula, por lo que es necesario implementar un acceso mediante Fibra Óptica el cual garantice un servicio estable, y según (Telconet, 2020) “con disponibilidad entre 99.6% al 99.9%”. Con una alta disponibilidad del servicio se puede acceder a servicios de video en tiempo real con muy baja latencia lo cual sirve para la teleeducación en estos tiempos tan necesarios.

Dentro del plan de servicio universal 2018-2021 presentado por el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información se detalla que debido al crecimiento del Internet es imperativo que se distribuya un acceso al servicio de internet con una proyección al futuro y considerando la evolución de las redes a redes de nueva generación (NGN).

Una de las principales solicitudes dentro de las zonas rurales es la siguiente “No obstante, la baja densidad poblacional en zonas alejadas, profundiza la dificultad de universalizar estos servicios por el elevado costo que supone cubrir a poblaciones con estas características. Hay que considerar que en estas zonas aisladas, las telecomunicaciones son de alta necesidad y utilidad, no sólo por contribuir al desarrollo económico, sino porque constituyen una herramienta para que todos sus habitantes accedan a niveles educativos comparables, y favorece la erradicación de problemas sociales por medio de la innovación, como por ejemplo la telemedicina, entre otras” (Viceministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación, 2018).

Lo que tiene una implicación practica y es uno de los propósitos del presente proyecto de titulación.

Telconet como empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones se ve en la necesidad de realizar un estudio para implementar servicio de transmisión de datos en puntos fronterizos específicos de la república del Ecuador y adicional proveer servicio de Internet en zonas rurales pobladas como se puede observar en la tabla 1-01

<b>PROVINCIA</b>	<b>CANTÓN</b>	<b>PARROQUIA</b>	<b>DPA PARROQUIAL</b>
MANABI	PORTOVIEJO	CHIRIJOS	130157
AZUAY	CHORDELEG	PRINCIPAL	11151
AZUAY	GUALACEO	LUIS CORDERO VEGA	10359
LOJA	CATACUCHA	GUACHANAMA	110952
AZUAY	COCHAPATA	COCHAPATA	10451
AZUAY	COCHAPATA	EL PROGRESO (CAB. EN ZHOTA)	10452
AZUAY	COCHAPATA	LAS NIEVES (CHAYA)	10453
AZUAY	PAUTE	TOMBAMBA	10561
ZAMORA			
CHINCHIPE	EL PANGUI	EL GUIUME	190651
etc.	etc.	etc.	etc.

*Tabla 1-1 ZONAS PRIORIZADAS (Parroquias sin cobertura SAI) extracto de las 369 parroquias sin cobertura SAI (Servicio de Acceso a Internet)*

Fuente: (Anexo 1 Oficio Nro. MINTEL-STTIC-2020-0102-O, 2020)

Se realizará un análisis y un posterior diseño para proveer de acceso al servicio de datos e Internet de alta velocidad bajo una red de Fibra Óptica la cual garantizará la conexión y estabilidad de esta, con una alta disponibilidad puesto que no existe.

El análisis consistirá en la factibilidad con la que se pueda entregar el servicio bajo Fibra Óptica de larga distancia con los presupuestos ópticos necesarios para una conexión estable, se debe contemplar que se entregará el servicio desde el nodo más cercano de Telconet el cual será el encargado de proveer el acceso para los puntos fronterizos y

zonas rurales, se realizara un estudio del tipo de fibra y elementos pasivos y activos necesarios durante toda la conexión.

Para proveer de servicio de internet dentro de las zonas rurales pobladas que se encuentran en vía de acceso del cable de Fibra Óptica se implementará un servicio de WiFi para la población.

De esto se pueden identificar el siguiente problema:

- No se cuenta con un servicio datos e Internet mediante Fibra Óptica que garantice una conexión estable y segura de baja latencia para los puntos fronterizos de la república del Ecuador y zonas rurales en vía a dichos puntos.

Y los siguientes problemas derivados:

- No se ha dado prioridad por parte del gobierno nacional para proveer de servicio de Internet en zonas rurales alejadas y cercanas a las zonas fronterizas.
- No se cuenta con un servicio de WiFi en el cual pueda acceder la población existente de la zona rural a servicios básicos como la educación.
- No existe un diseño para una red de Fibra Óptica para los puntos fronterizos de la república del Ecuador.

En función de lo expuesto como problemática se plantean la siguiente pregunta de investigación principal:

- ¿Qué ventajas se obtiene al tener un servicio de Fibra Óptica para transmisión de datos e Internet en las zonas rurales aledañas a los puntos fronterizos de la república del Ecuador?

Y las siguientes preguntas de investigación secundarias:

- ¿Qué tipo de Fibra Óptica es la más adecuada a usar para estos enlaces?
- ¿Qué equipos WiFi son los óptimos para estos entornos a implementar?
- ¿Cuál es el costo de la implementación de la red de Fibra Óptica?
- ¿Qué tan eficiente es la calidad de conexión que se brindaría a los puntos?

### 1.3. Alcance

Se realizará un estudio descriptivo con el diseño de una red de Fibra Óptica para un punto en específico de varios puntos fronterizos en la República del Ecuador, en donde se va a proporcionar una óptima conexión y transferencia de datos mediante una Fibra Óptica híbrida aérea y fluvial con estándar MPLS (Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo) el cual opera entre la capa de Enlace de Datos y la capa de Red de una forma escalable, proveyendo el servicio desde un nodo PE (Enrutador de borde) hasta el punto final.

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

Adicionalmente, se proporcionará un diseño de una implementación de Internet WiFi en las zonas rurales que se encuentran cercanas a la ruta del cable de Fibra Óptica que se va a tender para los puntos fronterizos.

Por último, se entregará los cálculos de diseños y planos de la Fibra Óptica hasta cada uno de los puntos y zonas rurales donde se entregará el servicio.

#### 1.4. Objetivo General

Realizar un análisis y diseño para una posterior implementación de servicio de datos en puntos fronterizos de la República del Ecuador bajo la red de Fibra Óptica de la empresa Telconet S.A.

#### 1.5. Objetivos Específicos

- Analizar la factibilidad de Fibra Óptica para uno de los puntos de interés en la frontera de Ecuador con Colombia y Perú.
- Realizar un diseño para una posterior implementación de red de Fibra Óptica para un punto en la frontera ecuatoriana.
- Plantear la implementación para proveer el servicio de Internet a comunidades pobladas que se encuentren cercanas al recorrido de Fibra Óptica a diseñar.
- Plantear la implementación para proveer servicio WiFi en las comunidades pobladas con acceso a internet.

## 2. Capítulo 2: Marco Teórico

Este capítulo presenta los conceptos, tecnológicas y/o metodologías utilizados para el desarrollo del Trabajo de Titulación.

### 2.1. Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión físico el cual puede ser fabricado de vidrio o plástico, y es usado para el envío de información mediante un haz de luz. Por consiguiente, la información que se transmite viaja a la velocidad de la luz, el cual hasta el momento es el medio de transporte más rápido que existe en el Ecuador.

La Fibra óptica consiste de un filamento delgado a través del cual viajan pulsos de luz láser o led, en el cual van contenidos los datos que se van a transmitir, por medio de estos pulsos de luz se envía y recibe información a altas velocidades, al ser el medio de conducción vidrio o plástico por donde viajan los datos es inmune a interferencias electromagnéticas con velocidades mayores a las de la radio. Como dice (Raffino, 2020) esto hace de la fibra óptica sea el medio de transmisión por cable más avanzado que existe.

Los cables de fibra óptica se utilizan para llamadas telefónicas (soportan varios millones de llamadas por cable) así como para la transferencia de datos a altas velocidades en redes informáticas. (CABLES, 2021)

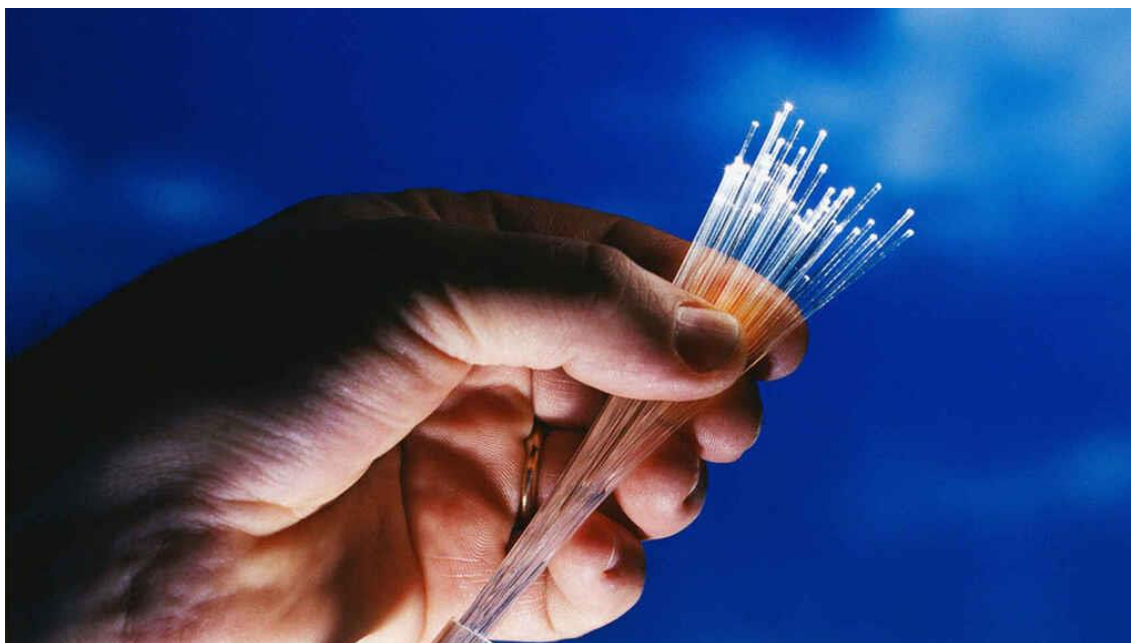


Figura 2-1 Ejemplo Fibra Óptica  
Fuente: (Elespañol, 2017)

La fibra óptica tiene algunas ventajas:

- **Ocupa poco espacio.** Es pequeño en tamaño en micras del núcleo y milímetros de todo el cable.

- Es sumamente flexible, lo cual facilita su instalación.
- **Es liviana.** Pesa cerca de ocho veces menos que un cable convencional de cobre.
- **Gran resistencia.** Mecánica, térmica y resiste bien a la corrosión según la envoltura que tenga.
- **Ecológica.** Más ecológica en comparación al cableado normal de cobre y al ser de vidrio se puede reciclar.
- **Inmune a interferencias electromagnéticas.** Al ser el núcleo de vidrio o plástico no tiene interferencias electromagnéticas.
- **Veloz, eficaz y segura.** Es la mejor forma de transmisión de datos y la más rápida mediante cable, es segura debido a que no puede ser interferida o interceptada sin un corte.

Desventajas:

- **Frágil.** Ya que el vidrio en su interior es susceptible de romperse si se presenta una curvatura muy pronunciada.
- **Requiere de conversores (transceiver).** Para transformar de luz a pulso eléctrico y viceversa en un entorno informático.
- **Empalmes complicados.** Especialmente en las zonas rurales y de difícil acceso.
- **Envejecimiento prematuro en agua.** Tiende a ser desechada después de un año al ser sumergida en agua, especialmente salada.

### 2.1.1. Tipos de Fibra Óptica

El tipo de fibra óptica viene determinado por la aplicación, la distancia a la deben viajar las señales y la velocidad de la transmisión. Por tanto, la construcción del cable se elige en función de los requisitos ambientales de la instalación. (CABLES, 2021)

Existen 2 tipos de fibra óptica, monomodo y multimodo.

La fibra monomodo es capaz de transmitir en largas distancias mayores a 100km y con gran capacidad, típicamente se propaga en 2 longitudes de onda 1310nm o 1550nm. Según (Telpro Madrid, 2019) "Lleva mayor ancho de banda que la fibra multimodo, pero requiere una fuente de luz con un ancho espectral estrecho".

La fibra monomodo tiene un núcleo mucho más estrecho que una fibra multimodo, por lo que solo se trasmite un haz de luz por el núcleo, eliminando la mayor cantidad de distorsión por superposición de señales, posee un núcleo con diámetro aproximadamente de entre 8.3 y 10  $\mu\text{m}$ .

La fibra multimodo se usa para transmitir máximo en distancias de 2 kilómetros debido a tiene una mayor reflexión interna y propensa a la superposición de señales, es necesario un emisor de varios haces de luz dentro de una fibra multimodo y en longitudes de onda de 850 nm, posee un núcleo con diámetro más comunes aproximados de 50, 62.5 y 100  $\mu\text{m}$ , se puede observar en la figura 2-2 una diferencia entre la fibra monomodo y multimodo.

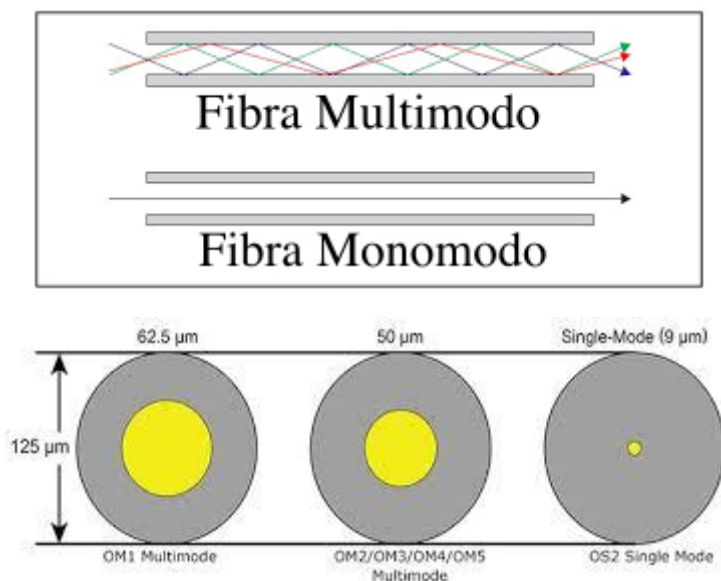


Figura 2-2 Diferencia fibra monomodo y multimodo  
Fuente: (Telpro Madrid, 2019)

Las fibras ópticas se clasifican en función del tipo de modo y su velocidad de transmisión como se puede ver en la siguiente tabla 2-1:

<b>OM1</b>	Multimodo 62,5/125
<b>OM2</b>	Multimodo 50/125 1 Gigabit
<b>OM3</b>	Multimodo 50/125 10 Gigabit
<b>OM4</b>	Multimodo 50/125 40 Gigabit
<b>OS2</b>	Monomodo 9/125 (también conocida como 8/125 y 10/125)

Tabla 2-1 Velocidades de transmisión FO

Tipos de construcción de cables de fibra óptica de estándares disponibles se puede ver en la tabla 2-2:

<b>LTU</b>	Cable de fibra óptica sin armadura de tubo holgado
<b>LTT</b>	Cable de fibra óptica armado con cinta de acero y tubo holgado
<b>LTW</b>	Cable de fibra óptica con armadura de alambre de acero y tubo holgado
<b>TBU</b>	Cable de fibra óptica sin armadura con tubo ajustado
<b>MTU</b>	Cable de fibra óptica sin armadura de multitubo holgado
<b>MTT</b>	Cable de fibra óptica armado con cinta de acero y multitubo holgado
<b>MTW</b>	Cable de fibra óptica con armadura de alambre de acero y multitubo holgado

Tabla 2-2 Estándares de construcción cable FO

### 2.1.2. Fabricación de Fibra Óptica

La fabricación de fibra óptica comienza con unos cilindros de vidrio huecos. Para eliminar cualquier rastro de suciedad los cilindros se sumergen en ácido fluorhídrico. Así se garantiza la pureza del vidrio. Después, con ayuda de unos tornos, los tubos giran y se calientan, hasta fundir sus extremos, para así poder unir con precisión varios cilindros, para obtener la longitud adecuada esto se puede observar en la figura 2-3.

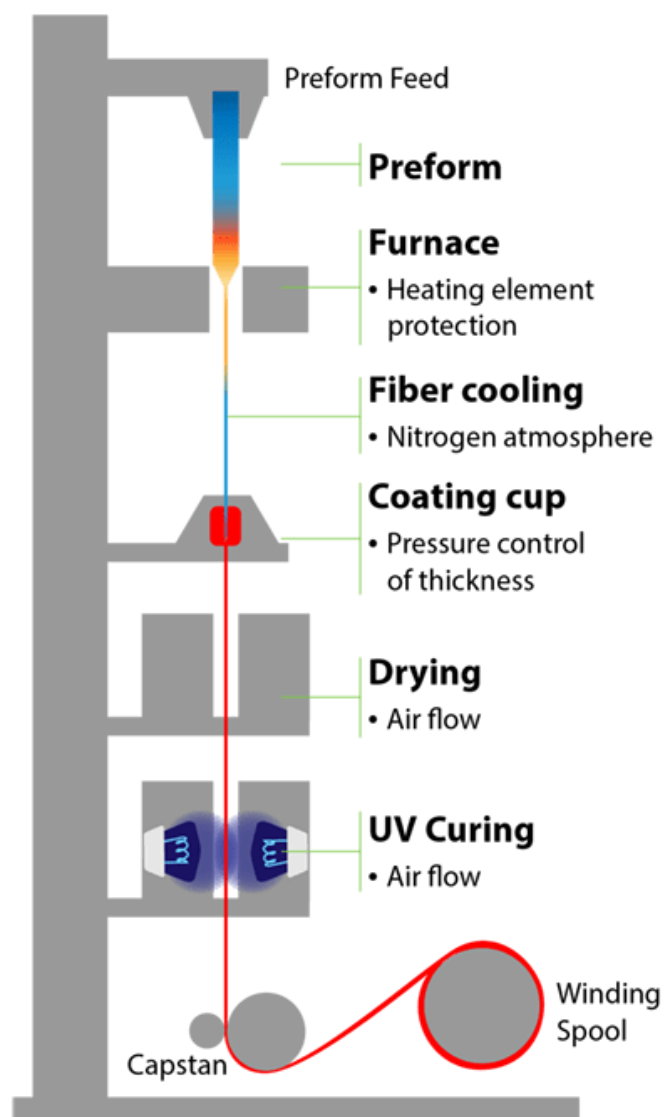


Figura 2-3 Fabricación filamento de Fibra Óptica  
Fuente: (Barner, 2021)

Durante el proceso de calentado se agregan compuestos como el silicio. Al seguir calentando la estructura en el interior de los cilindros sedimenta un polvo blanco, que constituirá el núcleo de la fibra óptica.

Al seguir calentando el polvo se vuelve un vidrio alargado, y después el vidrio exterior se fusiona con el vidrio interior. Así se obtiene una estructura de nombre vara preformada.

Después viene el paso más crítico de la fabricación, que es adelgazar el vidrio, hasta un diámetro de 125 micras. Para ello las varas preformadas deben estar en posición vertical, y se aplica más calor, para que la gravedad estire el vidrio. Incluso se llegan a colocar pesas en la parte inferior. En todo momento la tensión de la fibra debe estar controlada para que no sufra daños.

Ya que se obtiene el diámetro deseado el vidrio se introduce en una capa acrílica, que brindará protección. Para finalizar se introduce en un cable, para su comercialización y almacenaje en bobinas de distintas longitudes como se puede ver en la figura 2-4. (Blog Ingeniería, 2020)

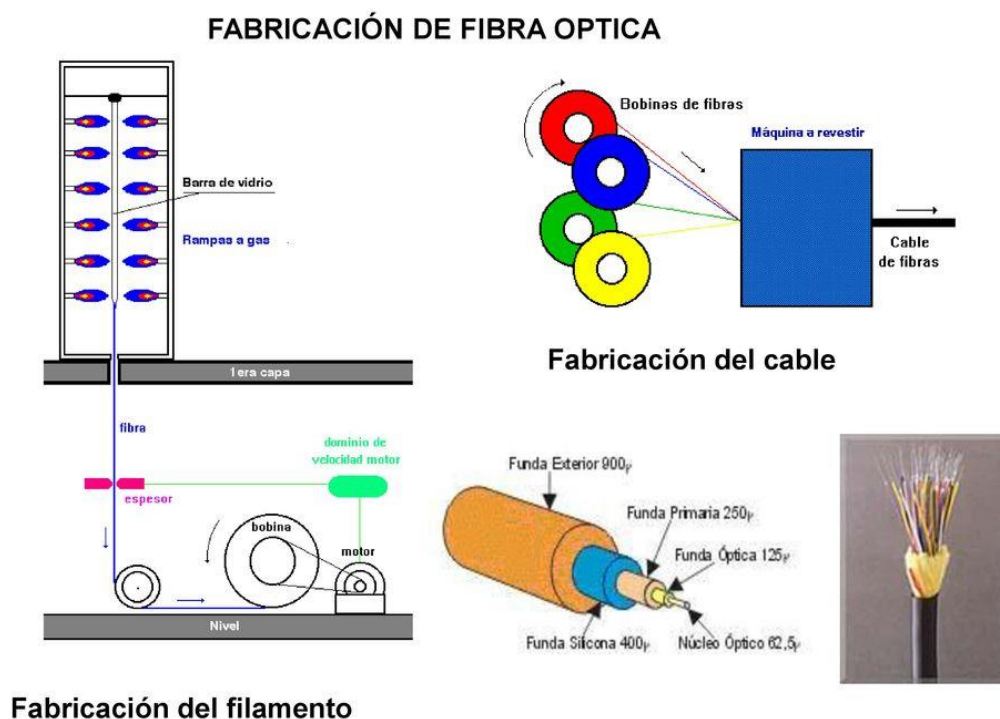


Figura 2-4 Fabricación Fibra Óptica  
Fuente: (Slideplayer, 2021)

### 2.1.3. Modelos de Fibra Óptica

Fibra ADSS la cual tiene la característica de ser auto soportada para los tendidos, “El cable de fibra óptica ADSS (All Dielectric Self Supported, completamente dieléctrico y auto soportado) está diseñado para la instalación aérea entre postes, evitando la necesidad de cables guía.

Los cables ADSS ofrecen la resistencia a la tracción necesaria en este tipo de instalaciones gracias a la aramida, un material que aporta excelentes propiedades mecánicas de tracción, manteniendo un peso muy ligero.” (TELNET, 2020). Existen algunos parámetros que se deben considerar par el uso de este tipo de fibra los cuales son el Vano, Catenaria, soporte de estrés en condición climática. Se puede observar el cable ADSS en la figura 2-5.

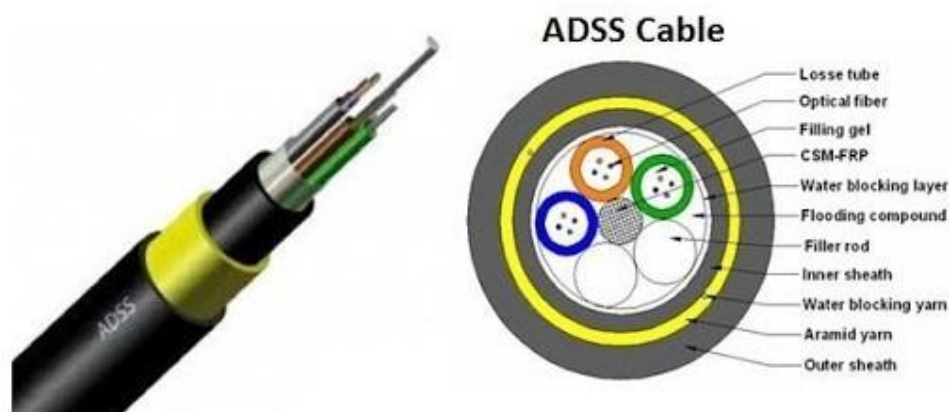


Figura 2-5 Cable de Fibra Óptica ADSS  
Fuente: (mlstatic, 2020)

El recubrimiento de la Fibra Óptica externo es de HDPE (Polietileno de alta densidad) tiene una vida útil promedio de 50 años antes de su descomposición el cual es un material amigable con la naturaleza por su composición, tiene una excelente resistencia térmica y química, es flexible inclusive a bajas temperaturas lo cual ayuda a que una vez sumergido el cable en agua tenga la capacidad de moverse en función de la corriente.

Además, posee varios recubrimientos los cuales lo hacen un medio de transmisión perfecto para uso dentro de agua.

*Fibra Óptica figura 8* es un cable auto soportado con mensajero externo el cual está diseñado para tendidos aéreos entre postes, estos cables tienen las propiedades “Los cables F8 son de gran resistencia a la tracción, construidos mecánicamente con más resistencia que otros cables convencionales y a su vez igualmente ligeros para mantener la eficacia de tendido entre vanos.” y “El Cable *Fibra Óptica figura 8* Auto soportado está diseñado con un cable de acero adherido al propio cable de fibra Óptica. De estructura holgada con recubrimiento en 250µm, elementos de tracción guía de acero y cubierta PE (Polietileno).” (Silexfiber, 2014). Se puede observar el cable *Fibra Óptica figura 8* en la figura 2-6.

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

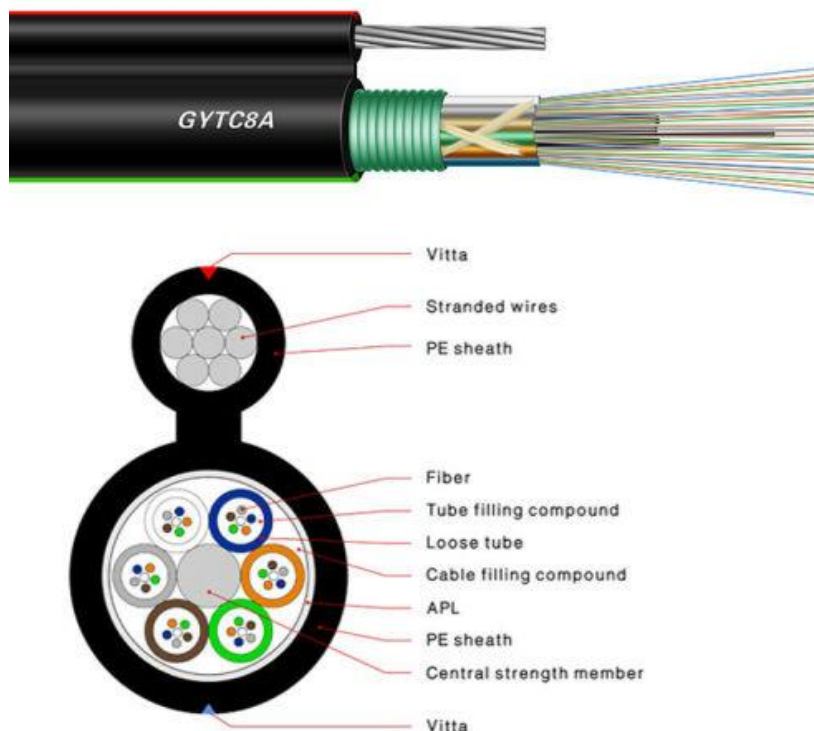


Figura 2-6 Cable Fibra Óptica Figura 8

Fuente: (Shenzhen Hanxin Communication Optical Fiber Cable Co., Ltd., 2020)

Fibra óptica submarina a diferencia de los cables aéreos es un tipo de cable con mayores recubrimientos y rigidez lo cual lo hace mucho más robusto para tener una resistencia ante el agua y que no existan degradaciones en el mismo, se puede utilizar tanto con o sin repetidores. Para este tipo de cables la UIT ha especificado una gran cantidad de lineamientos a seguir como son el coeficiente de atenuación, la longitud de onda, el índice de refracción, el coeficiente de dispersión, etc. (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2006)

#### 2.1.4. Fibra DROP 2 Hilos

Dentro de este tipo de fibra óptica podemos observar que tiene distintos componentes como son dos hilos de fibra, 1 de color azul y 1 de color naranja de tipo G.657A2, los cuales tienen una membrana rígida que sirve de guía y un recubrimiento, adicional la fibra Drop cuenta con un mensajero con una guía de acero más reforzada como se puede ver en la figura 2-7.

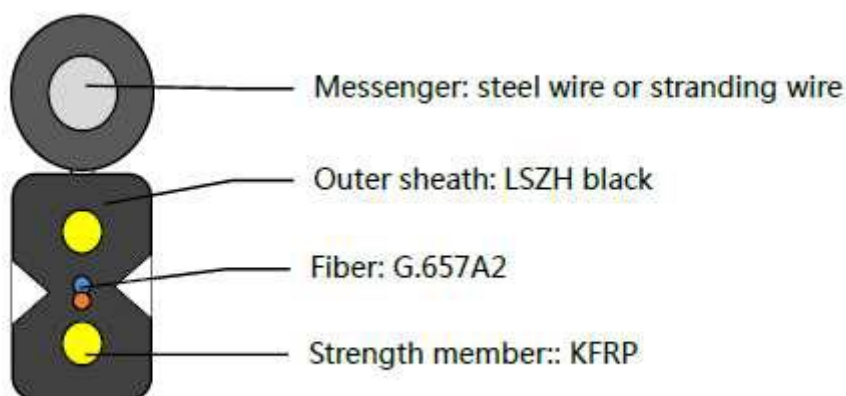


Figura 2-7. Fibra Drop 2 Hilos

Las especificaciones de la fibra óptica G.657A2 se las puede observar en la tabla 2-3.

ÍTEM		DESCRIPCIÓN
1.1	Número de hilos	2 hilos - 250 µm
1.2	Vano	Soporta vanos de más de 80 metros
1.3	Norma	ITU-T G.657A2
1.4	Tipo de Fibra	Monomodo
1.5	Chaqueta Exterior	Fabricada en color negro de tono homogéneo con material Low Smoke Zero Halogen LSZH.
1.6	Configuración	Drop FTTX – Aéreo plano – 5mm (con mensajero)
1.7	Flecha Máxima (SAG)	Instalación aérea: hundimiento máximo de 1% (SAG)
1.8	Elemento de tracción (mensajero)	Alambre de acero galvanizado
1.9	Hilo de Fibra Óptica	Fabricado en base de silicio bajo la norma G.657A2 y pintado con los colores azul y naranja conforme el estándar EIA / TIA 598
1.10	Elementos de Refuerzo	Dos elementos paralelos a lo largo del cable fabricadas con plástico reforzado con fibra de vidrio (KFRP)
1.11	Peso nominal del cable	21 kg/km
1.12	Protección de la cubierta externa	Dispone de aditivos para proveer una protección contra los rayos UV y no promover el crecimiento de hongos.

1.13	<p>Se realiza la marcación de la bobina de cable conforme lo requerido por el cliente, pudiéndose marcar con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre del cliente</li> <li>• Nombre del fabricante.</li> <li>• Número de carrete.</li> <li>• Sentido de rotación de la bobina.</li> </ul> <p>Adicionalmente, se inserta una tarjeta grabada mínimo con la siguiente información y de acuerdo con lo requerido por el cliente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud neta en metros.</li> <li>• Marcación inicial, final y secuencial del cable que contiene la bobina.</li> <li>• Número y tipo de fibras.</li> <li>• Peso del cable y del carrete.</li> <li>• Número de identificación de la bobina.</li> <li>• Fecha de envío.</li> <li>• Código del material propio del cliente.</li> <li>• Se coloca una tarjeta plástica que contenga recomendaciones de manipulación correcta de la bobina.</li> </ul>		
2.1	Atenuación	@1260nm	≤0.47 dB/km
		@1310nm	≤0.40 dB/km
		@1383nm	≤0.40 dB/km
		@1550nm	≤0.30 dB/km
		@1625nm	≤0.40 dB/km
2.2	Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{o\text{mín}}$ y $\lambda_{o\text{máx}}$	1300 nm y 1324 nm
		$S_o$	≤0.092 ps/nm <sup>2</sup> ·km
2.3	Diámetro del campo modal (MFD) a 1310 nm		8.6 – 9.5µm ±0.4µm
2.4	PMD (Polarisation Mode Dispersion)	Máximo para fibra en el carrete	0.20ps/√km
2.5	Longitud de onda de corte $\lambda_{cc}$ (nm)		≤1260 nm
2.6	Perdida de macro flexión @1550nm (10 vueltas sobre un radio de 15mm)		≤ 0.03dB
2.7	Perdida de macro flexión @1625nm (10 vueltas sobre un radio de 15mm)		≤ 0.1dB
2.8	Pruebas de estrés		≥0.69 GPa

Tabla 2-3 Data Sheet FO 2 Hilos

Características Geométricas se puede observar en la tabla 2-4.

ITEM	Atributo	Valores
3.1	Diámetro del revestimiento:	125±0.7µm
3.2	Error de No circularidad del revestimiento:	≤1%
3.3	Error de concentricidad del núcleo:	≤0.5µm
3.4	Diámetro exterior (con mensajero)	2mm ± 0.3mm x 5mm ± 0.2mm

Tabla 2-4 Características Geométricas FO 2 Hilos

Características Mecánicas se puede ver en la tabla 2-5.

	Atributo	Valores
4.1	Tensión de Prueba:	≥0.69GPa (100kpsi)
4.2	Tensión de carga (short term)	≥600N
4.3	Longitud del cable de la bobina:	1000 metros +2%, o en la cantidad que el cliente lo requiera.

Tabla 2-5 Características Mecánicas FO 2 Hilos

Temperatura - Otras características se puede observar en la tabla 2-6.

ITEM	Atributo	Valores
5.1	Rango de Temperatura de Operación.	-40°C a +60°C
5.2	Rango de Temperatura de Almacenamiento.	-40°C a +60°C
5.3	Rango de Temperatura de Instalación.	-20°C a +60°C
5.4	Tiempo mínimo de Vida útil del Cable.	20 años.

Tabla 2-6 Características Varias FO 2 hilos

#### Identificación externa del cable

Esta identificación externa es muy importante y se realiza en base a la solicitud y disposición del cliente con las especificaciones e información que deba llevar la chaqueta del cable.

Por lo general se graba en intervalos de 1 metro, de forma indeleble con la suficiente resistencia a la abrasión mecánica, grabado y pintado de color blanco: el nombre del cliente, código de fabricación del cable, código de identificación de la bobina, marcación en secuencia en metros iniciando en cero hasta la longitud total del cable en la bobina, cantidad y tipo de fibras ópticas, año de la fabricación y nombre del fabricante.

## Características de las bobinas de cable

Las bobinas de cable son fabricadas con madera, en una construcción robusta, con suficiente resistencia mecánica para que no causen daños en el cable al momento del transporte e instalación, las mismas están impregnadas con compuestos no tóxicos para asegurar su integridad física.

### 2.1.5. DWDM

La tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) combina múltiples longitudes de onda en una sola fibra óptica. Esta técnica permite una mejor utilización de la fibra, ya que aumenta la capacidad de la fibra en un factor de 16-96 y permite construir redes ópticas eficaces. (PacketLight, 2021)

Dentro de la fibra monomodo se puede usar la tecnología DWDM la cual realiza un multiplexado denso por división de longitud de onda, se usa bajo la longitud de onda de 1550nm y permite incrementar la capacidad de la transmisión de los datos como dice (Caizaluiza, 2009) “la fibra monomodo permite transmitir múltiples señales a diferentes longitudes de onda por un mismo medio”, mediante esta tecnología los enlaces son capaces de transmitir 10, 40, 100, 200 y 400 Gbit/s. En la figura 2-8 se puede observar una división mediante DWDM.

En la tecnología WDM, cada canal es transparente a la velocidad y al tipo de datos. Cualquier combinación de Ethernet, SAN, OTN, SONET / SDH y servicios de video nativos se puede transmitir simultáneamente a través de una sola fibra o par de fibras. Hay dos tipos de tecnologías WDM: DWDM (multiplexación por división de longitud de onda densa) y CWDM (multiplexación por división de longitud de onda gruesa). Cada tecnología tiene características que se adaptan a diferentes entornos, redes y requisitos de los usuarios. (PacketLight, 2021)

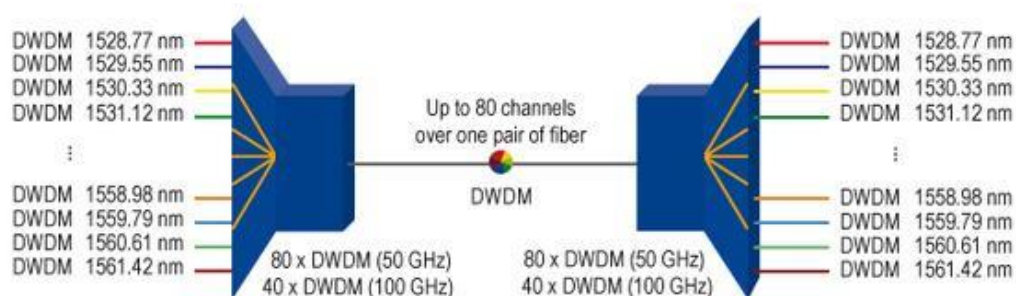


Figura 2-8 DWDM  
Fuente: (Pan Dacom Direkt, 2020)

El multiplexor / demultiplexor óptico (mux / demux) admite de 4 a 96 canales DWDM en la fibra, con espaciamiento de 50GHz, 75GHz y 100GHz, según los estándares de salida.

## 2.1.6. SDH

La transmisión digital, denominada SDH (Synchronous Digital Hierachy) o JDS (Jerarquía Digital Síncrona) en Europa, y SONET (Synchronous Optical NETwork) en Norte América. Este estándar especifica velocidades de transmisión, formato de las señales (tramas de 125 microsegundos), estructura de multiplexación, codificación de línea, parámetros ópticos, etc.; así como normas de funcionamiento de los equipos y de gestión de red.

El estándar SDH parte de una señal de 155,5 Mbps denominada módulo de transporte síncrono de primer nivel o STM-1. La compatibilidad con PDH (jerarquía digital plesiócrona) es garantizada mediante distintos contenedores: C-11 para señales de 1,5 Mbps, C-12 para 2 Mbps, C-2 para 6,3 y 8 Mbps, etc; como se muestra en la Figura 2-9. Los restantes STM-N se obtienen mediante el entrelazado de bytes de varias señales STM-1.

En la actualidad se encuentran normalizados los valores de: STM-4 (622,08 Mbps), STM-16(2.488,32 Mbps) y STM-64 (9.953,28 Mbps). En SONET, que puede considerarse un subconjunto de SDH, se parte de una velocidad de transmisión de 51,840 Mbps.

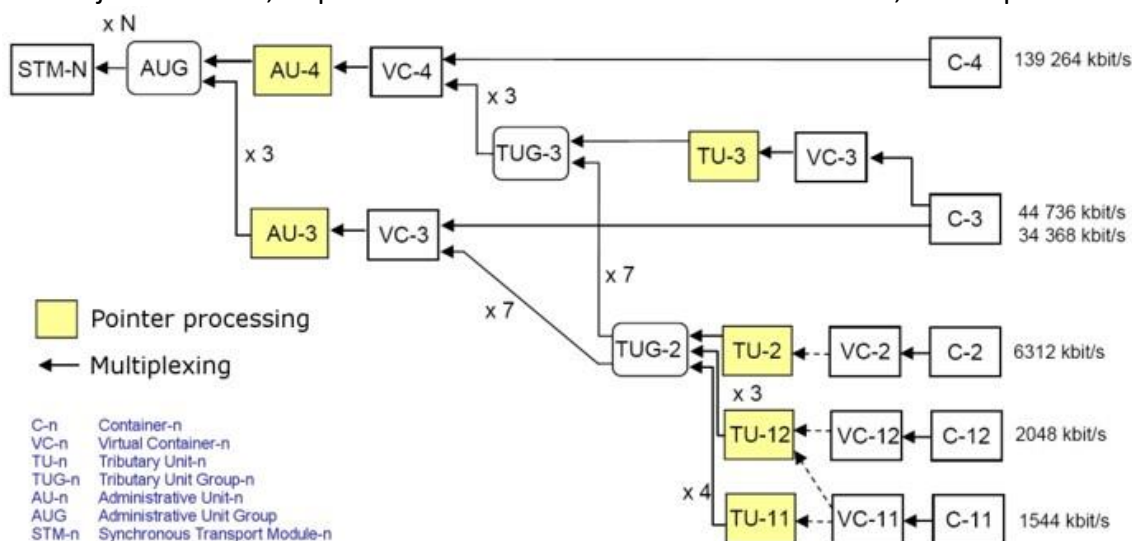


Figura 2-9 Multiplexación SDH

Fuente: (Salvador, 2018)

En la tabla 2-7 podemos observar las jerarquías de velocidad en SDH

NIVELES SDH	Bit rate en Mbps
STM-1	155.520
STM-4	622.080
STM-16	2488.320
STM-64	9953.28

Tabla 2-7 Jerarquía SDH

Fuente: (Salvador, 2018)

El flujo básico es el STM-1 con una velocidad de 155,520 Mbps. A partir de este flujo, los flujos superiores se forman multiplicando por 4, 16 y 64 dando lugar a los flujos STM-4, STM-16 y STM-64 respectivamente. (Salvador, 2018)

### 2.1.7. NODOS

#### Nodo Estándar

A continuación, se detallan las diferencias como entre un nodo estándar y un nodo poste. Los nodos tipo estándar son aquellos que tienen las siguientes características: racks, bancos de baterías, Generadores, equipos de distribución, routers, switch, etcétera, como se puede ver en la tabla 2-8 y un ejemplo de un nodo estándar en producción en la figura 2-10:

ELEMENTOS INTERNOS DEL NODO
PLANO DEL NODO
ALTURA DEL NODO 2,30M O SUPERIOR
PANEL DE BREAKER EMPRESA ELECTRICA
PANEL DE BREAKER UPS A
PANEL DE BREAKER UPS B
AIRE ACONDICIONADO INSTALADO CUANDO AMERITE Y LA TEMPERATURA DEL SENSOR DEL OLT SEA 45° C
DISTANCIA DE LOS RACKS DESDE LA PARED PARA MOVILIDAD DEL TECNICO
CABLE ACOMETIDA #8 O MAYOR CALIBRE
BREAKER PRINCIPAL 40 AMPERIOS O SUPERIOR
MEDIDOR MONOFÁSICO 220V
2 TOMAS ELÉCTRICAS DE UPS POR RACK
1 TOMAS ELÉCTRICAS DE EMPRESA ELÉCTRICA POR RACK
UPS A INSTALADO
BATERIAS UPS A CONECTADO CON CONECTOR ESPECIAL
MONITOREO UPS A
UPS B INSTALADO
BATERIAS UPS B CONECTADO CON CONECTOR ESPECIAL
MONITOREO UPS B
CAPACIDAD DE UPS A DE 1.5KVA O SUPERIOR
CAPACIDAD DE UPS B DE 1.5KVA O SUPERIOR
BANCO DE BATERIAS -48DC PARA OLT HUAWEI
CAJA DC PARA OLT HUAWEI Y BREAKER DE PROTECCION
CONEXIÓN DEL BANCO DC Y OLT HUAWEI
CABLE PARA TOMA DE EMPRESA ELÉCTRICA # 12 O MAYOR CALIBRE
CABLE PARA TOMA DE UPS # 14 O MAYOR CALIBRE
SERVICIO WIFI EN EL NODO
CÁMARAS DE VIDEO SEGURIDAD INSTALADO
CÁMARAS DE VIDEO SEGURIDAD MONITOREADO
CANDADO INTELIGENTE
ESCALERRILLA DE INGRESO DE FIBRA

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

ESCALERILLA AÉREA INSTALADA
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
VOLTAJE NEUTRO TIERRA MENOR A 1 VOLTIO
ILUMINACION EN EL NODO
ORGANIZADORES DE RACK CON TAPA
BANDEJAS INSTALADAS
MULTITOMAS
ATS
EXTINTOR
SEÑALÉTICA
DESFOGUE DE GASES GENERADOR
RACKS ATERRIZADOS

Tabla 2-8 Elementos del nodo Estándar

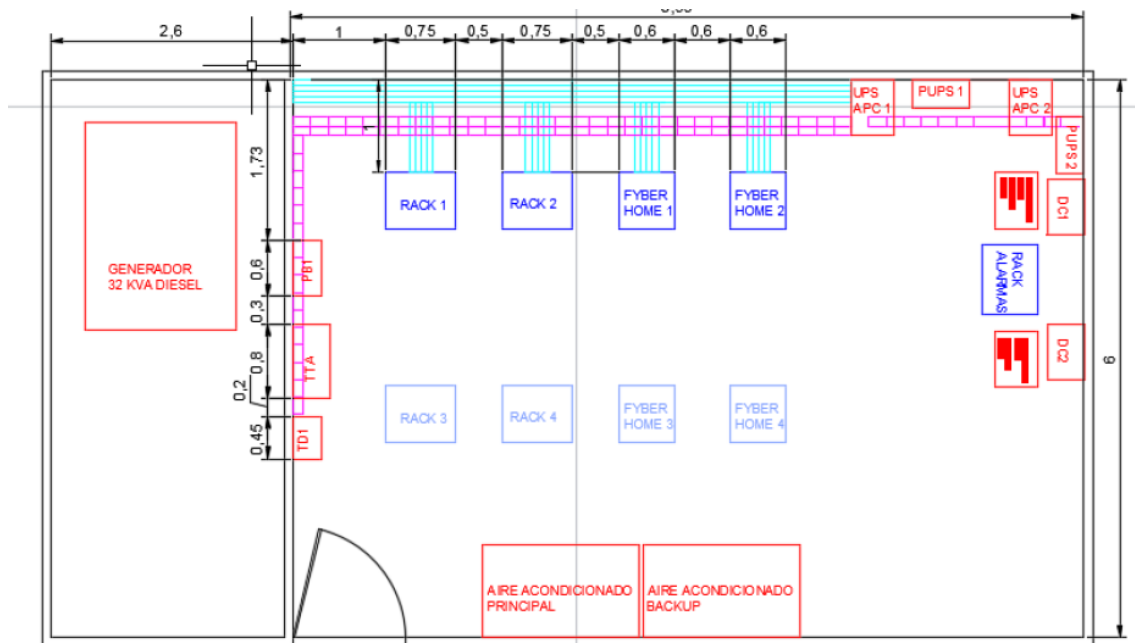


Figura 2-10 Ejemplo de Nodo Estándar

Los siguientes elementos encontramos en un nodo tipo estándar:

- Fiber Home
- Cargadores 48VDC
- Bancos de baterías 48VDC
- UPS 1,5KVA, 3 KVA, 6 KVA o 10KVA.
- Banco baterías 48VDC
- Generador Estacionario
- Tablero de Transferencia Automática
- Aires acondicionados

Podemos ver la ubicación de algunos equipos en la figura 2-11.



*Figura 2-11 Ubicación de equipos*

Existen ciertas consideraciones para implementar un nodo estándar que son las siguientes:

- La altura del nodo no debe ser menor a 2.30 metros, el rack mide de altura 2.10 y con la bajante que escalerilla aérea aproximadamente 20cm. La instalación de la escalerilla aérea por donde pasa la fibra óptica debe ser colocada a una altura aproximada de 2.30m pegada a la pared posterior del Rack o anclada al techo con soportes para escalerilla. Conecta desde el ingreso de la fibra a cada uno de los racks.
- El calibre de acometida eléctrica debe ser 1/0.
- El breaker principal que se coloca en un nodo SDH/DWDM es de 100 amperios como mínimo y el breaker que se utiliza para la toma de Empresa eléctrica que se coloca en un nodo es de 20 amperios. El breaker que se utiliza para la toma de UPS es de 10 amp o 20 amp.

A continuación, podemos ver el diagrama unifilar de la conexión eléctrica de un nodo estándar en la figura 2-11.

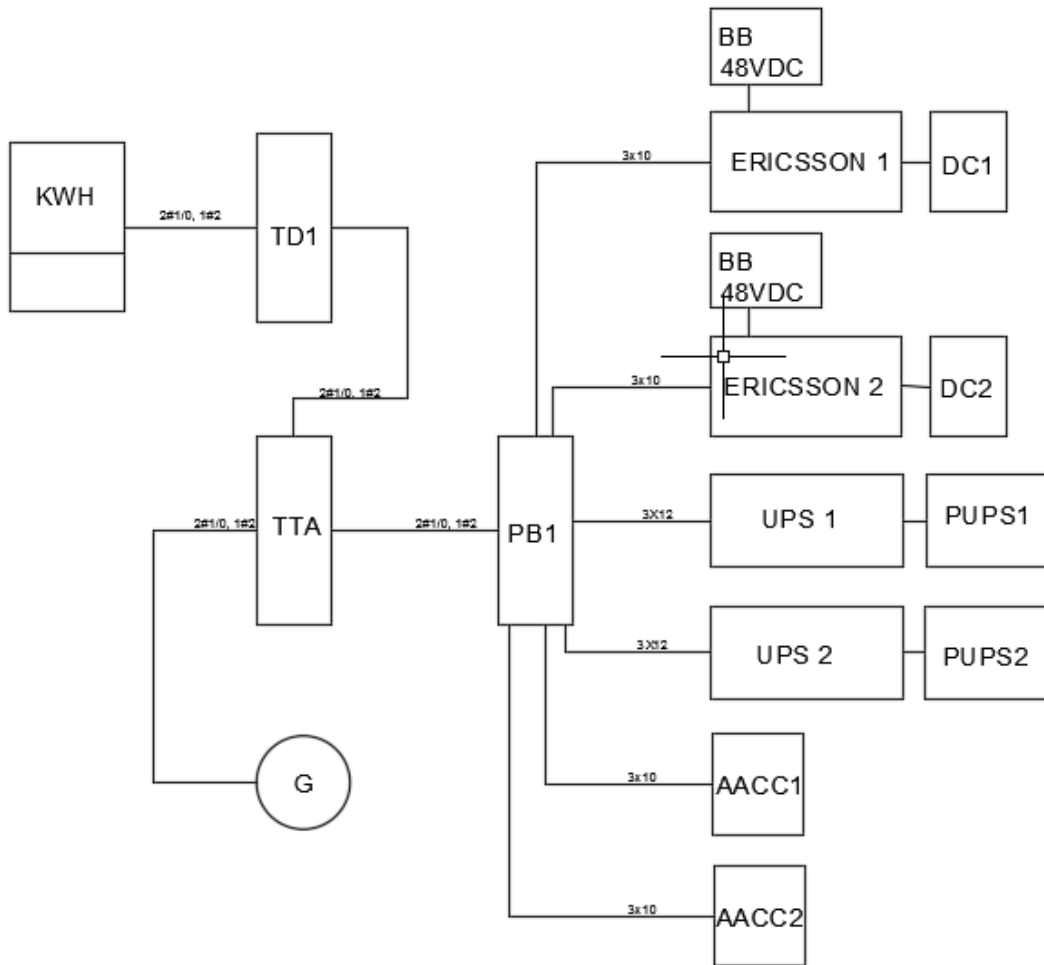


Figura 2-12 Diagrama Unifilar Conexión Eléctrica

## Nodo Poste

Este tipo de nodos se los puede encontrar ubicados en postes, dentro de estos nodos existen diferentes elementos como son un Banco de baterías UPS para darle respaldo de energía a los equipos en caso de falla en la energía eléctrica con una autonomía de 2:30 a 3:30 horas de respaldo, un Packet Light para cuando se tenga distancias muy alejadas y necesidad de gran capacidad, un ODF para la conexión de puertos de Fibra Óptica y GPON, un ONT para el monitoreo y un OLT para proveer servicio masivo.

Se puede ver un pre diseño de los nodos tipo poste y su tamaño en la figura la figura 2-13, así como sus componentes en la figura 2-14.

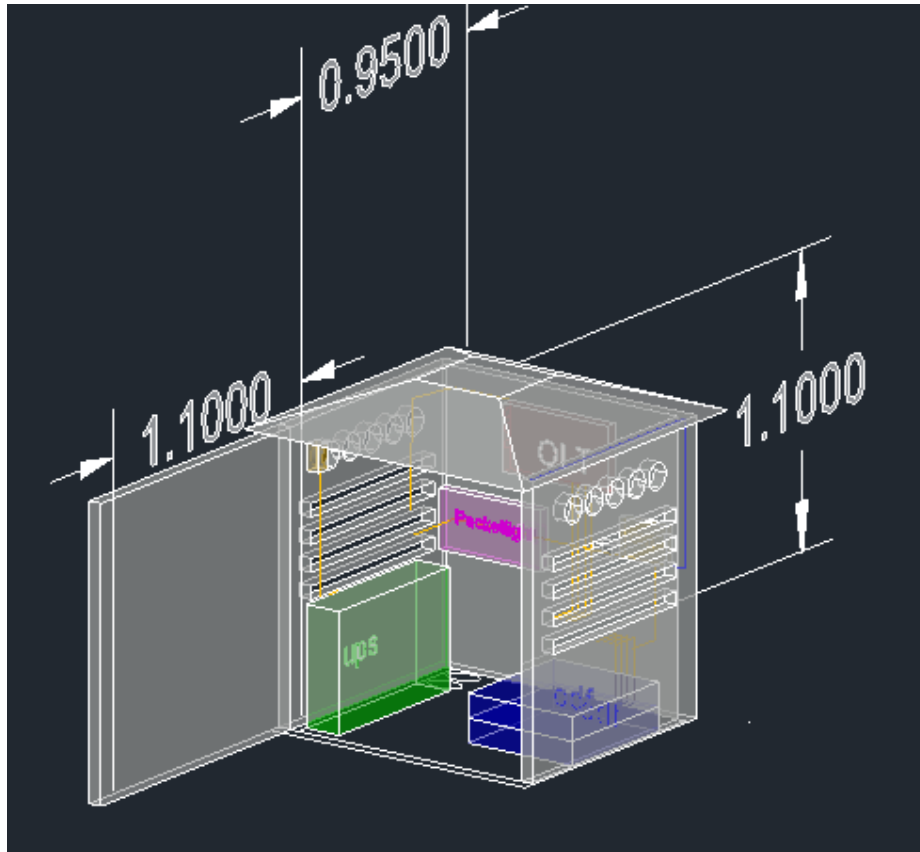


Figura 2-13 Diagrama de Mini Nodo

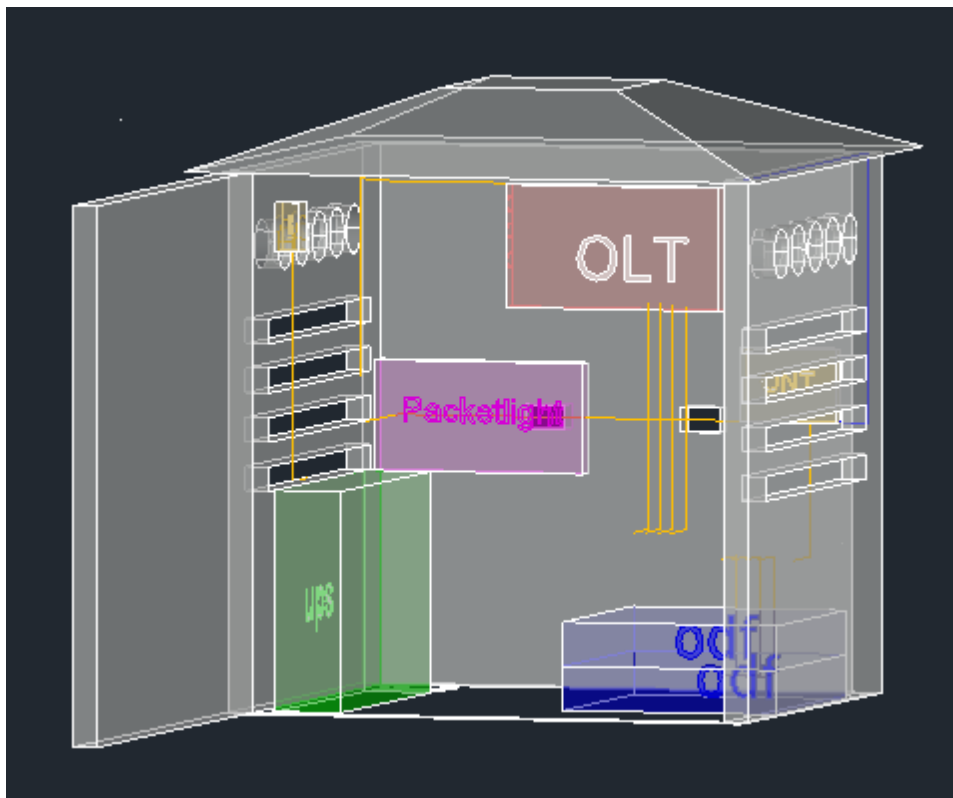


Figura 2-14 Ubicación de equipos Mini Nodo

Se puede ver en la figura 2-15 la implementación del nodo poste para pruebas de funcionamiento las cuales se realizaron con éxito para proveer de servicio GPON en los puntos alejados.



Figura 2-15 Implementación Nodo Poste

## 2.2. WiFi

WiFi es un medio de conexión inalámbrico el cual la mayoría de los dispositivos actualmente poseen con esto se puede garantizar un acceso a Internet en zonas rurales, WiFi trabaja bajo el estándar IEEE 802.11 el cual especifica los protocolos que permiten la comunicación entre dispositivos, existen los siguientes tipos de redes inalámbricas:

### 2.2.1. TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS

- WPAN (Wireless Personal Area Network) redes personales de baja potencia con rango de cobertura entre 7 y 10 metros Se basa en estándar IEEE 802.15 bluetooth, ZigBee Trabaja en la banda de los 2.4 GHz.
- WLAN (Wireless Local Area Network) el rango de cobertura de hasta 100 metros, basada en estándar 802.11 y bandas 2.4 GHz y 5 Ghz.
- WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) Abarca una ciudad entera basadas en estándar IEEE 802.16. Se usan bandas licenciadas.
- WWAN (Wireless Wide Area Network) Abarca países, regiones enteras, incluso todo el mundo. Se usan bandas licenciadas. (Silva, 2020)

### 2.2.2. WiFi 6

WiFi 6 se basa en el estándar IEEE 802.11 ax, el cual provee capacidad, eficiencia, cobertura y rendimiento para los dispositivos que demandan una alta conexión WiFi en bandas de 2.5GHz y 5GHz.

Destaca la calidad de conexión y garantiza un alto ancho de banda con cientos o miles de dispositivos conectados como pueden ser usados en estadios o calles transitadas. WiFi 6 garantiza que cada dispositivo conectado va a tener un rendimiento óptimo, así mismo garantiza una alta seguridad e interoperabilidad con bajo consumo, capaz de incluir IoT.

WiFi Alliance ha nombrado a partir del WiFi 4 en adelante por los nuevos nombres con los que se conocerá los estándares para que no haya confusiones, los nombres del WiFi 3 no han sido aprobados, pero se puede tener una idea de cómo serán en de ser el caso. (Alliance, Wi-Fi org, 2021)

<b>NUEVO NOMBRE</b>	<b>ANTIGUO NOMBRE</b>
WiFi 6	802.11 ax
WiFi 5	802.11 ac
WiFi 4	802.11 n
WiFi 3	802.11 g
WiFi 2	802.11 b
WiFi 1	802.11 a

*Tabla 2-9 Nombres WiFi*  
Fuente: (Penalva, Xacata, 2021)

### Ventajas

OFDMA: Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal, gestiona una compartición de canales eficiente y una menor latencia tanto para bajada como subida de información en entornos de alta demanda.

Multi usuarios: MU-MIMO múltiples entradas y salidas, además de habilitar a los AP para manejo simultaneo de dispositivos.

Canales de 160 Mhz para mayor capacidad y menor latencia.

TWT tiempo de habilitación de dispositivo, mejora la eficiencia de la red y así como la batería del dispositivo para IoT.

Modulación 1024-QAM incrementa la capacidad en emergencias, incrementa la capacidad de codificación para mayores transferencias en el mismo ancho de espectro. Beamforming mejorado para incrementar la capacidad de la red.

### 2.3. Herramientas de uso

Mediante programas como Google Earth y Arcgis se realizará un estudio de factibilidad para definir la ruta óptima para el despliegue de la Fibra Óptica.

### **Google Earth**

Es un programa que permite viajar por todo el planeta a través de imágenes satelitales, planos, mapas y fotografías en 3D. Una oportunidad para observar la Tierra en forma deslumbrante y una herramienta de mucho valor para la enseñanza de la Geografía. Google Earth permite introducir el nombre de un hotel, colegio o calle y obtener la dirección exacta, un plano o vista del lugar. También se pueden visualizar imágenes vía satélite del planeta. Asimismo, ofrece características 3D como dar volumen a valles y montañas, y en algunas ciudades incluso se han modelado los edificios.

La forma de moverse en la pantalla es fácil e intuitiva, con cuadros de mando sencillos y manejables. Además, es posible compartir con otros usuarios enlaces, medir distancias geográficas, ver la altura de las montañas, ver fallas o volcanes y cambiar la vista tanto en horizontal como en vertical.

Google Earth también dispone de conexión con GPS (Sistema de Posicionamiento Global), alimentación de datos desde fichero y base de datos en sus versiones de pago. También tiene un simulador de vuelo de Google Earth bastante real con el que se puede sobrevolar cualquier lugar del planeta. (ECURED, 2019)

### **ARCGIS**

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios.

ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como Smartphone y equipos de escritorio, así como una amplia vinculación con diferentes aplicativos como se puede ver en la figura 2-16.



Figura 2-16 Diagrama Ilustrativo Arcgis

Si hace tiempo que utiliza ArcGIS, es posible que piense en el producto como una serie de programas de software y herramientas que le permiten realizar trabajo SIG profesional. Como la tecnología va evolucionando, le invitamos a ampliar la visión del funcionamiento del mundo con información geográfica tomando como base el sistema ArcGIS.

Se puede pensar en el sistema ArcGIS como en una infraestructura para elaborar mapas y poner la información geográfica a disposición de los usuarios dentro de un departamento, por toda una organización, entre varias organizaciones y comunidades de usuarios o en Internet, para cualquier usuario interesado en acceder a ella.

Personas de miles de organizaciones de muchos sectores diferentes emplean ArcGIS en una variedad de aplicaciones, entre las que se incluyen de planificación y análisis, administración de activos, comprensión del funcionamiento de las operaciones, operaciones de campo como inspección móvil e implementación de respuestas, investigación de mercado, administración de recursos, logística, educación y divulgación. En general, las personas utilizan ArcGIS porque les permite:

- Resolver problemas
- Tomar mejores decisiones
- Planificar adecuadamente
- Utilizar los recursos más eficientemente
- Anticipar y administrar los cambios
- Administrar y ejecutar las operaciones de forma más eficaz
- Promocionar la colaboración entre equipos, disciplinas e instituciones
- Aumentar la comprensión y los conocimientos
- Comunicar de forma más efectiva
- Educar y motivar a otros

### 2.3.1. Software de red

Para simular los enlaces de fibra óptica a implementar se realizará mediante el programa OptiSystem el cual nos permite revisar valores de la potencia de la señal mediante Power Meter, medidores en el dominio del tiempo, osciloscopio digital y un visualizador de Bit Error Rate (BER), en el cual podemos observar la calidad de enlaces a la salida y pérdidas que puedan llegar a tener.

Dicho programa fue creado para abordar las necesidades de científicos investigadores, ingenieros de telecomunicaciones ópticas, integradores de sistemas, estudiantes y una amplia variedad de otros usuarios, OptiSystem al ser una herramienta fácil de usar satisface la demanda del mercado de simulación de enlaces de fibra óptica, algunas de las características se muestran a continuación:

- Diseños de redes ópticas que incluyen OTDM, anillos SONET/SDH, CWDM, DWDM, PON, cable, OCDMA
- Transmisión monomodo/multimodo
- Óptica de espacio libre (FSO), Radio sobre fibra (ROF), OFDM (directa, coherente)
- Amplificadores y láseres (EDFA, SOA, Raman, híbrido, optimización GFF, láseres de fibra)
- Procesamiento de señales (eléctrico, digital, totalmente óptico)
- Diseño de subsistemas de transmisor y receptor (directo/coherente)
- Formatos de modulación (RZ, NRZ, CSRZ, DB, DPSK, QPSK, DP-QPSK, PM-QPSK, QAM-16, QAM-64)
- Análisis de rendimiento del sistema (diagrama de ojo/factor Q/BER, potencia de señal/OSNR, estados de polarización, diagramas de constelación, penalizaciones lineales y no lineales) (Optiwave, 2022)

### 2.3.2. Software de cobertura WiFi

Para verificar la cobertura se lo realizará con el programa Cisco Prime Infrastructure el cual nos permite colocar un mapa base, las interferencias y obstáculos que se puede tener y realizar una simulación de un mapa de calor en función a la cobertura que se desea cubrir.

Cisco Prime Infrastructure simplifica la gestión de redes inalámbricas y cableadas. Ofrece aprovisionamiento desde el día 0, así como garantía en el día N desde el punto de la sucursal hasta el centro de datos, a esto lo llamamos One Management. Con esta vista y punto de control únicos, puede aprovechar los beneficios de One Management tanto en la red como en la computación.

#### Características y capacidades

Cisco Prime Infrastructure sirve para simplificar y automatizar las tareas de administración mientras se aprovecha la inteligencia de sus redes Cisco. Las características y capacidades del producto ayudan a: (CISCO, 2022)

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

- Realice una gestión
- Consolidar Productos
- Administrar la red para la colaboración móvil
- Simplifique la gestión de WAN inteligente
- Extiende la gestión al centro de datos
- Acelere el tiempo de obtención de valor con paquetes de dispositivos y tecnología
- Escalabilidad



Figura 3-1. Puntos Frontera

PUNTO	LONGITUD TOTAL(km)	FO AEREA	FO FLUVIAL	TIPO CONEXIÓN	OBSERVACION	LATITUD	LONGITUD
TIGRE	396,19	83,19	313,00	URBANO	DEPENDE DE FO ANTERIOR	-2,119817	-76,049328
BALLESTEROS	242,36	-	242,36	URBANO	DEPENDE DE FO ANTERIOR	-0,9775	-75,295278
NASHIÑO	292,11	-	292,11	URBANO	DEPENDE DE FO ANTERIOR	-1,162528	-75,451222
YASUNI	218,09	-	218,09	URBANO	DEPENDE DE FO ANTERIOR	-0,9285	-75,451222
LOROCACHI	407,86	83,19	324,67	URBANO	DEPENDE DE FO ANTERIOR	-1,612694	-75,984611
TIPUTINI	186,59	-	186,59	URBANO		-0,785058	-75,529669
<b>TOTAL</b>	<b>1.743,20</b>	<b>-</b>	<b>1.576,82</b>				

Tabla 3-1 Extracto de análisis de puntos a implementar fibra óptica

Se realizará el análisis con el punto de El Tigre como se presenta en la tabla 3-1 provincia de Pastaza en la frontera de Ecuador con Perú al este de la ciudad de Puyo, para poder llegar a dicho punto se necesita aproximadamente 400 km de fibra óptica como se puede ver en la figura 3-2 de la cual 85 km son tendido aéreo en azul y 315 km son tendido fluvial en rojo que se puede observar en la figura 3-3.



Figura 3-2 Fibra Óptica El Tigre

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.



Figura 3-3 El Tigre tipo Fibra óptica

Para el tendido fluvial se debe instalar un nodo poste intermedio el cual será el nodo 2 y servirá como punto intermedio del enlace fluvial como se puede ver en la figura 3-4, esto debido a la longitud del enlace y para no afectar la calidad de la señal.

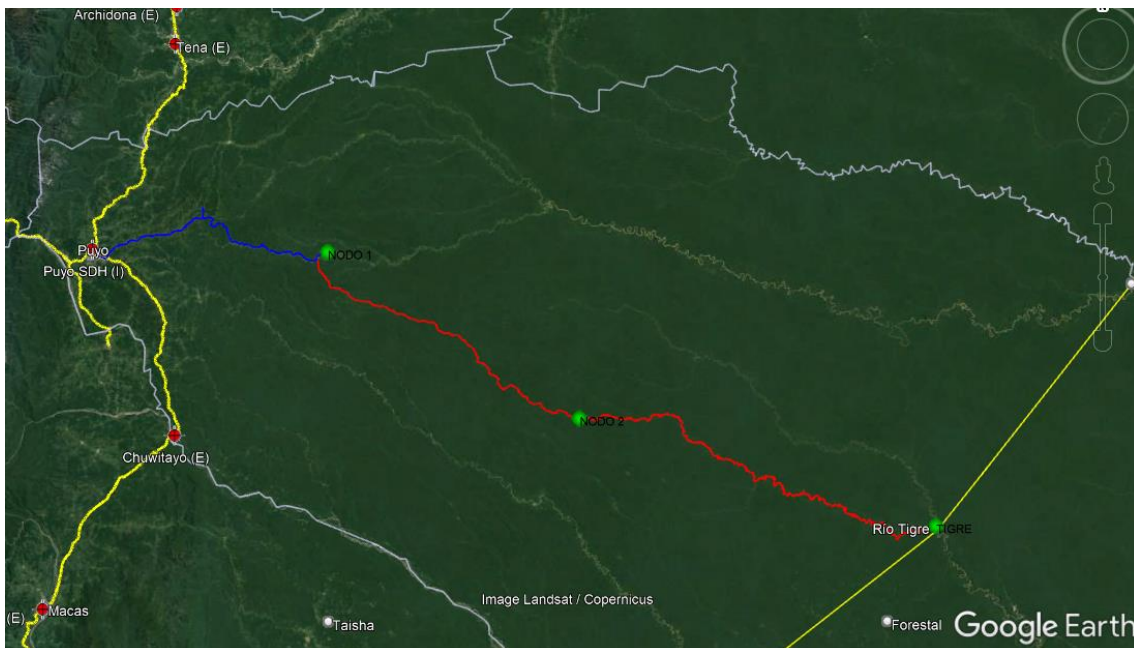


Figura 3-4 Ubicación de nodos punto El Tigre

### 3.2. Análisis de factibilidad de los puntos de Internet mediante WiFi

Se realizará el análisis para la cobertura WiFi con el programa Cisco Prime en el siguiente poblado que se muestra en la figura 3-5, en el cual se revisará el AP más óptimo y con mejores prestaciones para garantizar el servicio de conexión inalámbrica. Este poblado se encuentra a 120 km aproximadamente del nodo más cercano, el cual proveerá de un nodo intermedio para poder llegar al punto final sin afectar la calidad del enlace.



Figura 3-5 Áreas de cobertura WiFi

Se puede observar en la figura 3-6 el número de puntos y la colación de cada uno para dar una cobertura completa en las zonas que se necesita, sin afectar la calidad de los enlaces.

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.



Figura 3-6 Ubicación de los AP

En la tabla 3-2 se puede observar los APs que se colocaran, para esto se usara los AP1570E propietario de Cisco para proveer de servicio Wifi.

AP NUMERO	TIPO DE AP	MOD O AP	POSICION DESDE LA ESQUINA NW	802.11		ANGULO (GRADOS) AZIMUTH ANTENA		TRANSMISION DE POTENCIA (dBm)	
				a/n/ac	802.11 b/g/n	802.11 a/n/ac	802.11 b/g/n	802.11 a/n/ac	802.11 b/g/n
6	AP1570E	REAP	1410 ft E, 1296 ft S	AIR-ANT2547VG-N-5GHz	AIR-ANT2547VG-N-2.4GHz	90	90	20	15
10	AP1570E	REAP	1669 ft E, 1814 ft S	AIR-ANT2547VG-N-5GHz	AIR-ANT2547VG-N-2.4GHz	90	90	21	15
5	AP1570E	REAP	1394 ft E, 1112 ft S	AIR-ANT2547VG-N-5GHz	AIR-ANT2547VG-N-2.4GHz	90	90	20	15
8	AP1570E	REAP	2166 ft E, 939 ft S	AIR-ANT2547VG-N-5GHz	AIR-ANT2547VG-N-2.4GHz	90	90	19	15
9	AP1570E	REAP	2399 ft E, 1416 ft S	AIR-ANT2547VG-N-5GHz	AIR-ANT2547VG-N-2.4GHz	90	90	21	15
1	AP1570E	REAP	433 ft E, 469 ft S	AIR-ANT2547VG-N-5GHz	AIR-ANT2547VG-N-2.4GHz	90	90	23	15
7	AP1570E	REAP	1959 ft E, 1152 ft S	AIR-ANT2547VG-N-5GHz	AIR-ANT2547VG-N-2.4GHz	90	90	21	15
4	AP1570E	REAP	1211 ft E, 835 ft S	AIR-ANT2547VG-N-5GHz	AIR-ANT2547VG-N-2.4GHz	90	90	21	15
3	AP1570E	REAP	1074 ft E, 652 ft S	AIR-ANT2547VG-N-5GHz	AIR-ANT2547VG-N-2.4GHz	90	90	21	15
2	AP1570E	REAP	673 ft E, 395 ft S	AIR-ANT2547VG-N-5GHz	AIR-ANT2547VG-N-2.4GHz	90	90	20	12

Tabla 3-2 Simulación APs

El AP1570E que se lo ve en la figura 3-7 es capaz de soportar la intemperie sin problema y antenas desmontables con diferentes ganancias. El cual tiene las siguientes características:



Figura 3-7 AP1570E  
Fuente: (BOREALTECH, 2020)

- El punto de acceso Wi-Fi para exteriores de calidad de operador más avanzado
- Radios 802.11ac de doble banda (2,4 y 5 GHz)
- Máxima potencia de RF radiada permitida por la ley
- El único AP exterior 4x4 y 3 flujos espaciales de la industria
- Tasas de datos de RF WLAN de 1,3 Gbps (5 GHz)
- Tecnología de puerto de antena flexible de Cisco
- Enlace ascendente: fibra / SFP, GE, módem por cable
- DOCSIS3.0 con enlace de canales 24x8
- Energía: CA, CC, cable, UPOE, salida PoE (802.3at)
- Coexistencia 4G LTE
- Opción de módulo: protección de la inversión y garantía de futuro
- Diseño de perfil visual bajo
- Operación independiente o basada en controlador

El punto de acceso exterior Cisco Aironet serie 1570 es ideal para operadores de redes empresariales y de clase portadora que buscan ampliar la cobertura Wi-Fi en exteriores. Es el AP para exteriores de mayor rendimiento de la industria y es compatible con el último estándar Wi-Fi, 802.11ac, con velocidades de conexión de datos de hasta 1.3 Gbps. Este AP de grado industrial admite la tecnología de antena inteligente 4x4 de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) y tres flujos espaciales para un rendimiento óptimo.

El rendimiento medio del cliente es una función del protocolo 802.11, la intensidad de la señal del AP y la densidad del AP. El protocolo 802.11b, por ejemplo, puede admitir un rendimiento medio de usuario de hasta 6 MB / s; 802.11ay 802.11g puro pueden admitir un rendimiento de usuario promedio típico de hasta 20 MB / s; 802.11n puede admitir un rendimiento de usuario típico de hasta 30 MB / s (con densidades de radio razonables). Generalmente, cuanto más fuerte es la señal, mayor es el rendimiento del cliente.

Sin embargo, existe un punto por encima del cual una señal más fuerte no aumenta el rendimiento del cliente. Para las redes 802.11b, este punto suele ser de -75 dBm, por encima del cual el rendimiento medio del cliente es de 5 a 6,5 MB / s,

independientemente de un aumento en la intensidad de la señal. Para redes 802.11a y 802.11g puras, este punto suele estar entre -50 dBm y -60 dBm, por encima del cual el rendimiento promedio del cliente es de 24 a 27 MB / s independientemente de un aumento en la intensidad de la señal. Para 802.11n, este punto suele ser el mismo, pero el rendimiento medio del cliente es de 27 a 30 MB / s.

Hay que tener en cuenta que para 802.11a, 802.11g y 802.11n puros, el rango sobre el que mejora el rendimiento promedio del cliente está entre -80 dBm y -50 dBm. También es importante tener en cuenta que cuanto mayor sea la densidad de AP desplegados en un área determinada, mayor será la probabilidad de interferencia de AP a AP co canal.

Existen ciertos supuestos que son:

Las pautas de esta simulación se basan en las siguientes condiciones y suposiciones: Potencia de transmisión del terminal de datos del cliente (Tx):> = 15 dBm. Ganancia de la antena del terminal de datos del cliente:> = 0 dBi. Sensibilidad del receptor = -89.72 dBm @ 11/12 Mbps con una tasa de error de paquete del 10%. Piso de ruido ambiental = -85 dBm. Capacidad: hasta 15 terminales de cliente de datos o hasta 14 clientes de VoIP por AP.

Potencia de transmisión del terminal de datos del cliente (Tx):> = 15 dBm. Tiempos de traspaso: 37 milisegundos o menos para traspasos de Capa 2 (mismo controlador), 48 milisegundos o menos para traspasos de Capa 3 (entre controladores y subredes). Calidad de servicio: asignada por WLAN.

Los clientes de VoIP con QoS Gold tienen prioridad (más del 90% del ancho de banda) sobre los clientes con QoS Silver o Bronze.

Mapas de calor de cobertura WLAN Estos mapas muestran la cobertura WLAN codificada por colores en dBm (RSSI) en cada punto del mapa del piso. Esta información es útil para conocer la intensidad de la señal disponible en cada sección de una WLAN.

NOTA: Los AP con texto blanco en un rectángulo oscuro son AP en modo MONITOR

Intensidad de señal de RSSI

-35 dBm(Fuerte) -37 -39 -41 -43 -45 -47 -49 -51 -53 -55 -57 -59 -61 -63 -65 -67 -69 -71 -73 -75 dBm(Debil)

En la figura 3-8 se puede observar el mapa de cobertura RSSI para 802.11 a/n/ac

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

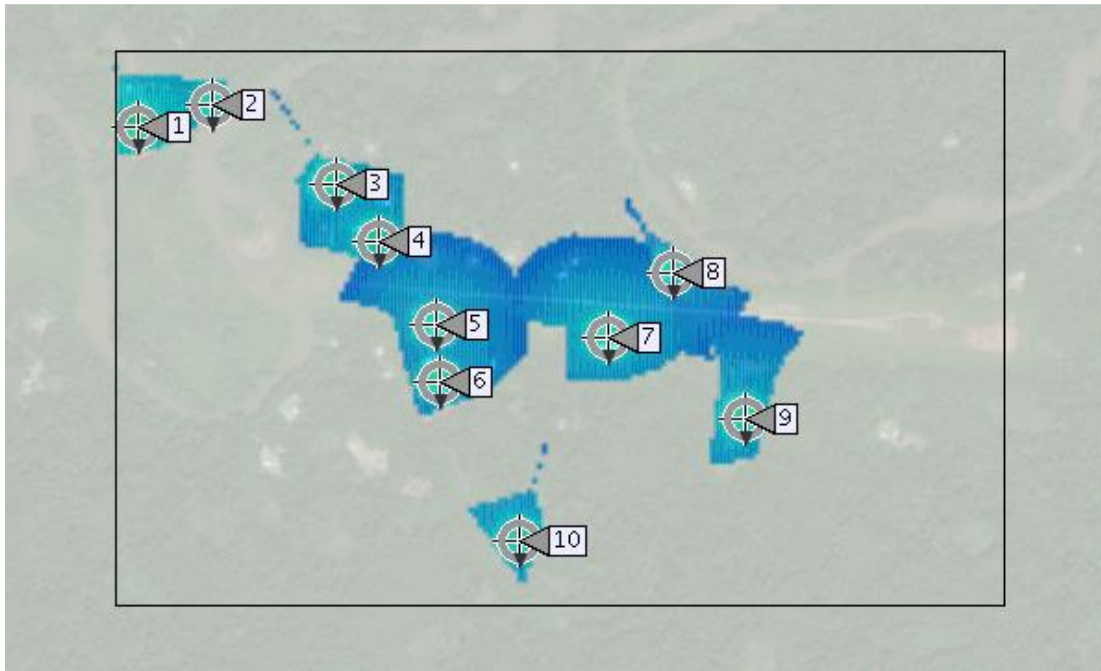


Figura 3-8 Mapa de cobertura de las zonas WiFi en 802.11 a/n/ac

En la figura 3-9 se puede observar el mapa de cobertura RSSI para 802.11b / g / n

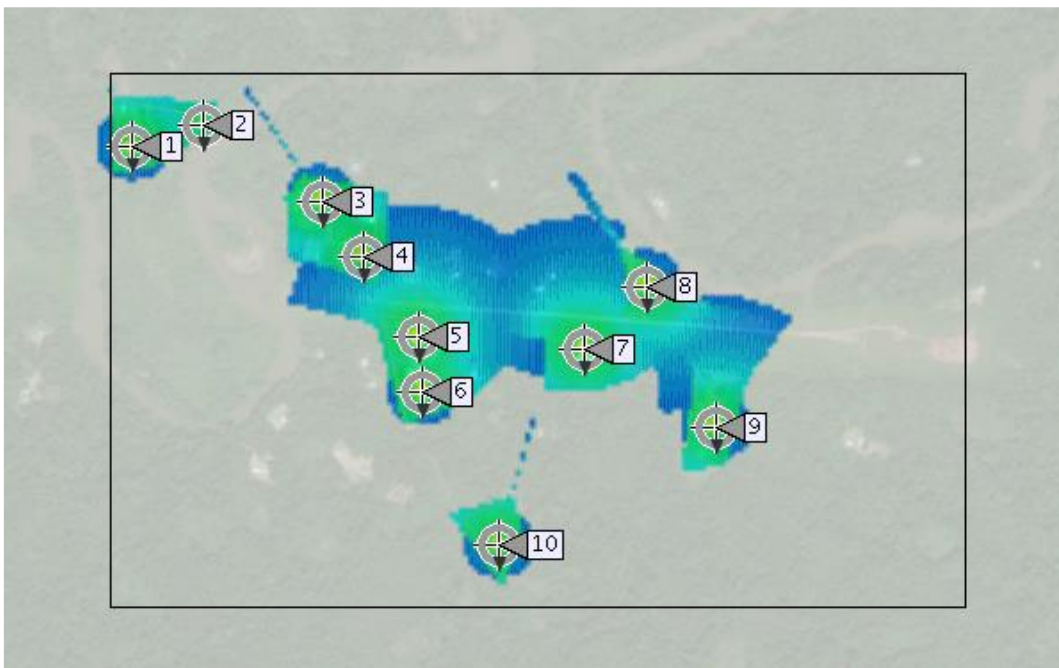


Figura 3-9 Mapa de cobertura de las zonas WiFi en 802.11 b/g/n

### Mapas de calor de velocidad de datos

Estos mapas muestran la velocidad de datos esperada de un dispositivo cliente en cada punto del mapa del piso. Esta información es útil para planificar el rendimiento de la WLAN en varias ubicaciones y realizar ajustes, basado en los requisitos del cliente. El

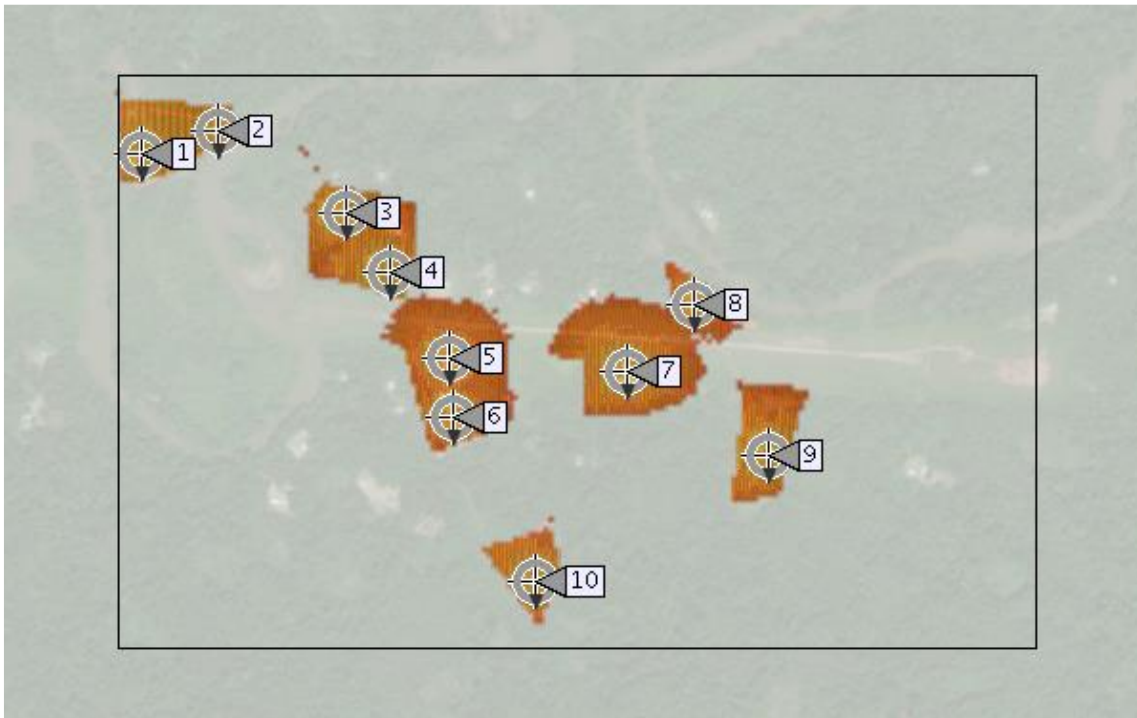
Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

mapa de calor de velocidad de datos para 802.11n/ac asume un ancho de banda admitido para 20,40 y 80 MHz

**Data Rate Color Lookup**

1 Mbps 2 5.5 8.9 10.9 13.4 19.4 29.2 38.9 40.4 51.9 58.4 64.9 87.7 103.9 107.9 116.9  
121.4 129.9 155.9 169.9 215.9 242.9 299.9 323.9 364.4 404.9 485.9 584.9 877.4 1169.9  
Mbps

En la figura 3-10 se puede observar el mapa de velocidad de datos para 802.11a / n / ac, en el cual la parte más clara es donde se tiene el mejor rendimiento en conexión con los dispositivos y por ende una mejor velocidad de conexión.



*Figura 3-10 Mapa de calor de velocidad de conexión en 802.11 a/n/ac*

En la figura 3-11 se puede observar el mapa de velocidad de datos para 802.11b / g / n, en el cual la parte más clara es donde se tiene el mejor rendimiento en conexión con los dispositivos y por ende una mejor velocidad de conexión.

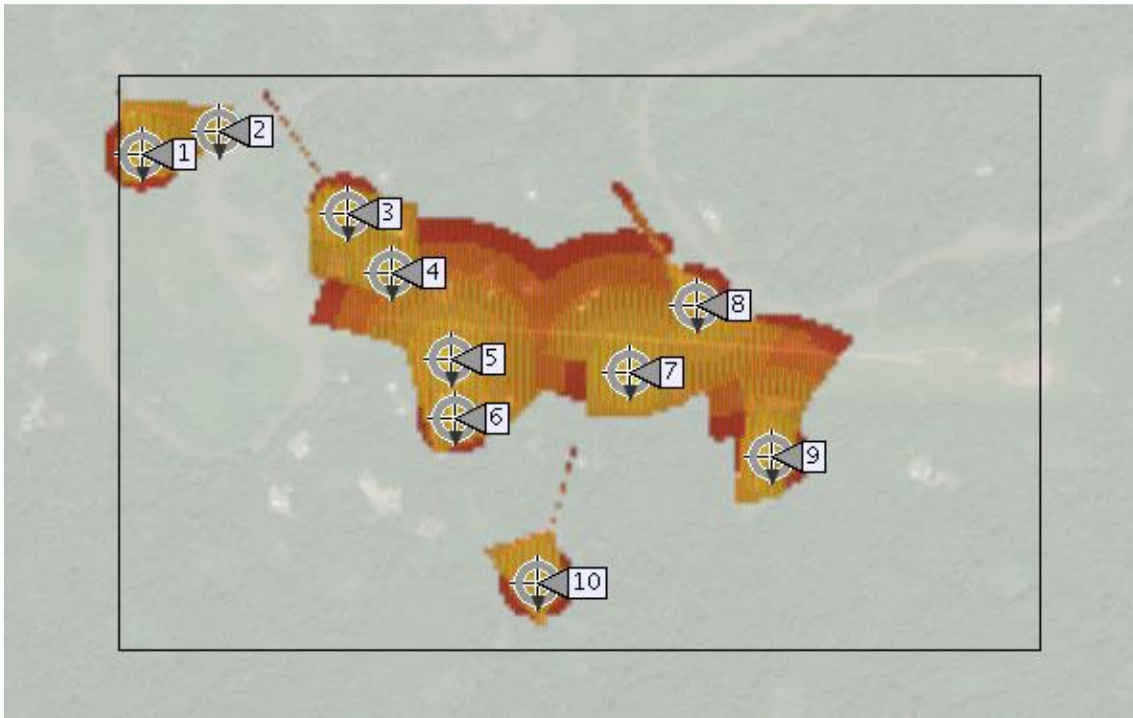


Figura 3-11 Mapa de calor de velocidad de conexión en 802.11 b/g/n

### 3.3. Diseño y cálculos de ingeniería del tendido de Fibra Óptica para puntos fronterizos

Se realizará un análisis de la potencia final teórica que debe llegar a cada punto intermedio de interconexión para saber la calidad del enlace que se debe tener.

#### Presupuesto del enlace de Fibra Óptica tramo 1

Para el presupuesto de enlace de fibra óptica se considera la siguiente formula de forma teórica:

$$\begin{aligned}
 PR &= PTx + G - \alpha_{TOT} \\
 \alpha_{TOT} &= \alpha_{conectores} + \alpha_{fusiones} + \alpha_{LFO} \\
 \alpha_{TOT} &= 2 * 0.5 + 18 * 0.1 + 79 * 0.3 \\
 \alpha_{TOT} &= 26.5 \text{ dBm} \\
 PR &= 8 \text{ dBm} + 0 - 26.5 \\
 PR &= -18.5 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

En la tabla 3-3 se puede ver una simulación de la toma de mediciones de hilos según la distancia del enlace

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

Enlace		Proyectado	Datos del Tendido		Valores Típicos		$\lambda=1310$		$\lambda=1310$						
Origen [A]	Destino [B]	Longitud [Km.]	Longitud [Km.]	Numero de Empalmes	Numero de Acoples	0,1 [dB]	0,5 [dB]	$\lambda=1310$ 0,3 dB /Km	A ==> B			B ==> A			
						Atenuación empalmes	Atenuación acoples	Atenuación en fibra [dB]	Atenuación Total [dB]	Hilo	Atenuación Medida	Diferencia	Hilo	Atenuación Medida	Diferencia
PUYO	NODO 1	79	79	18	2	1,8	1	23,700	26,800	1	4,74	-14,060	1	4,75	-14,050
										2	4,79	-14,010	2	5,03	-13,770
										3	4,82	-13,980	3	4,86	-13,940
										4	4,33	-14,470	4	4,72	-14,080
										5	4,81	-13,990	5	4,85	-13,950
										6	4,80	-14,000	6	4,82	-13,980
										7	4,77	-14,030	7	4,79	-14,010
										8	4,75	-14,050	8	4,77	-14,030
										9	4,84	-13,960	9	4,82	-13,980
										10	4,91	-13,890	10	4,85	-13,950
										11	4,75	-14,050	11	4,76	-14,040
										12	4,77	-14,030	12	4,74	-14,060
										13	4,78	-14,020	13	4,76	-14,040
										14	4,76	-14,040	14	4,74	-14,060
										15	4,84	-13,960	15	4,73	-14,070
										16	4,79	-14,010	16	4,76	-14,040
										17	4,71	-14,090	17	4,72	-14,080
										18	4,81	-13,990	18	4,84	-13,960
										19	4,76	-14,040	19	4,72	-14,080
										20	4,73	-14,070	20	4,73	-14,070
										21	4,81	-13,990	21	4,75	-14,050
										22	4,77	-14,030	22	4,77	-14,030
										23	4,82	-13,980	23	4,78	-14,020
										24	4,89	-13,910	24	4,84	-13,960
										25	4,92	-13,880	25	4,82	-13,980
										26	5,03	-13,770	26	5,02	-13,780
										27	4,94	-13,860	27	4,92	-13,880
										28	4,74	-14,060	28	4,77	-14,030
										29	4,91	-13,890	29	4,85	-13,950
										30	4,76	-14,040	30	4,74	-14,060
										31	4,83	-13,970	31	4,85	-13,950
										32	4,93	-13,870	32	4,88	-13,920
										33	4,80	-14,000	33	4,75	-14,050
										34	4,86	-13,940	34	4,84	-13,960
										35	5,02	-13,780	35	4,98	-13,820
										36	4,93	-13,870	36	4,98	-13,820
										37	4,84	-13,960	37	4,77	-14,030
										38	4,87	-13,930	38	4,86	-13,940
										39	4,81	-13,990	39	4,80	-14,000
										40	4,74	-14,060	40	4,81	-13,990
										41	4,81	-13,990	41	4,72	-14,080
										42	4,76	-14,040	42	4,83	-13,970
										43	4,81	-13,990	43	4,78	-14,020
										44	4,76	-14,040	44	4,76	-14,040
										45	4,88	-13,920	45	4,81	-13,990
										46	4,90	-13,900	46	4,80	-14,000
										47	4,92	-13,880	47	4,91	-13,890
										48	4,91	-13,890	48	4,85	-13,950

Tabla 3-3 Medición hilos 79 km

## Presupuesto del enlace de Fibra Óptica tramo 2

Para el presupuesto de enlace de fibra óptica se considera la siguiente formula de forma teórica:

$$PR = PTx + G - \alpha_{TOT}$$

$$\alpha_{TOT} = \alpha_{conectores} + \alpha_{fusiones} + \alpha_{LFO}$$

$$\alpha_{TOT} = 2 * 0.5 + 28 * 0.1 + 113 * 0.3$$

$$\alpha_{TOT} = 37.7 \text{ dBm}$$

$$PR = 8 \text{ dBm} + 0 - 37.6$$

$$PR = -29.7 \text{ dBm}$$

En la tabla 3-4 se puede ver una simulación de la toma de mediciones de hilos según la distancia del enlace

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

Enlace		Proyectado	Datos del Tendido		Valores Típicos		$\lambda=1310$		$\lambda=1310$						
Origen [A]	Destino [B]	Longitud [Km.]	Longitud [Km.]	Numero de Empalmes	Numero de Acoples	0,1 [dB] Atenuación empalmes	0,5 [dB] Atenuación acoples	$\lambda=1310$ 0,3 dB /Km Atenuación en fibra [dB]	Atenuación Total [dB]	A ==> B			B ==> A		
										Hilo	Atenuación Medida	Diferencia	Hilo	Atenuación Medida	Diferencia
NODO 1	NODO 2	113	113	28	2	2,8	1	33,900	38,000	1	4,74	-25,260	1	4,75	-25,250
										2	4,79	-25,210	2	5,03	-24,970
										3	4,82	-25,180	3	4,86	-25,140
										4	4,33	-25,670	4	4,72	-25,280
										5	4,81	-25,190	5	4,85	-25,150
										6	4,80	-25,200	6	4,82	-25,180
										7	4,77	-25,230	7	4,79	-25,210
										8	4,75	-25,250	8	4,77	-25,230
										9	4,84	-25,160	9	4,82	-25,180
										10	4,91	-25,090	10	4,85	-25,150
										11	4,75	-25,250	11	4,76	-25,240
										12	4,77	-25,230	12	4,74	-25,260
										13	4,78	-25,220	13	4,76	-25,240
										14	4,76	-25,240	14	4,74	-25,260
										15	4,84	-25,160	15	4,73	-25,270
										16	4,79	-25,210	16	4,76	-25,240
										17	4,71	-25,290	17	4,72	-25,280
										18	4,81	-25,190	18	4,84	-25,160
										19	4,76	-25,240	19	4,72	-25,280
										20	4,73	-25,270	20	4,73	-25,270
										21	4,81	-25,190	21	4,75	-25,250
										22	4,77	-25,230	22	4,77	-25,230
										23	4,82	-25,180	23	4,78	-25,220
										24	4,89	-25,110	24	4,84	-25,160
										25	4,92	-25,080	25	4,82	-25,180
										26	5,03	-24,970	26	5,02	-24,980
										27	4,94	-25,060	27	4,92	-25,080
										28	4,74	-25,260	28	4,77	-25,230
										29	4,91	-25,090	29	4,85	-25,150
										30	4,76	-25,240	30	4,74	-25,260
										31	4,83	-25,170	31	4,85	-25,150
										32	4,93	-25,070	32	4,88	-25,120
										33	4,80	-25,200	33	4,75	-25,250
										34	4,86	-25,140	34	4,84	-25,160
										35	5,02	-24,980	35	4,98	-25,020
										36	4,93	-25,070	36	4,98	-25,020
										37	4,84	-25,160	37	4,77	-25,230
										38	4,87	-25,130	38	4,86	-25,140
										39	4,81	-25,190	39	4,80	-25,200
										40	4,74	-25,260	40	4,81	-25,190
										41	4,81	-25,190	41	4,72	-25,280
										42	4,76	-25,240	42	4,83	-25,170
										43	4,81	-25,190	43	4,78	-25,220
										44	4,76	-25,240	44	4,76	-25,240
										45	4,88	-25,120	45	4,81	-25,190
										46	4,90	-25,100	46	4,80	-25,200
										47	4,92	-25,080	47	4,91	-25,090
										48	4,91	-25,090	48	4,85	-25,150

Tabla 3-4 Medición hilos 113 km

### Presupuesto del enlace de Fibra Óptica tramo 3

Para el presupuesto de enlace de fibra óptica se considera la siguiente formula de forma teórica:

$$\begin{aligned}
 PR &= PTx + G - \alpha_{TOT} \\
 \alpha_{TOT} &= \alpha_{conectores} + \alpha_{fusiones} + \alpha_{LFO} \\
 \alpha_{TOT} &= 2 * 0.5 + 48 * 0.1 + 199 * 0.3 \\
 \alpha_{TOT} &= 65.5 \text{ dBm} \\
 PR &= 8 \text{ dBm} + 20 - 65.5 \\
 PR &= -37.5 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

En la tabla 3-5 se puede ver una simulación de la toma de mediciones de hilos según la distancia del enlace

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

Enlace		Proyectado	Datos del Tendido		Valores Típicos		$\lambda=1310$		$\lambda=1310$						
Origen [A]	Destino [B]	Longitud [Km.]	Longitud [Km.]	Numero de Empalmes	Numero de Acoples	0,1 [dB]	0,5 [dB]	$\lambda=1310$ 0,3 dB /Km	A ==> B			B ==> A			
						Atenuación empalmes	Atenuación acoples	Atenuación en fibra [dB]	Atenuación Total [dB]	Hilo	Atenuación Medida	Diferencia	Hilo	Atenuación Medida	Diferencia
NODO 2	TIGRE	199	199	48	2	4,8	1	59,700	65,800	1	4,74	-33,060	1	4,75	-33,050
										2	4,79	-33,010	2	5,03	-32,770
										3	4,82	-32,980	3	4,86	-32,940
										4	4,33	-33,470	4	4,72	-33,080
										5	4,81	-32,990	5	4,85	-32,950
										6	4,80	-33,000	6	4,82	-32,980
										7	4,77	-33,030	7	4,79	-33,010
										8	4,75	-33,050	8	4,77	-33,030
										9	4,84	-32,960	9	4,82	-32,980
										10	4,91	-32,890	10	4,85	-32,950
										11	4,75	-33,050	11	4,76	-33,040
										12	4,77	-33,030	12	4,74	-33,060
										13	4,78	-33,020	13	4,76	-33,040
										14	4,76	-33,040	14	4,74	-33,060
										15	4,84	-32,960	15	4,73	-33,070
										16	4,79	-33,010	16	4,76	-33,040
										17	4,71	-33,090	17	4,72	-33,080
										18	4,81	-32,990	18	4,84	-32,960
										19	4,76	-33,040	19	4,72	-33,080
										20	4,73	-33,070	20	4,73	-33,070
										21	4,81	-32,990	21	4,75	-33,050
										22	4,77	-33,030	22	4,77	-33,030
										23	4,82	-32,980	23	4,78	-33,020
										24	4,89	-32,910	24	4,84	-32,960
										25	4,92	-32,880	25	4,82	-32,980
										26	5,03	-32,770	26	5,02	-32,780
										27	4,94	-32,860	27	4,92	-32,880
										28	4,74	-33,060	28	4,77	-33,030
										29	4,91	-32,890	29	4,85	-32,950
										30	4,76	-33,040	30	4,74	-33,060
										31	4,83	-32,970	31	4,85	-32,950
										32	4,93	-32,870	32	4,88	-32,920
										33	4,80	-33,000	33	4,75	-33,050
										34	4,86	-32,940	34	4,84	-32,960
										35	5,02	-32,780	35	4,98	-32,820
										36	4,93	-32,870	36	4,98	-32,820
										37	4,84	-32,960	37	4,77	-33,030
										38	4,87	-32,930	38	4,86	-32,940
										39	4,81	-32,990	39	4,80	-33,000
										40	4,74	-33,060	40	4,81	-32,990
										41	4,81	-32,990	41	4,72	-33,080
										42	4,76	-33,040	42	4,83	-32,970
										43	4,81	-32,990	43	4,78	-33,020
										44	4,76	-33,040	44	4,76	-33,040
										45	4,88	-32,920	45	4,81	-32,990
										46	4,90	-32,900	46	4,80	-33,000
										47	4,92	-32,880	47	4,91	-32,890
										48	4,91	-32,890	48	4,85	-32,950

Tabla 3-5 Medición hilos 199 km

### 3.4. Diseño del tendido de Fibra Óptica para las zonas rurales y habilitación de WiFi

Para proveer de servicio WiFi dentro del poblado, garantizando una estabilidad y calidad en los enlaces se realizará un despliegue interno de aproximadamente 1550 metros de Fibra Óptica de 12 hilos la cual se habilitará desde el nodo poste a cada uno de los AP, para esto se usarán 23 postes que deben ser previamente plantados donde se colocaran los AP y los herrajes para pasar la fibra óptica de forma aérea, además se debe colocar un cruce soterrado de 45 metros por la pista aérea que se encuentra separando las 2 zonas de cobertura, para lo cual es necesario colocar 2 bajantes una en cada poste. Debido al uso de fibra ADSS de Span 120 se puede realizar el cruce del rio en su curso medio el cual tiene un ancho de 40 metros como se puede ver en la Figura 3-12.



Figura 3-12. Diseño FO de conexión AP

Para el cálculo aproximado de la fibra se debe considerar la siguiente tabla 3-6 con valores aproximados por cada elemento que se va a usar para la implementación de la red interna que abastecerá los puntos WiFi.

<b>FIBRA 12H</b>	<b>1567.34</b>	
<b>CATENARIA (PANDEO)</b>	28,14	Fibra Lineal*2%
<b>KIT HERRAJES</b>	5,5	60cm /cada elemento
<b>MANGAS</b>	40	20m /cada elemento
<b>ACOMETIDAS</b>	N/A	40m /cada elemento
<b>RESERVA POZOS</b>	N/A	5m /cada elemento
<b>RESERVA CAJAS</b>	16	4m /cada elemento
<b>RESERVAS</b>	30	30m /cada elemento
<b>TOTAL FO</b>	<b>1543.34</b>	

Tabla 3-6 Valores Calculo de Fibra Óptica

### 3.5. Configuración de la red para proveer de servicio

Para proveer la configuración en los equipos en los nodos, tanto del equipo agregador que maneja todo el tráfico como del equipo final del cliente, se configura el ancho de banda en el router donde se encuentra conectado el cliente, así como las seguridades, parámetros de conexión, modo de transmisión, etc.

A continuación, un fragmento del código del router agregador del nodo más cercano del cual va a salir el enlace proveedor del servicio, este nodo se encuentra conectado a todo el Backbone de fibra de la empresa Telconet:

```
service tcp-keepalives-in
service tcp-keepalives-out
service timestamps debug datetime msec localtime show-timezone
service timestamps log datetime msec localtime show-timezone
service counters max age 5
no service dhcp
!
hostname ro1elpuyo
!
boot-start-marker
boot system flash sup-bootdisk:c7600rsp72043-advipservicesk9-mz.122-33.SRE9.bin
boot-end-marker
!
mls ipv6 vrf
vrf definition cedia_15
 rd 27947:15
  route-target export 27947:15
  route-target import 27947:15
  route-target import 27947:1
!
 address-family ipv4
  export map export-sin-red-noc
  exit-address-family
!
 address-family ipv6
  exit-address-family
!
vrf definition gepon
 rd 52257:1
  route-target export 52257:1
  route-target import 52257:1
  route-target import 27947:3
  route-target import 27947:1
!
 address-family ipv4
  import map import-def-gepon-monitoreo
  export map export-redes-gepon
  bgp next-hop Loopback222
  exit-address-family
!
 address-family ipv6
  import map import-def-gepon-monitoreo
  export map export-redes-gepon
```

```
route-target export 27947:3
route-target import 27947:3
route-target import 27947:1
exit-address-family
!
```

Se puede observar la configuración de la VRF (enrutamiento virtual y reenvió) dentro de la red de Telconet para realizar el enrutamiento de los puntos.

```
vrf definition ipv6provisioning
rd 27947:19485868
route-target export 27947:19485868
route-target import 27947:19485868
route-target import 27947:1
!
address-family ipv6
export map redes-no-exportar-provisioning-IPv6
route-target export 27947:19485868
route-target import 27947:19485868
route-target import 27947:1
exit-address-family
!
vrf definition telconet
rd 27947:3
route-target export 27947:3
route-target import 27947:3
route-target import 27947:1
!
address-family ipv4
exit-address-family
!
address-family ipv6
export map export-sin-red-noc
route-target export 27947:3
route-target import 27947:3
route-target import 27947:1
exit-address-family
!
logging buffered 81920
no logging console
!
aaa new-model
!
!
aaa group server tacacs+ tacacs_mpls
server-private 200.93.192.197 key 7 cerrojo
server-private 200.93.192.227 key XXXXXXXX
```

```
server-private 200.93.192.254 key XXXXXXXXX
ip vrf forwarding telconet
ip tacacs source-interface Vlan1
```

Por temas de seguridad se ha cambiado las claves de acceso a los equipos.

```
!
aaa authentication login default local group tacacs_mpls enable
aaa authentication enable default group tacacs_mpls enable
aaa authorization exec default local group tacacs_mpls
aaa accounting suppress null-username
aaa accounting update newinfo
aaa accounting exec default
action-type start-stop
group tacacs_mpls
!
aaa accounting commands 0 default
action-type stop-only
group tacacs_mpls
!
aaa accounting commands 1 default
action-type stop-only
group tacacs_mpls
!
aaa accounting commands 15 default
action-type stop-only
group tacacs_mpls
```

A continuación, se puede ver un fragmento del código de configuración que se aplica a los clientes finales donde se establece los parámetros de seguridad, protocolos de configuración, etc.

```
clock timezone ECT minus 05:00:00
#
super password level 3 cipher xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
#
#
undo copyright-info enable
#
firewall default deny
#
domain default enable system
#
```

Se configuran DNS para que los dispositivos tengan respuesta de los servidores de Telconet y salida a la nube.

```
dns resolve
dns server 186.5.11.4
dns server 186.5.56.4
dns server 200.93.216.2
dns server 200.93.216.5
dns domain uio.telconet.net
#
ip redirects enable
ip ttl-expires enable
ip unreachable enable
ip icmp-extensions compliant
#
flow-interval 5
#
undo ip http enable
#
password-recovery enable
```

Se configuran las reglas y prioridades desde las distintas direcciones IP para que tengan acceso a la visualización y configuración de los equipos.

```
#
acl number 2001 name ACCESOS_NACIONAL match-order auto
rule 1 permit source 201.218.38.0 0.0.0.255
rule 2 permit source 190.95.165.0 0.0.0.255
acl number 2098 name SNMP_NACIONAL match-order auto
rule 1 permit source 201.218.38.0 0.0.0.255
rule 2 permit source 190.95.165.0 0.0.0.255
rule 3 permit source 200.93.192.0 0.0.0.255
rule 4 permit source 200.93.216.0 0.0.0.255
rule 7 permit source 200.93.222.0 0.0.0.255
acl number 2300
rule 1 permit source 200.93.192.169 0
rule 2 deny
```

Se permiten o se deniegan los puertos según la necesidad que se tenga por seguridad de la red.

```
#
acl number 3000 name PROTECTED
rule 1 deny tcp destination-port eq 135
rule 2 deny tcp destination-port eq 139
rule 3 deny tcp destination-port eq 445
rule 4 deny udp source-port eq netbios-ns
rule 5 permit ip
#
```

Se realiza la configuración de las VLANs así como de las claves de acceso cifradas.

```
vlan 1
#
vlan 2
#
hwtacacs scheme tacacs-cpes
primary authentication 190.95.165.228
secondary authentication 201.218.38.22
primary authorization 190.95.165.228
secondary authorization 201.218.38.22
primary accounting 190.95.165.228
secondary accounting 201.218.38.22
key authentication cipher xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
key authorization cipher xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
key accounting cipher xxxxxxxxxxxxxx
user-name-format without-domain
#
domain system
access-limit disable
state active
idle-cut disable
self-service-url disable
domain telconet
access-limit disable
state active
idle-cut disable
self-service-url disable
#
dhcp server ip-pool datos extended
network ip range 192.168.28.95 192.168.28.120
network mask 255.255.255.128
forbidden-ip 192.168.28.1
gateway-list 192.168.28.1
dns-list 186.5.11.4 186.5.56.4
#
```

### 3.6. Análisis de costos de implementación para equipos activos y pasivos

Para el análisis de costos se considerará los elementos activos y pasivos necesarios que se debe ocupar para el tendido completo de la fibra y conexión entre nodos, con esto se pretende sacar un estimado de costo de lo que resultaría la implantación del proyecto para todos los puntos necesarios.

## Elementos Activos

Los elementos activos generan y/o modifican señales ópticas a eléctricas y viceversa. Dentro de estos tenemos diferentes equipos como son los SWITCH – ROUTER – TRANSCEIVER (TX) – OLT – WIFI como se puede ver en la figura 3-16.



Figura 3-13. Elementos Activos  
Fuente: (ticA, 2022)

## Elementos Pasivos

El principio de operación de los componentes ópticos pasivos se basa en la teoría de la óptica geométrica y ondas ópticas, es decir estos solo transmiten la energía óptica. Existen diferentes elementos ópticos que pueden ser: Bmx (C) - Pedestal (P) – Línea Derivación (Ch) - Manga (M) - Miniposte (Mp) - Caja Urb. O Edificio (Ca) – Patch De Fibra – Utp - Splitter – Odfs – Módulos, estos se pueden observar en la figura

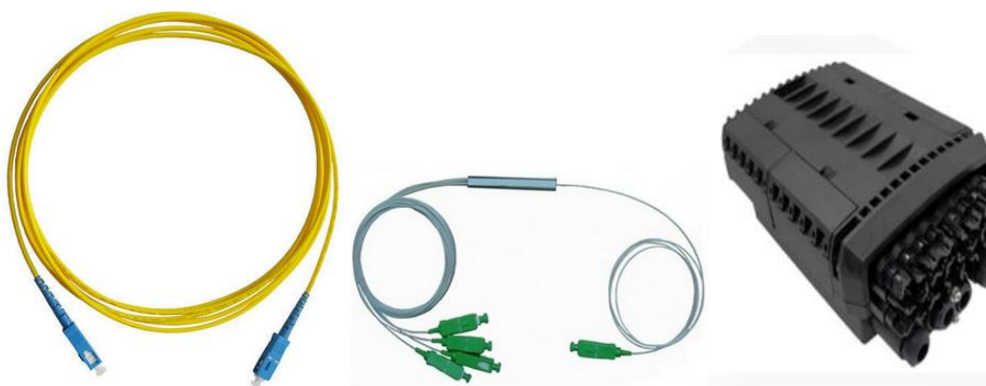


Figura 3-14 Elementos Pasivos  
Fuente: (Silexfiber, 2014)

Al ser un diseño mixto aéreo y fluvial se usarán mangas de empalme a prueba de agua, con certificación de sellado a presión para impermeabilización IP68, dichas mangas no permitirán el ingreso de agua y se las puede colocar dentro del caudal del río sin permitir que estas afecten la calidad del enlace, estas mangas se las puede observar en la figura 3-15.



Figura 3-15 Manga de 48 Hilos

El cierre de la manga es de sellado mecánico el cual es simple en instalación, reapertura y reutilización. Es adecuado para albergar hasta 96 empalmes de Fibra Óptica, dicha manga viene completa con bandejas de empalme en masa y dispositivos de fijación de cables. El sellado se logra mediante masilla aplicada en frío y el ingreso de hidrogeno a presión como se puede ver en la figura 3-16.

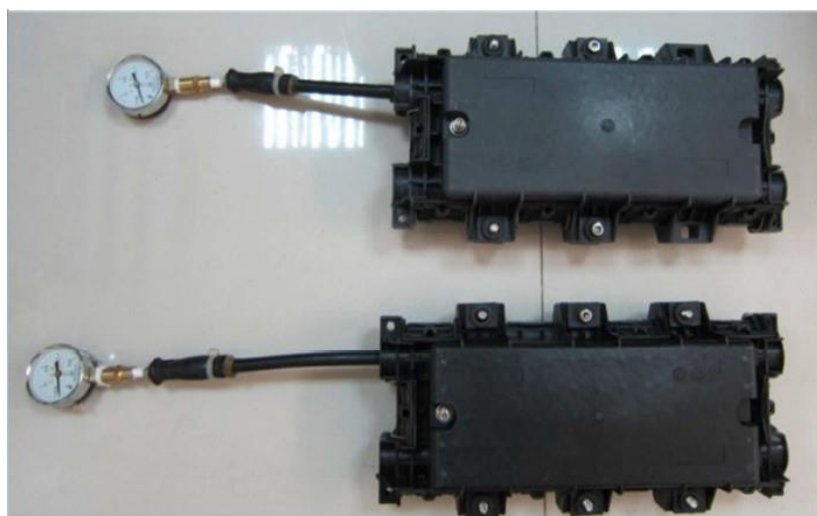


Figura 3-16 Medición de Presión en Manga de Empalme

Algunas características de la manga se muestran a continuación:

- Diseño en línea con empalmes de 96 fusiones como máximo.
- 2 puertos de cable a cada lado. El rango del cable es de 5 a 26 mm.
- Compatible con la mayoría de las construcciones de cables existentes
- Base y cubierta de material polimérico resistente a hongos, resistencia a la tracción, elongación y rayos ultravioleta
- Polipropileno. grado IP: IP68
- Sellado de cables aplicado en frío
- Mecanismo de reingreso y cierre con pestillos y cordón de sellado reutilizable.
- Alta densidad.
- Válvula de presurización fabricada en metal anticorrosivo.

- Temperatura de trabajo: -40 grados a 110 grados C
- Incluye accesorios para fijar la cubierta del cable y accesorios de soporte para asegurar la central con el cable de fibra óptica.
- Incluye accesorios para montaje aéreo, poste y pared.
- Todas las partes metálicas del cierre están hechas de acero inoxidable con alta resistencia a la corrosión.
- Bandejas de empalme diseñadas para garantizar un radio de curvatura mínimo de 30 mm

Para el análisis de costos se tomarán en cuenta varios elementos que en conjunto cumplen la función de la totalidad del enlace de Fibra Óptica hasta los puntos terminales. En la siguiente tabla 3-7 se puede apreciar el costo de la construcción de un nodo tipo Estándar.

Detalles Implementación Nodos	COSTO
INFRAESTRUCTURA METÁLICA CANALETAS DE PISO Y AÉREAS	\$ 200,00
PANEL DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA PRINCIPAL	\$ 150,00
TABLEROS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN AC	\$ 150,00
TABLEROS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN DC	\$ 150,00
CIRCUITOS ELECTRICOS AC/DC	\$ 400,00
SISTEMA PROTECCION A TIERRA	\$ 140,00
TUBERÍA EMT, CAJAS FS, CONECTORES EMT E ILUMINACIÓN	\$ 200,00
RACKS, ORGANIZADORES, BANDEJAS, REGLETAS Y ATS'S	\$ 580,00
GENERADOR ESTACIONARIO CON TTA	\$ -
UPS'S CORRIENTE AC, FUENTE AC	\$ 1.100,00
BATERIAS DE 12V 120A/H PARA UPS (8 HORAS)	\$ 2.800,00
AACCs CLIMATIZACIÓN	\$ -
RECTIFICADORES 48VDC, FUENTE DC	\$ 230,00
BATERIAS DE 12V 120A/H PARA RECTIFICADOR (6 HORAS)	\$ 1.400,00
TARJETA DE MONITOREO DE AACC	\$ -
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 7.500,00</b>

Tabla 3-7 Costos Nodo Estándar

En la tabla 3-8 se puede observar los costos de implementación del diseño de fibra urbana conjuntamente con la habilitación de los WiFi en cada uno de los puntos señalados.

TIPO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
FIBRA 12 HILOS	1568	\$ 0,58	\$ 909,44
FIBRA 02 HILOS	1500	\$ 0,10	\$ 150,00
KIT HERRAJES	23	\$ 5,50	\$ 126,50
MANGAS	2	\$ 400,00	\$ 800,00
TENDIDO FIBRA AEREA	3068	\$ 0,60	\$ 1.840,80
CAJAS	4	\$ 100,00	\$ 400,00
CUADRILLA/DIA	1	\$ 80,00	\$ 80,00

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

WIFI	10	\$ 400,00	\$ 4.000,00
		<b>TOTAL</b>	\$ 8.306,74

Tabla 3-8 Costo Ruta Urbana

En la tabla 3-9 se puede observar el costo de implementación necesario de toda la ruta interurbana para proveer del enlace total de la fibra troncal.

TIPO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
IMPLEMENTACION NODO	1	\$7.500,00	\$7.500
NODO POSTE	1	\$300,00	\$300
ROUTER	2	\$12.000,00	\$24.000
OLT	2	\$20.000,00	\$40.000
SWITCH	2	\$3.000,00	\$6.000
PACKETLIGTH	2	\$20.000,00	\$40.000
TRANSCEIVER	12	\$200,00	\$2.400
TENDIDO FIBRA AEREA	85000	\$0,70	\$59.500
TENDIDO FIBRA FLUVIAL	315000	\$1,20	\$378.000
FIBRA 48 HILOS	400000	\$1,10	\$440.000
MANGAS	100	\$400,00	\$40.000
CUADRILLA/DIA	50	\$80,00	\$4.000
		<b>TOTAL</b>	\$1.041.700

Tabla 3-9 Costo de Implementación Ruta Interurbana

En la tabla 3-10 se puede observar el costo aproximado que tendría la construcción del extracto cada una de las rutas interurbanas para llegar a cada uno de los puntos solicitados en la frontera.

PUNTO	LONGITUD TOTAL(m)	FO AEREA	FO FLUVIAL	COSTO APROX METRO \$2,6
TIGRE	396,19	83,187	312,999	\$ 1.030.083,60
BALLESTEROS	242,36	-	242,36	\$ 630.138,60
NASHIÑO	292,11	-	292,11	\$ 759.486,00
YASUNI	218,09	-	218,09	\$ 567.039,20
LOROCACHI	407,86	83,187	324,67	\$ 1.060.436,00
TIPUTINI	186,59	-	186,59	\$ 485.123,60
<b>TOTAL</b>	<b>1.743,20</b>	-	<b>1.576,82</b>	<b>\$ 4.532.307,00</b>

Tabla 3-10 Costo Implementación de Extracto de Rutas

## 4. Capítulo 4: Simulación de Red Híbrida

Para las simulaciones de la fibra se usará OptiSystem para los tramos que se tenga hasta llegar al punto final. Se ha dividido en 3 tramos el primero completamente aéreo el cual es de 79 km lineales, el segundo un enlace fluvial de 113 km lineales y el tercero un enlace fluvial de 199 km lineales como se puede ver en la figura 4-1.

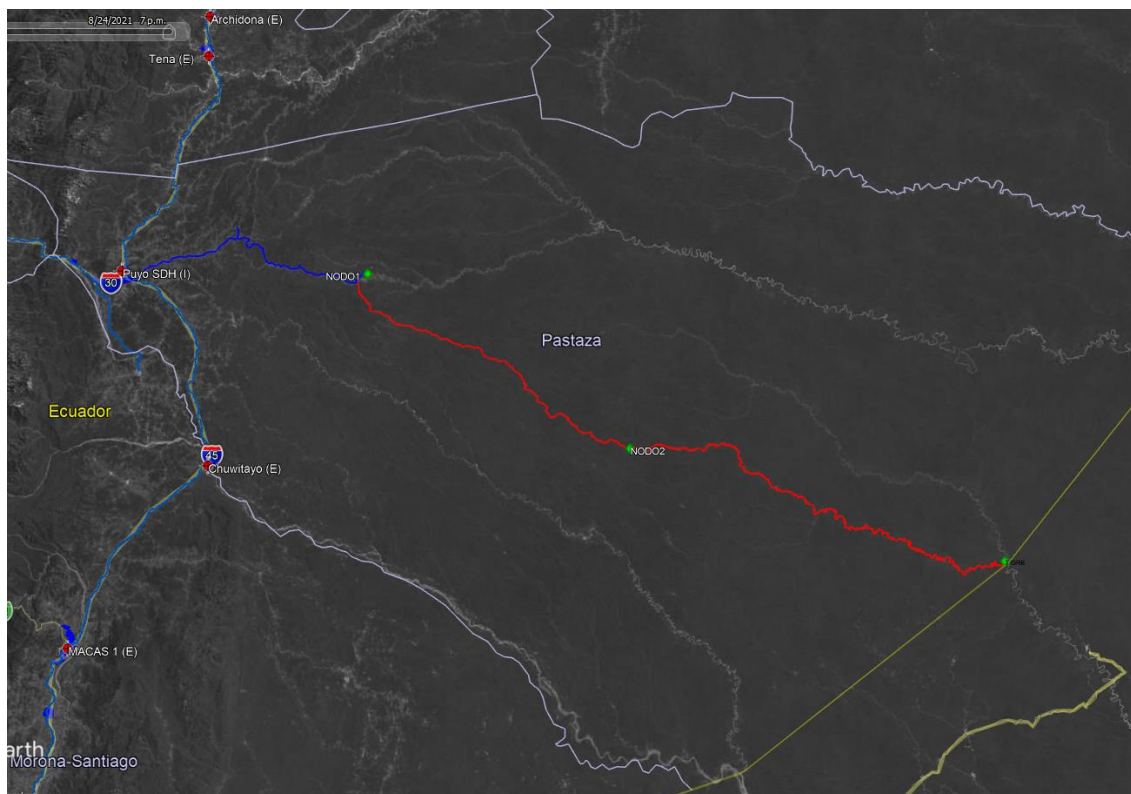


Figura 4-1 Enlaces para conectividad

### 4.1. Simulación red aérea 79 km

En el primer tramo de 79 km se puede ver en la figura 4-2 en el cual se puede visualizar el transmisor con una frecuencia de (1310 nm) 228 THz y una modulación NRZ, para esto se usa una fibra estándar con atenuación de 0.3db/km con ventana de 1310 nm.

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

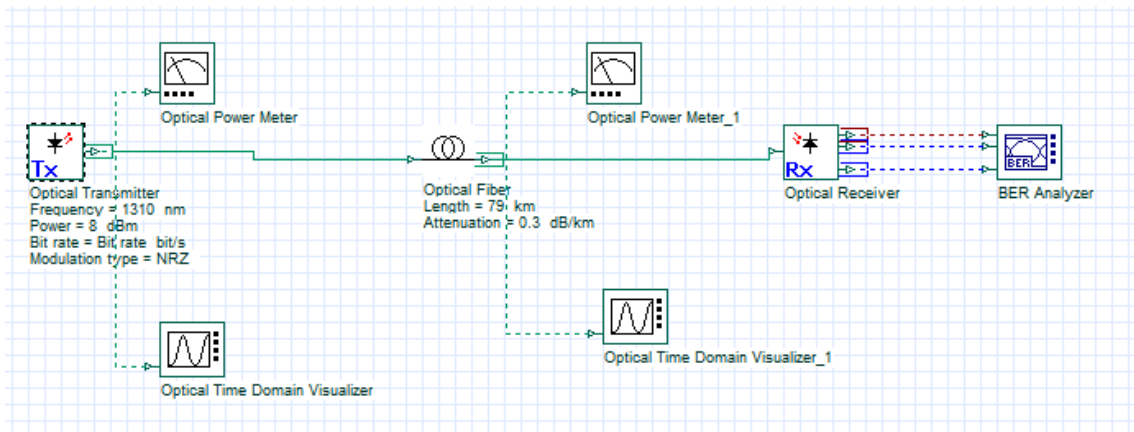


Figura 4-2 Simulación enlace de 79 km

En la figura 4-3 se puede observar el Bit Error Rate (BER) con  $3.003 \times 10^{-23}$  en el cual podemos observar que el enlace se encuentra óptimo para su implementación y garantizando una recepción total de todos los bits transmitidos.

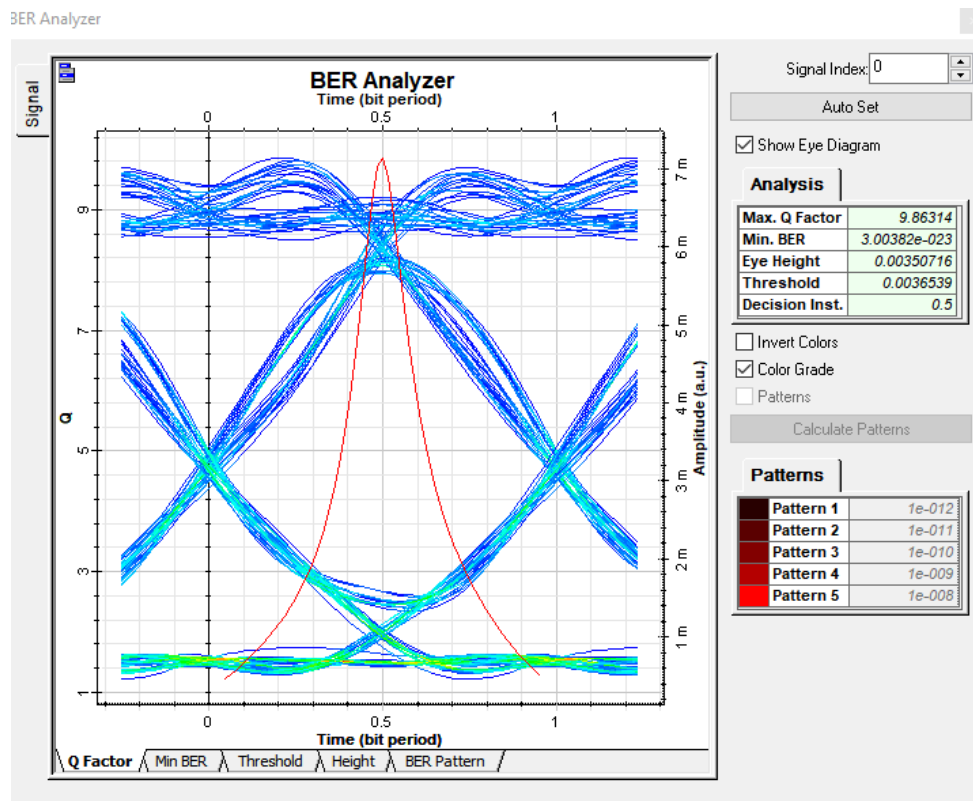


Figura 4-3 BER enlace 79km

Se puede ver en la figura 4-4 la visualización de la onda en el dominio del tiempo con un pico máximo de 6.6 mW en la onda superior de la señal y 0.4 mW en la onda inferior de la señal, lo cual nos da una media de 3.1 mW lo cual está dentro del rango para el enlace de los datos.

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

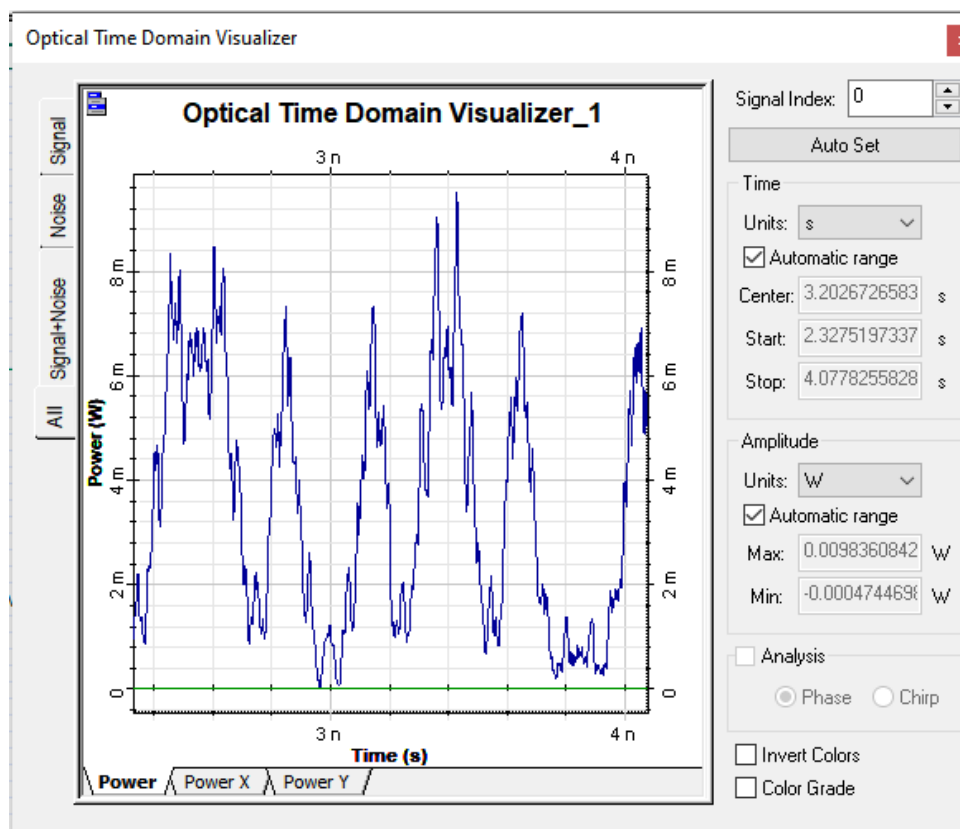


Figura 4-4 Onda en dominio del tiempo 79km

En la figura 4-5 se puede ver la potencia en máximo para el enlace de 79km con 14.8 uW y -18.29 dBm.

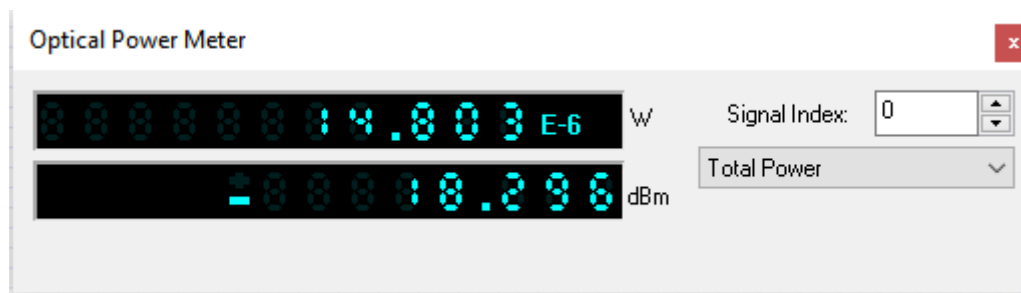


Figura 4-5 Medidor de potencia 79 km

## 4.2. Simulación red fluvial 113 km

En el segundo tramo de 113 km se puede ver en la figura 4-6 en el cual se puede visualizar el transmisor con una frecuencia de (1310 nm) 228 THz y una modulación NRZ, para esto se usa una fibra estándar con atenuación de 0.3db/km con ventana de 1310 nm.

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

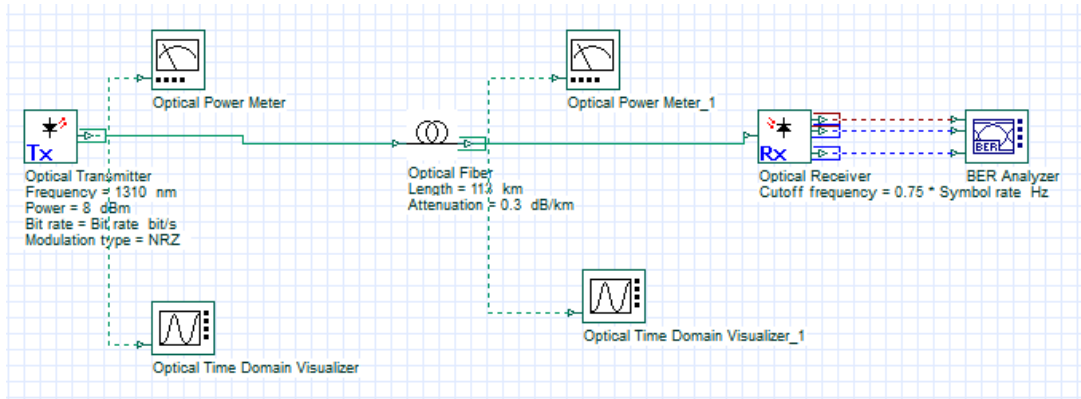


Figura 4-6 Simulación enlace de 113 km

En la figura 4-7 se puede observar el Bit Error Rate (BER) con 0.09 en el cual podemos observar que el enlace se encuentra dentro del rango aceptable para su implementación y garantizando una recepción total de todos los bits transmitidos.

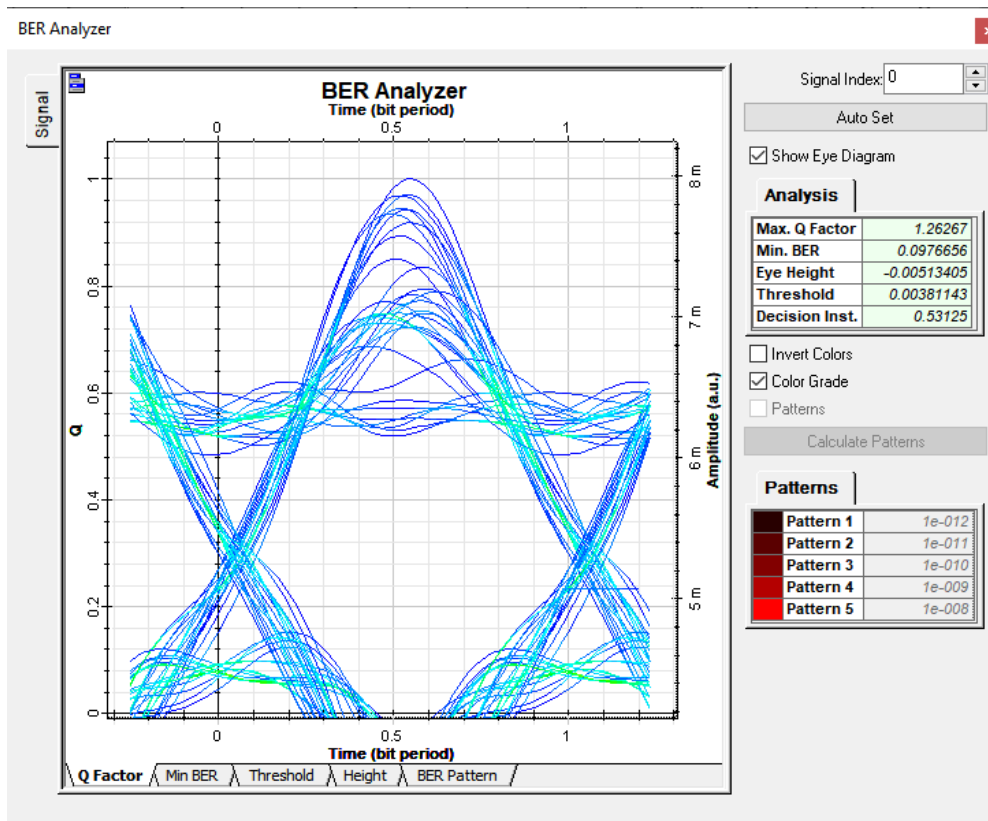


Figura 4-7 BER enlace 113km

Se puede ver en la figura 4-8 la visualización de la onda en el dominio del tiempo con un pico máximo de 6.8 mW en la onda superior de la señal y 0.1 mW en la onda inferior de la señal, lo cual nos da una media de 3.35 mW lo cual está dentro del rango para el enlace de los datos.

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

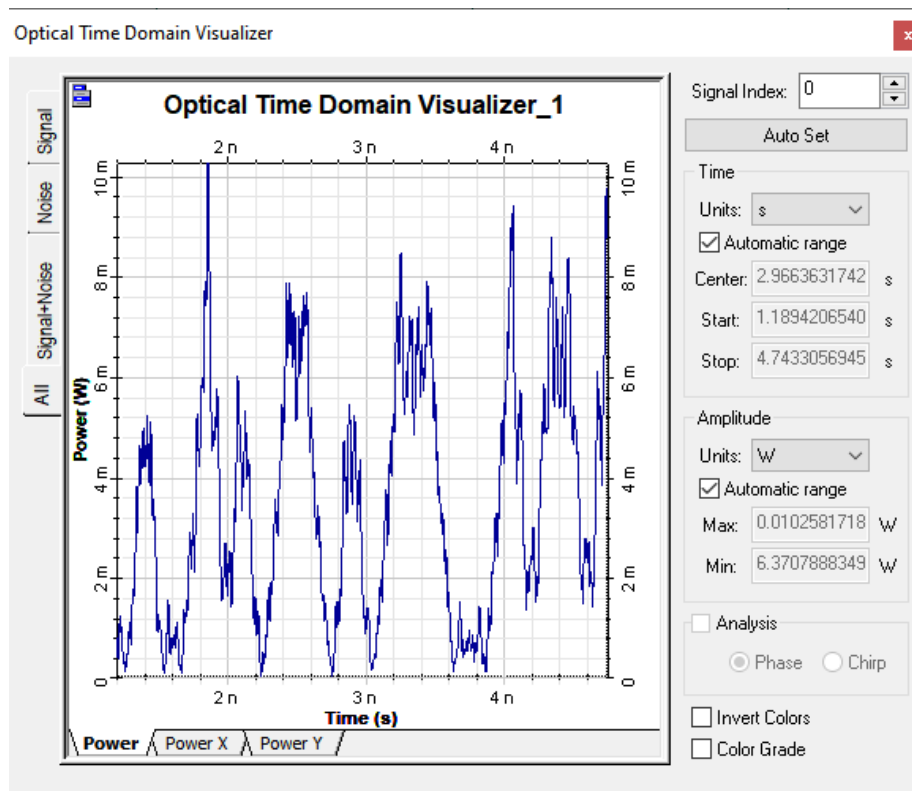


Figura 4-8 Onda en dominio del tiempo 113km

En la figura 4-9 se puede ver la potencia en máximo para el enlace de 113km con 1.41 uW y -28.49 dBm.

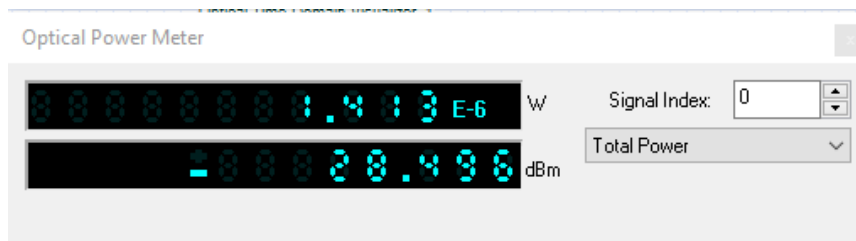


Figura 4-9 Medidor de potencia 113 km

### 4.3. Simulación red fluvial 199 km

En el segundo tramo de 199 km se puede ver en la figura 4-10 en el cual se puede visualizar el transmisor con una frecuencia de (1310 nm) 228 THz y una modulación NRZ, para esto se usa una fibra estándar con atenuación de 0.3db/km con ventana de 1310 nm, debido a la longitud del enlace se requiere habilitar un amplificador EDFA con ganancia de +20 dBm para poder llegar sin problemas al punto fronterizo.

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

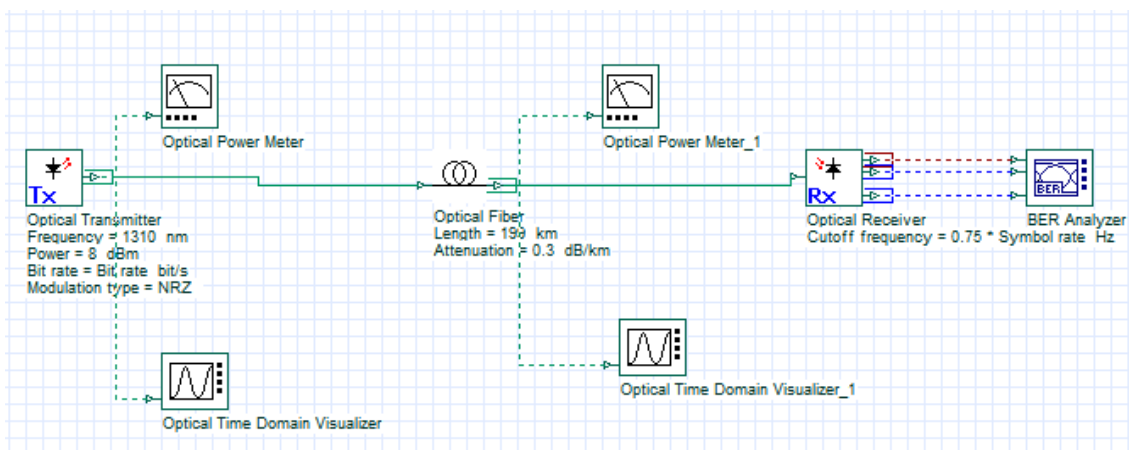


Figura 4-10 Simulación enlace de 199 km

En la figura 4-11 se puede observar el Bit Error Rate (BER) con 0.00025 en el cual podemos observar que el enlace se encuentra dentro del rango aceptable para su implementación y garantizando una recepción total de todos los bits transmitidos.

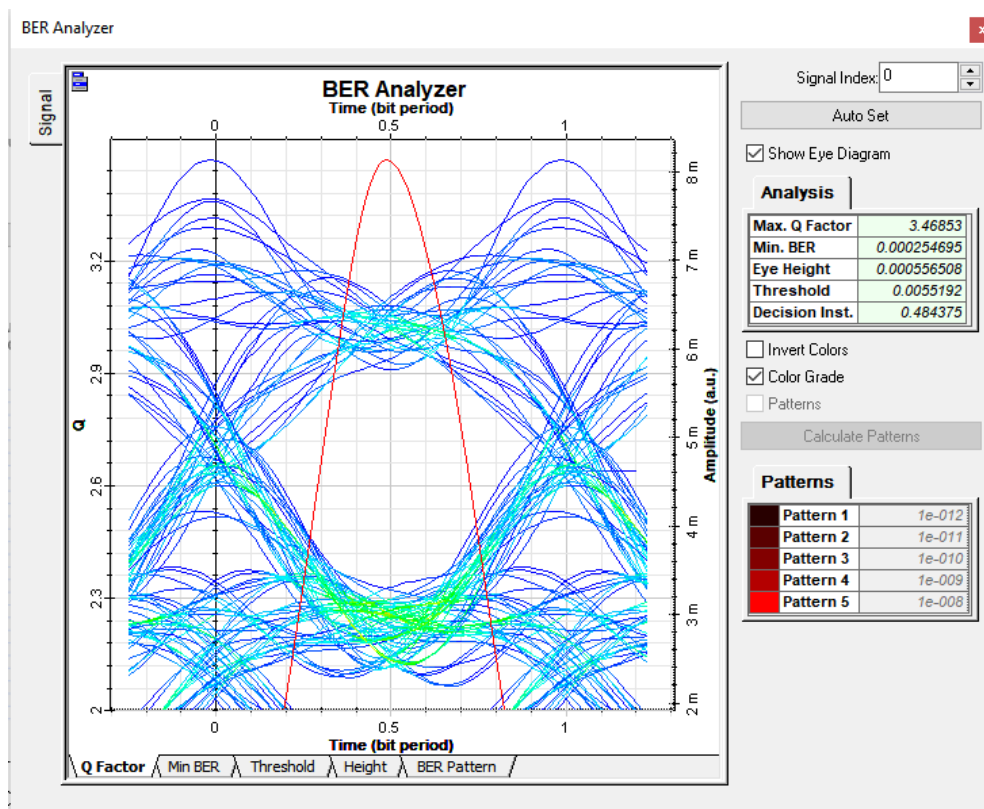


Figura 4-11 BER enlace 199km

Se puede ver en la figura 4-12 la visualización de la onda en el dominio del tiempo con un pico máximo de 6 mW en la onda superior de la señal y 0.1 mW en la onda inferior de la señal, lo cual nos da una media de 2.95 mW lo cual está dentro del rango para el enlace de los datos.

Análisis y diseño para proveer de conectividad de datos en puntos específicos en la frontera de Ecuador y zonas rurales pobladas bajo la red de fibra óptica de la empresa Telconet S.A.

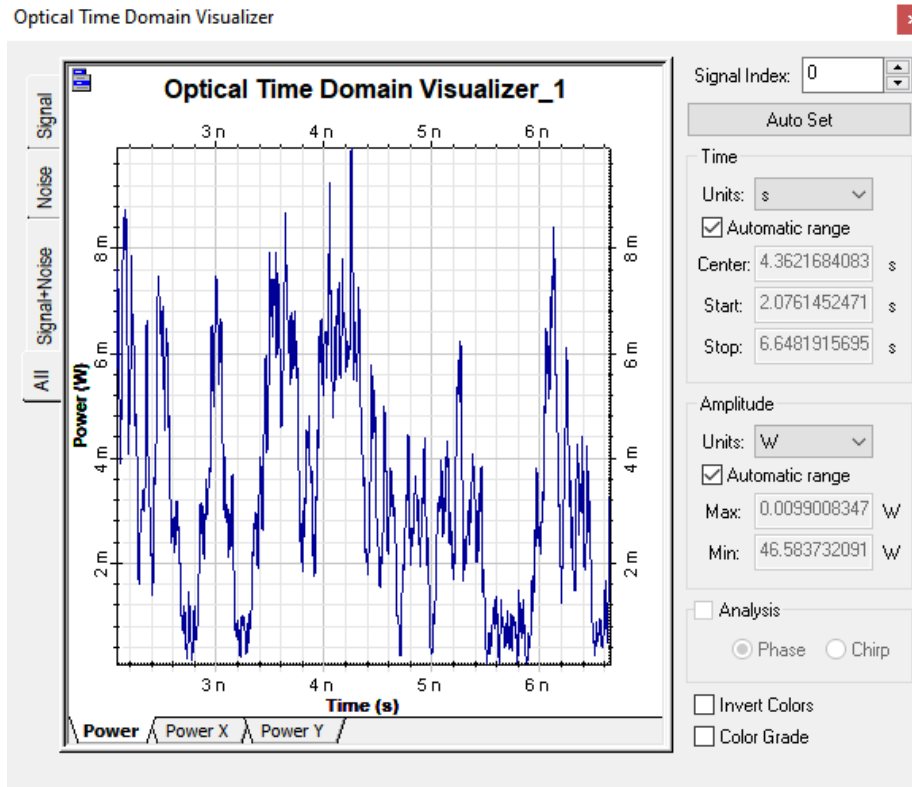


Figura 4-12 Onda en dominio del tiempo 199km

En la figura 4-13 se puede ver la potencia en máximo para el enlace de 199km con 3.59 uW y -24.44 dBm.



Figura 4-13 Medidor de potencia 199 km

## 5. Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

- La ventaja de tener un Mininodo referente a un nodo tipo Estándar es que se reduce notablemente tanto en costo, tamaño e implementación, no se requiere de un cuarto completo con todas las adecuaciones que tiene un nodo tipo Estándar.
- Para el tendido de fibra interurbano mixto aérea y fluvial se puede sacar un estimado aproximado de \$2.604 dólares el metro de construcción, en el que incluye también los elementos de interconexión para los puntos lejanos.
- El compuesto de recubrimiento de la fibra exterior HDPE (polietileno de alta densidad) es resistente al agua y bajas temperaturas, además de cierta flexibilidad, lo cual permite que se sumerja en el agua y pueda moverse con la corriente de agua.
- La Fibra Óptica a usar ADSS 48 FO G.652D+ span250 tiene un recubrimiento exterior de polietileno de alta densidad, un recubrimiento interno de polietileno de media densidad con poros casi nulos con lo que no absorbe humedad, adicional a un anillo de recubrimiento impermeable de agua, lo que hace esta fibra útil para uso bajo entornos de agua.
- Del estudio se concluye que la red va a ser un tendido híbrido, debido a que se va a implementar un enlace tipo aéreo y fluvial con nodos intermedios para repetir la señal y proveer un enlace de calidad.
- Las capacidades de fibra óptica van creciendo progresivamente como se puede ver en el estado del arte hasta velocidades de 400 Gbps según los equipos que se usen para los enlaces.
- Fue necesario considerar fibras ópticas con características especiales para los diseños de la parte fluvial debido a las condiciones que debe soportar la fibra y el ambiente en el que está.
- La fibra debe ser fabricada considerando las características orográficas densidad del agua, flujo de agua  $m^3/s$  y condiciones ambientales a las que está sometida.
- Se concluye que se necesita dos nodos intermedios debido a la distancia del enlace desde el nodo inicial hasta punto final, debido a la degradación de la señal por la longitud del enlace.
- Se debe considerar varias aristas para la construcción de un punto de fibra de largo alcance, como es; el tipo de fibra, la longitud de onda a usar, la cantidad de empalmes, el medio sobre el cual va a pasar dicho cable, la potencia requerida para un correcto funcionamiento.

- La maestría imparte los conocimientos necesarios de fibra óptica desde sus bases, para conocer el funcionamiento y poder implementarlo, adicional del conocimiento teórico necesario para el ámbito laboral.
- Se debe agregar un amplificador para reconstrucción de la señal para el enlace de 199 km debido a que la señal llega demasiado degradada únicamente solo con la transmisión del equipo estándar.

## 5.2. Recomendaciones

- Los hilos restantes que quedan pueden ser utilizados para otros enlaces o proveer de servicio a comunidades que se encuentren en la zona.
- Se recomienda realizar un estudio de carga del consumo tanto de los AP como del nodo poste para considerar utilizar energía renovable y tenga una mayor autonomía de servicio.
- Se debe considerar el costo del servicio de arriendo mensual de locales para los nodos estándar, así como el valor anual de uso de postera eléctrica para los casos de los tendidos aéreos.
- Considerar el transporte para la plantación de postes en las comunidades rurales con acceso únicamente fluvial o aéreo, ya que estas muchas veces solo tienen cañas o postes de madera para el paso de energía o cualquier otro cable.
- Se recomienda una revisión de baterías semestral del UPS debido a la constante falta de luz que puede existir en las comunidades muy alejadas.
- Para anclar la fibra óptica dentro del río se recomienda usar 2 amarras plásticas de 45 cm en conjunto con una piedra del río para no dañar el ecosistema actual, además de tener una separación de 100 m entre cada punto de anclaje.
- Se recomienda poner un reactivo al contacto con agua que sea fluorescente en las mangas para una rápida locación o construir las mangas con material fluorescente o que se active al contacto del agua.
- Se debe considerar las reacciones químicas que se pueden dar en el agua, así como el posible desecho de sustancias químicas que puedan verse sobre el río y afecten las propiedades de la fibra.
- Se recomienda un mantenimiento y revisión preventiva cada semana para verificar que se encuentre en óptimas condiciones.
- Se recomienda otro trabajo de titulación para tener monitoreada la red de FO mediante IoT usando los hilos de fibra óptica que se encuentran libres.

- Se sugiere realizar una mejora en la carga de planos base sobre la aplicación de diseño ArcGis para realizar los pre diseños de los tendidos de fibra óptica.
- Se sugiere que se realice más investigación para aprovechar la máxima capacidad un canal de fibra óptica como se menciona en el capítulo 2.
- Se sugiere que el análisis de tendido de fibra óptica se lo haga in situ en lugares de difícil acceso para considerar los problemas que se puedan presentar.
- Se sugiere que se haga un estudio de los pueblos cercanos a los recorridos de fibra óptica interurbana para habilitar nodos poste en los cuales se puede proveer de servicio WiFi para servicio de internet.
- Se recomienda que se considere los parámetros de fabricación de la fibra óptica en función de la orografía debido a la resistencia que debe tener la misma en todo el enlace.
- Se sugiere un estudio de campo del comportamiento fluvial para tener una mejor característica de la fibra óptica a ser utilizada y los eventos a los que se va a someter.
- Se sugiere no utilizar las fibras ópticas que se utilizan en zonas urbanas aéreas debido las tensiones que se ejercen sobre esta.
- Se recomienda la generación de un trabajo de titulación para el estudio de energía sustentable para un nodo estándar y un nodo poste.
- Se recomienda a la maestría realizar salidas de campo cortas sobre los temas prácticos que se puede encontrar en el ámbito laboral para poder adquirir más conocimientos de donde aplicar la parte teórica explicada en clase.
- Se sugiere que la empresa privada haga mutuo acuerdo con los institutos de educación superior para certificaciones y cursos que ayuden en la enseñanza y ámbito laboral.

## ANEXOS

Se adjunta una carpeta con la información referente a la investigación realizada, así como datasheets de elementos y simulaciones realizadas bajo el siguiente contenido:

- 1.CABLE ADSS-48FO G.652D SPAN 250.pdf
- 2.CABLE TIPO DROP EXTERIOR AÉREO PLANO 2X5MM DE 2 HILOS G.657A2.pdf
- 3.GYFS-48 G.652D- C210133.pdf
- 4.IN LINE CLOSURE GJS01-H10JM4.pdf
- 5.PROPUUESTA WIFI.pdf
- 6.COSTOS.xlsx
- 7.PUNTOS FRONTERIZOS.kmz
- 8.NODO POSTE.dwg
- 9.SHAPES PRE DISEÑO.zip
- 10.SIMULACION.osd

## Referencias

- Alliance, W. (s.f.). Obtenido de Wi-Fi org: <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-certified-6>
- Alliance, W. (2021). Obtenido de Wi-Fi org: <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-certified-6>
- Anexo 1 Oficio Nro. MINTEL-STTIC-2020-0102-O. (12 de 2020). *MINISTRO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN*. Quito: 2020.
- Barner, R. (2021). *Alicat*. Obtenido de <https://www.alicat.com/precision-y-repetibilidad-en-la-fabricacion-de-fibra-optica/>
- Blog Ingenieria*. (2020). Obtenido de <https://blogingenieria.com/productos/fabricacion-fibra-optica/>
- BOREALTECH*. (2020). Obtenido de <https://borealtech.com/producto/cisco-aironet-1570-series/>
- CABLES, E. (2021). Obtenido de <https://www.elandcables.com/es/cables/fibre-optic-cables>
- Caizaluisa, J. (Julio de 2009). *ESTUDIO PARA LA INTEGRACIÓN DE LA TÉCNICA DE MULTIPLEXACIÓN DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) DENTRO DE UN ENLACE QUITO – GUAYAQUIL QUE UTILICE SDH COMO TÉCNICA DE TRANSMISIÓN PARA UNA MEDIANA EMPRESA PORTADORA*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1611/1/CD-2311.pdf>
- CISCO. (2022). *CISCO*. Obtenido de <https://www.cisco.com/c/en/us/products/cloud-systems-management/prime-infrastructure/index.html>
- CISCO. (s.f.). *CISCO*. Obtenido de [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/products/wireless/what-is-wifi.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/products/wireless/what-is-wifi.html)
- ECURED. (2019). Obtenido de [https://www.ecured.cu/Google\\_Earth](https://www.ecured.cu/Google_Earth)
- Elespañol. (29 de octubre de 2017). *El Español*. Obtenido de [https://www.elespanol.com/omicron/tecnologia/20171029/posible-detectar-terremotos-cables-fibra-optica/257974904\\_0.html](https://www.elespanol.com/omicron/tecnologia/20171029/posible-detectar-terremotos-cables-fibra-optica/257974904_0.html)
- Fiber, S. (2022). *silexfiber*. Obtenido de <https://silexfiber.com/producto/divisor-splitter-optico-fbt-planar-sc-apc/>
- Google Earth. (2020).
- Michelena, A. (26 de Mayo de 2020). *MINISTRO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN*. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/>
- Millan, R. (1999). *Ramon Millan*. Obtenido de <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/sdh.php>
- mlstatic. (2020). *mlstatic*. Obtenido de [https://http2.mlstatic.com/fibra-optica-adss-6-6hilos-spman-200-metros-D\\_NQ\\_NP\\_694962-MEC40927807099\\_022020-F.jpg](https://http2.mlstatic.com/fibra-optica-adss-6-6hilos-spman-200-metros-D_NQ_NP_694962-MEC40927807099_022020-F.jpg)
- Optiwave. (2022). *Optiwave*. Obtenido de <https://optiwave.com/optisystem-overview/>
- PacketLight. (2021). *PacketLight*. Obtenido de [https://www.packetlight.com/technology/dwdm-network-technology?gclid=EAlalQobChMlq9\\_nolq08AIVDKbICh1fowNiEAAYASAAEgJ97\\_D\\_BwE](https://www.packetlight.com/technology/dwdm-network-technology?gclid=EAlalQobChMlq9_nolq08AIVDKbICh1fowNiEAAYASAAEgJ97_D_BwE)
- Pan Dacom Direkt. (2020). *Pan Dacom Direkt*. Obtenido de <https://www.pandacomdirekt.com/technologies/detail/dwdm.html>
- Penalva, J. (15 de 01 de 2020). *Qué es WiFi 6 y por qué va a mejorar tu red WiFi de casa (o cuando te conectes a una pública)*. Obtenido de Xataca:

- <https://www.xataka.com/especiales/que-wifi-6-que-va-a-mejorar-tu-red-wifi-casa-cuando-te-conectes-a-publica>
- Penalva, J. (22 de enero de 2021). *Xacata*. Obtenido de <https://www.xataka.com/especiales/que-wifi-6-que-va-a-mejorar-tu-red-wifi-casa-cuando-te-conectes-a-publica>
- Raffino, M. E. (16 de junio de 2020). *Concepto.de*. Obtenido de <https://concepto.de/fibra-optica/#ixzz6smszPofi>
- Ramírez, I. (17 de 09 de 2019). *Qué es Wi-Fi 6 y qué ventajas tiene con respecto a la versión anterior*. Obtenido de Xataka: <https://www.xataka.com/basics/que-wifi-6-que-ventajas-tiene-respecto-a-version-anterior>
- Ricaurte, G., & Peñafiel, A. (mayo de 2010). *Implementación de enlaces de banda ancha usando tecnología satelital VSAT HughesNet (DirecWay) en Ecuador*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/147372753.pdf>
- Salvador, J. R. (12 de 02 de 2018). *DAVNTEL*. Obtenido de <https://blog.davantel.com/introduccion-las-redes-sdh-jerarquias-formatos-trama-stm-multiplexacion-los-miercoles-tecnologia>
- Shenzhen Hanxin Communication Optical Fiber Cable Co., Ltd. (2020). *Made-in-China*. Obtenido de [https://es.made-in-china.com/co\\_hanxin/product\\_Figure-8-Fiber-Outdoor-Aerial-Optical-Cable\\_eiiohigry.html](https://es.made-in-china.com/co_hanxin/product_Figure-8-Fiber-Outdoor-Aerial-Optical-Cable_eiiohigry.html)
- Silexfiber. (2014). *Silexfiber*. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aB9Ksi8OUT4J:https://silexfiber.com/producto/cable-fibra-optica-autosoportado-figura-8/+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec&client=firefox-b-d>
- Silva, S. (2020). *REDES INALAMBRICAS Y DE LARGO ALCANCE*. quito. *Slideplayer*. (2021). Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/12404333/74/images/3/FABRICACI%C3%93N+DE+FIBRA+OPTICA.jpg>
- Telconet. (2020). *Telconet Latam*. Obtenido de <https://telconet.net/index.php/soluciones/connectivity/transmision-datos>
- TELNET. (2020). *Telnet Redes Inteligentes*. Obtenido de <https://www.telnet-ri.es/productos/cable-de-fibra-optica-y-componentes-pasivos/cable-aereo-adss/>
- Telpro Madrid. (5 de abril de 2019). Obtenido de *Fibra óptica monomodo y multimodo – Que es y en que se diferencian*: <https://telpromadrid.eu/que-es-la-fibra-optica-monomodo-y-multimodo/>
- ticA. (2022). *ticaplus*. Obtenido de <https://www.ticaplus.com/convertidores-de-medio/3667-transceiver-tplink-1000baset-a-fo-mm-1g-sc-550mts-1706502009.html>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (12 de 2006). *Características de los cables submarinos de fibra óptica*. Obtenido de [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.978-200612-S!!PDF-S&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.978-200612-S!!PDF-S&type=items)
- Viceministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación. (2018). *MINISTRO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN*. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2018/11/Plan-de-Servicio-Universal.pdf>