



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **“DISEÑO DE ENLACES TRONCALES DE TRANSMISIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TRÁFICO Y MIGRACIÓN TECNOLÓGICA EN NODOS PRESTADORES DE SERVICIOS FIJOS”**

**LUIS ALBERTO AUCANCELA ILBAY**

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGISTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

MARZO 2019



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

### CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad **Proyectos de Investigación y Desarrollo**, titulado “DISEÑO DE ENLACES TRONCALES DE TRANSMISIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TRÁFICO Y MIGRACIÓN TECNOLÓGICA EN NODOS PRESTADORES DE SERVICIOS FIJOS”, de responsabilidad del señor Luis Alberto Aucancela Ilbay ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

\_\_\_\_\_  
Lic. Pepita Ivonn Alarcón Parra; M.Sc  
**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

\_\_\_\_\_  
Ing. Mónica Andrea Zabala Haro; M.Sc  
**DIRECTORA**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

\_\_\_\_\_  
Ing. Diego Fernando Velóz Cherrez; M.Sc  
**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

\_\_\_\_\_  
Ing. Jonny Israel Guaiña Yugán; M.Sc.  
**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

Riobamba, marzo 2019

## DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Luis Alberto Aucancela Ibay, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

FIRMA  
No. CÉDULA 0603594326

**©2019, Luis Alberto Aucancela Ibay**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de investigación y desarrollo lo dedico a Dios nuestro señor ya que ha sido fuente de inspiración durante toda mi vida. A mi familia y amigos que han permanecido conmigo en todo momento.

Luis Alberto

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a cada una de las personas e instituciones que permitieron se lleve a cabo el presente proyecto de investigación y desarrollo, en especial a mi familia que me apoyo incondicionalmente durante la elaboración de mi trabajo de titulación, agradezco también a mi tutor la Ing. Mónica Zabala quien supo guiarme y transmitir su conocimiento de manera eficiente para culminar la tesis y alcanzar una meta más en mi vida profesional.

Luis Alberto

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xv</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Situación Problemática .....	2
1.3. Formulación del Problema.....	3
1.4. Preguntas Directrices .....	3
1.5. Justificación .....	4
1.6. Objetivos 5	
1.6.1. Objetivo General.....	5
1.6.2. Objetivos Específicos .....	5
1.7. Hipótesis .....	5
1.7.1. Hipótesis General .....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>6</b>
2. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Introducción.....	6
2.2. Tecnologías de acceso fijo.....	7
2.2.1. ADSL2plus .....	7
2.2.2. GPON .....	8
2.3. Tecnologías de acceso inalámbrico .....	10
2.3.1. HSPA+ .....	10
2.4. Tecnologías para enlaces troncales de Transmisión .....	12
2.4.1. SDH .....	12
2.4.2. DWDM .....	13
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>14</b>
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
3.1. Introducción.....	14
3.2. Tipo y Diseño de investigación .....	14
3.2.1. Tipo de Investigación .....	14
3.2.2. Diseño de Investigación.....	14
3.3. Métodos, Técnicas e Instrumentos .....	15
3.3.1. Métodos de Investigación.....	15

3.3.2.	Técnicas de Investigación.....	15
3.3.3.	Instrumentos de Investigación .....	16
3.4.	Cobertura de la Investigación .....	17
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>22</b>
4.	PROPUESTA TÉCNICA.....	22
4.1.	Infraestructura actual .....	22
4.1.1.	Red de Acceso Fijo.....	22
4.1.2.	Medios de Transmisión .....	24
4.1.3.	Red de Transporte.....	25
4.2.	Análisis de Tráfico.....	27
4.2.1.	Tráfico Generado en Equipos de Acceso DSLAM.....	28
4.2.2.	Tráfico Generado en Equipos de Acceso MPLS .....	30
4.3.	Capacidad de la Red .....	32
4.3.1.	Capacidad de transmisión - Equipos de Radio .....	32
4.3.2.	Capacidad de transmisión - Equipos de Fibra .....	34
4.4.	Optimización de Tráfico.....	35
4.4.1.	Equipos de acceso DSLAM.....	35
4.4.2.	Equipos de acceso MPLS de capa 2 .....	40
4.5.	Diseño de Enlaces.....	45
4.5.1.	Enlaces de Fibra Óptica.....	45
4.5.1.1.	Consideraciones de Diseño.....	46
4.5.1.2.	Presupuesto del enlace .....	49
4.5.1.3.	Ambiente de Simulación.....	50
4.5.2.	Enlace de Radio Microonda.....	53
4.5.2.1.	Consideraciones de Diseño.....	54
4.5.2.2.	Ambiente de simulación .....	56
4.6.	Infraestructura Propuesta.....	57
4.6.1.	Red de acceso fijo.....	58
4.6.2.	Red de transporte .....	58
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>62</b>
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	62
5.1	Resultados de Optimización realizada.....	62
5.1.1.	Parámetros Evaluados.....	65
5.2.	Resultados del Ambiente de Simulación .....	65
5.2.1.	Parámetros Simulados .....	71

5.3. Comprobación de la Hipótesis.....	71
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>78</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2. Fabricantes de equipos DSLAM.....	8
Tabla 2-2. Fabricantes de equipos OLT.....	10
Tabla 3-2. Fabricantes de equipos RBS 3G.....	12
Tabla 4-2. Velocidades Binarias Jerárquicas.....	13
Tabla 1-3. Nodos Prestadores de servicios fijos.....	17
Tabla 1-4. Hardware de red: DSLAM, MPLS Capa 2 y MPLS Capa 3.....	23
Tabla 2-4. Medios Físicos de Transmisión Disponibles.....	25
Tabla 3-4. Equipos de Transmisión Disponibles.....	26
Tabla 4-4. Tráfico de equipos DSLAM.....	28
Tabla 5-4. Saturación de equipos DSLAM.....	30
Tabla 6-4. Tráfico de equipos MPLS CAPA 2.....	30
Tabla 7-4. Saturación de equipos MPLS Capa 2.....	31
Tabla 8-4. Capacidad de Transmisión – Equipos de Microonda.....	32
Tabla 9-4. Capacidad de Transmisión – Equipo satelital.....	33
Tabla 10-4. Capacidad de Transmisión – Equipos de Fibra.....	34
Tabla 11-4. Saturación de equipos DSLAM “antes” de la propuesta.....	36
Tabla 12-4. Saturación de equipos DSLAM “después” de la propuesta.....	40
Tabla 13-4. Saturación de equipos MPLS Capa 2 “antes” de la propuesta.....	41
Tabla 14-4. Saturación de equipos MPLS Capa 2 “después” de la propuesta.....	45
Tabla 15-4. Datos de Ubicación para los sitios Palo Quemado y Dos Ríos.....	54
Tabla 1-5. Parámetros de Optimización_Enlaces de Transmisión_DSLAM.....	63
Tabla 2-5. Parámetros de Optimización_Enlaces de Transmisión_MPLS.....	64
Tabla 3-5. Parámetros de Optimización medidos por equipo.....	65
Tabla 4-5. Parámetros Factor Q y BER referenciales.....	68
Tabla 5-5. Enlaces STM-16 diseñados.....	68
Tabla 6-5. Parámetros simulados por enlace.....	71
Tabla 7-5. Operacionalización de variables.....	72
Tabla 8-5. Tabla1 de valores observados ( $f_{(0)}$ ).-V. Tabla1 de valores observados ( $f_{(0)}$ )... ..	75
Tabla 9-5. Tabla de valores esperados ( $f_e$ ). .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Arquitectura GPON.....	8
Figura 2-2. Elementos Principales Red de Acceso GPON.....	9
Figura 3-2. Evolución de HSPA.....	11
Figura 4-2. Característica HSPA+.....	11
Figura 5-2. Multiplexación WDM .....	13
Figura 1-3. Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón Latacunga.....	19
Figura 2-3. Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón Salcedo.....	19
Figura 3-3. Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón Pujili.....	20
Figura 4-3. Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón La Mana. ....	20
Figura 5-3. Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón Pangua. ....	21
Figura 6-3. Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón Sigchos.....	21
Figura 1-4. Recursos del SW de capa 2 LTCBPTRM01 .....	37
Figura 2-4. Recursos del SW de capa 2 LTCTNCHM01 .....	38
Figura 3-4. Recursos del SW de capa 2 LTCSFELM01 .....	42
Figura 4-4. Capacidad de transmisión equipo RTN 620 Las Pampas.....	44
Figura 5-4. Características técnicas del equipo RTN 620 Las Pampas.....	44
Figura 6-4. Simulación del parámetro Bit rate con Optisystem. ....	51
Figura 7-4. Simulación del parámetro Line code pattern con Optisystem. ....	51
Figura 8-4. Simulación de los parámetros Wavelength y Launched power con.....	51
Figura 9-4. S Simulación del parámetro Minimum extinction ratio con Optisystem. ....	52
Figura 10-4. Simulación del parámetro coeficiente de atenuación máximo con Optisystem. ....	52
Figura 11-4. Simulación Transmisión STM-16 Jose Guango Alto - Mulalo con Optisystem. ...	53
Figura 12-4. Simulación Transmisión STM-16 Guasaganda – Guayacan con Optisystem. ....	53
Figura 13-4. Georreferenciación para los sitios Palo Quemado y Dos Ríos.....	55
Figura 14-4. Torre autosoportada existente_sitio (B) Repetidor Dos Ríos Alluriquin. ....	56
Figura 15-4. Simulación de Enlace Microonda Palo Quemado - Dos Ríos Alluriquin. ....	57
Figura 1-5. Señal eléctrica transmitida.....	66
Figura 2-5. Espectro de la señal transmitida. ....	67
Figura 3-5. Min. BER, Transmisión STM-16 Jose Guango Alto – Mulalo.....	68
Figura 4-5. Factor Q, Transmisión STM-16 Jose Guango Alto – Mulalo. ....	69
Figura 5-5. Min. BER, Transmisión STM-16 Guasaganda – Guayacán.....	69
Figura 6-5. Factor Q, Transmisión STM-16 Guasaganda – Guayacán.....	70
Figura 7-5. Potencia mediada antes y después enlace de FO Guango Alto - Mulalo .....	70

Figura 8-5. Potencia mediada antes y después enlace de FO Guasaganda - Guayacan .....	71
Figura 9-5. Tabla Chi-Cuadrado. ....	76
Figura 10-5. Gráfica de Chi-Cuadrado.....	77

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4. Nodos prestadores de servicios fijos vs medios de transmisión .....	25
Gráfico 2-4. Nodos prestadores de servicios fijos vs equipos de transmisión .....	26
Gráfico 3-4. Análisis de Capacidad de Transmisión – Enlaces Microonda. ....	33
Gráfico 4-4. Análisis de Capacidad de Transmisión – Enlace Satelital. ....	34
Gráfico 5-4. Análisis de Capacidad de Transmisión – Enlaces de Fibra. ....	35
Gráfico 6-4. Medios de transmisión después del diseño. ....	59
Gráfico 7-4. Medios de transmisión después del diseño. ....	59
Gráfico 8-4. Equipos de transmisión antes del diseño. ....	60
Gráfico 9-4. Equipos de transmisión después del diseño. ....	60

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo A: Diseño de enlace de Fibra Óptica Jose Guango Alto – Mulalo.

Anexo B: Diseño de enlace de Fibra Óptica Guasaganda – Guayacán.

Anexo C: Volumen de obra y presupuesto – enlaces de Fibra Óptica

Anexo D: Data Sheet Huawei OptiX OSN 3500

Anexo E: Data Sheet Huawei OptiX RTN 620

Anexo F: Data Sheet Gilat SkyEdge II System

Anexo G: Tabla Chi cuadrado crítico

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo el diseño de enlaces troncales de transmisión para la optimización de tráfico y migración tecnológica en nodos prestadores de servicios fijos. Para lo cual se realizó en sitio el levantamiento de infraestructura de Transmisión y Core en 58 nodos prestadores de servicios fijos, con la utilización de los gestores de red SPIA y CACTI como instrumentos de investigación se practicó análisis de tráfico a 62 equipos DSLAM y 31 equipos MPLS de capa 2 considerando tráfico generado en horas pico con un historial de 7 días y los lineamientos propios de la operadora para calificar enlaces de transmisión saturados. Una vez hallados los 11 equipos DSLAM y MPLS de capa 2 saturados se aplica optimización a sus respectivos enlaces de transmisión, donde como resultado de la reingeniería practicada a 7 de los 11 enlaces saturados se obtuvo parámetros técnicos óptimos como tasa de éxito del 100% y una latencia de 3.37 ms. Para solventar la saturación encontrada en los enlaces donde no fue posible practicar optimización, se realiza el diseño de enlaces troncales de fibra óptica con capacidad STM-16 utilizando el software de simulación Optisystem y siguiendo las recomendaciones ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en lo referente a interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona, también se diseña un enlace de microonda con capacidad STM-1 utilizando el software de simulación Pathloss el mismo que adopta la recomendación UIT-R P.530-17 en lo referente a datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa. Los resultados obtenidos en la simulación de enlaces de fibra óptica reflejan parámetros BER y factor Q ideales que sirvieron para la demostración de la hipótesis y el cumplimiento de objetivos dentro del proyecto.

**Palabras Clave:** <TECNOLOGIA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, <TELECOMUNICACIONES>, <ENLACES TRONCALES DE TRANSMISIÓN>, <OPTIMIZACIÓN>, <DISEÑO DE ENLACES TRONCALES DE TRANSMISIÓN>, <OPTISYSTEM (SOFTWARE)>, <PATHLOSS (SOFTWARE)>, <BER (TAZA DE ERRORES EN LOS BITS)>, <FACTOR Q (RELACIÓN SEÑAL/RUIDO ELÉCTRICA)>.

## SUMMARY

The objective of this research project was the design of transmission trunk links for traffic optimization and technological migration in fixed service nodes. To this end, it was carried out in the site of transmission and core infrastructure survey was 58 fixed service providers, with the use of SPIA and CACTI network managers as research instruments, traffic analysis was performed on 62 DSLAM equipment and 31 Layer 2 MPLS equipment considering traffic generated during peak hours with a 7-day history and the operator's own guidelines for rating saturated transmission links. Once the 11 saturated DSLAM and MPLS layer 2 teams were found, optimization was applied to their respective transmission links, where as a result of the reengineering practiced on 7 of the 11 saturated links, optimal technical parameters were obtained as a 100% success rate and a latency of 3.37 ms. To solve the saturation found in the links where it was not possible to practice optimization, the design of fiber optic trunk links with STM-16 capacity was made using the Optisystem simulation software and following the recommendations ITU (International Telecommunication Union) in reference To optical interfaces for equipment and systems related to the synchronous digital hierarchy, a microwave link with STM-1 capacity is also designed using the Pathloss simulation software, which adopts recommendation ITU-R P.530-17 with regard to propagation data and prediction methods necessary for the design of terrestrial systems with direct visibility. The results obtained in the simulation of fiber optic links reflect ideal BER and Q factor parameters that served for the demonstration of the hypothesis and the fulfillment of objectives within the project.

**Keywords:** <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <TELECOMMUNICATIONS>, <TRUNK LINKS OF TRANSMISSION>, <OPTIMIZATION>, <DESIGN OF TRANSMISSION TRNK LINKS>, <OPTISYSTEM (SOFTWARE)>, <PATHLOSS (SOFWARE)>, <BER (BUG MUG ON THE BITS)>, <FACTOR Q (SIGNAL / ELECTRICAL NOISE RATIO)>.

# CAPÍTULO I

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Introducción

El siglo XXI sin lugar a duda se ha convertido en la época del progreso tecnológico, el internet por ser la red más grande del mundo, es el medio de comunicación global que día tras día gana más integrantes, aplicaciones de negocios y domesticas como el correo electrónico (email), Voz sobre IP (VoIP), comercio electrónico (e-commerce), cloud computing, Big Data, descargas de música y videos, redes sociales y entretenimiento en general son algunas de las innumerables aplicaciones que utilizan como herramienta fundamental el Internet.

La empresa operadora de telecomunicaciones, sea esta privada o pública, es la encargada de proveer servicio de Internet a los clientes que se encuentran localizados en su jurisdicción, técnicamente la operadora del servicio suministra un enlace de última milla al cliente el cual será utilizando como medio físico para la transmisión de datos, los enlaces cliente – planta externa pertenecen a la red de acceso de la operadora y es la encargada de ingresar al domicilio del cliente y dependiendo de su tipo Cobre/ Fibra/ Radio permite la selección de tecnología y la asignación de ancho de banda al cliente.

El nodo prestador de servicios fijos perteneciente a una Operadora de Telecomunicaciones posee en su infraestructura equipamientos de acceso GPON, DSLAM y MSAN los cuales son los encargados de proveer servicios fijos de telefonía, datos e internet a sus usuarios, de igual manera para soportar el tráfico generado por los equipos de acceso fijo en el nodo se dispone de equipamiento de transmisiones pertenecientes a la red de transporte del operador de telecomunicaciones.

La red de transporte o conocida también como red troncal de transmisión es la encargada de conducir el tráfico generado en el nodo prestador de servicios fijos de un equipo de transmisión a otro, para ello utiliza tecnología de acceso al medio que involucra la capa física (L1) y la capa de enlace de datos (L2) correspondientes al modelo de capas OSI, de manera similar que la red de acceso, la red de transporte del operador de telecomunicaciones utiliza medios guiados y no guiados como enlace de transmisión troncal. El presente proyecto analiza la red de transporte de un operador de telecomunicaciones estatal y está enfocado en el diseño de enlaces troncales de transmisión para optimización de tráfico y migración tecnológica de 58 nodos prestadores de servicios fijos de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones agencia provincial Cotopaxi.

## **1.2. Situación Problemática**

En el mundo, los servicios fijos de telecomunicaciones como telefonía, televisión e internet se han convertido en una necesidad para la población, según estadísticas proporcionadas por el portal de Internet World Stats para junio del 2018 existen 4.208'571.287 usuarios del servicio de acceso a internet en el mundo. ([www.internetworldstats.com](http://www.internetworldstats.com))

En América Latina 6 de cada 10 personas cuentan con el servicio de acceso a internet y es por esta razón que en la región los proveedores de servicios de telecomunicaciones ya sea nacionales o multinacionales con el ánimo de liderar el mercado del sector se encuentran renovando tecnológicamente su infraestructura técnica, así como también lanzando planes comerciales que permitan darse a conocer con los clientes y que ellos gocen de un servicio de telefonía, televisión e internet de excelencia, con una velocidad increíble de acceso al medio y lógicamente con un equipamiento técnico de punta.

En Ecuador según los datos que publica el órgano regulador estatal Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones para octubre del 2018 existen 10'972.928 usuarios del servicio de acceso a internet fijo y móvil lo que equivale a un porcentaje de penetración en la población ecuatoriana del 64,69%. La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP es el operador líder en la prestación de

servicios fijos en el Ecuador, el 50% de cuentas de internet fijo pertenecen al operador estatal CNT EP. ([www.arcotel.gob.ec](http://www.arcotel.gob.ec))

En la provincia de Cotopaxi la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) reporta en sus estadísticas que el 6,5 % de la población total posee servicios de internet fijo. ([www.arcotel.gob.ec](http://www.arcotel.gob.ec))

La CNT EP por ser el proveedor líder en el mercado de servicios fijos de telecomunicaciones se encuentra desarrollando proyectos nuevos como enlaces backbone para clientes corporativos e instalación de OLT's GPON para clientes corporativos y masivos; para soportar el tráfico proyectado por los equipos de acceso es necesario el diseño de enlaces troncales de transmisión para la optimización de tráfico y migración tecnológica en nodos prestadores de servicios fijos de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, Agencia Cotopaxi.

### **1.3. Formulación del Problema**

El uso ineficiente de los recursos de transmisión disponibles, limita la capacidad de tráfico en nodos prestadores de servicios fijos de una operadora de telecomunicaciones.

### **1.4. Preguntas Directrices**

¿Cuáles son los recursos en cuanto a medios de transmisión físico que la operadora de telecomunicaciones dispone y necesitan ser analizados?

¿Cuáles son los antecedentes de infraestructura de telecomunicaciones que ha implementado la operadora de telecomunicaciones?

¿Los parámetros de rendimiento de red cumplen con los estándares internacionales y son adecuados para los nodos prestadores de servicios fijos?

¿La migración entre tecnologías de transmisión alámbrica e inalámbrica permite optimizar recursos y mejorar la red?

¿Cómo la propuesta para modificar la infraestructura de transmisión resuelve los problemas de limitación de tráfico, saturación e intermitencias generadas en nodos prestadores de servicios fijos de una operadora de telecomunicaciones?

### **1.5. Justificación**

Uno de los objetivos importantes del Plan Nacional del Buen Vivir señala que el estado debe asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica del país. La CNT EP por ser una empresa pública ecuatoriana se encuentra comprometida en ofrecer a sus clientes servicios de telecomunicaciones con calidad y calidez; para ello la CNT EP se encuentra ejecutando planes de modernización en todo el país. Uno de los planes de la operadora estatal es proveer con tecnología de punta al equipamiento técnico de la red Troncal Nacional de Transmisión con el objetivo de robustecer la red de transporte de la operadora estatal; otro plan importante que se encuentra ejecutando la operadora en la provincia de Cotopaxi y en el país, es de actualizar los equipos de acceso como DSLAM y MSAN creando nuevos puertos de internet y migrando las centrales antiguas a centrales modernas respectivamente. Además, la CNT EP se encuentra trabajando en un objetivo nacional que es de reemplazar la red de cobre existente por otra red de vanguardia como es la red GPON permitiendo a los clientes acceso a enlaces de mayor capacidad para utilizar nuevos e interactivos servicios de telecomunicaciones. Por lo expuesto la CNT EP Agencia Cotopaxi necesita de manera inmediata el diseño de enlaces troncales de transmisión para la optimización de tráfico y migración tecnológica en 57 nodos prestadores de servicios fijos. Para ejecutar la actualización es necesario realizar un levantamiento del equipamiento de transmisión que dispone actualmente la empresa: enlaces de radio, enlaces de fibra óptica, enlaces satelitales y principalmente medir el tráfico saliente de los nodos prestadores de servicios fijos para realizar una propuesta integral de migración de tecnología que incluye la capa física, considerando medios de transmisión (Fibra Óptica, Radio), capa de aplicación (internet, datos y telefonía) y análisis de tráfico que nos permita garantizar enlaces de transmisión robustos, con capacidades óptimas para soportar tráfico de datos actual y proyectado para 5 años.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Diseñar enlaces troncales de transmisión para la optimización de tráfico y migración tecnológica en nodos prestadores de servicios fijos.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la red y los recursos de transmisión disponibles en nodos prestadores de servicios fijos de CNT EP Agencia Cotopaxi.
- Determinar el rendimiento de los enlaces troncales de transmisión en la CNT EP Agencia Cotopaxi.
- Integrar un plan de optimización y migración dirigido a enlaces troncales de transmisión existentes.
- Diseñar enlaces troncales de transmisión nuevos para los nodos que registran saturación e intermitencias.

## **1.7. Hipótesis**

### **1.7.1. Hipótesis General**

Mediante software de simulación será posible evaluar y diseñar enlaces troncales de transmisión que cumplan con la normativa de la UIT y que sirvan para la optimización de tráfico y migración tecnológica en nodos prestadores de servicios fijos.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Introducción

Un operador de telecomunicaciones posee en su infraestructura distintos tipos de nodos según la naturaleza para la cual fueron construidos, dependiendo del servicio que provee a los usuarios se pueden clasificar en nodos prestadores de servicios fijos y nodos prestadores de servicios móviles. El tráfico de datos generado en el nodo prestador de servicios fijos es causado por los equipos de acceso presentes en el nodo como son DSLAM o GPON, dichos equipos generan tráfico mayor o menor dependiendo de la tecnología de acceso utilizada y su red de última milla o red de planta externa correspondiente como es cobre o fibra óptica.

Para transmitir el tráfico generado en el nodo prestador de servicios fijos hacia la oficina central de la operadora de telecomunicaciones es necesario un enlace de transmisión robusto, que sea el mejor tecnológicamente y que se encuentre correctamente optimizado para sacar el mayor provecho a la infraestructura de transmisión del operador de telecomunicaciones. Si el nodo prestador de servicios fijos no cuenta con un enlace de transmisión robusto y presenta saturaciones e intermitencias en el canal, es necesario el diseño de nuevos enlaces de transmisión intercentrales que sigan las recomendaciones de Unión Internacional de las Telecomunicaciones UIT-T y de esta manera se pueda solucionar los problemas técnicos para ofrecer a los clientes servicios convergentes de voz, video y datos de manera óptima con el único objetivo de satisfacer a los clientes.

Los enlaces diseñados en la investigación se adaptan a la demanda de tráfico que el nodo prestador de servicios fijos posee, los enlaces de fibra óptica diseñados siguen las recomendaciones UIT-T G.692, G.671, G.652 y G.957 así como por su parte el enlace de microonda diseñado utiliza las recomendaciones UIT-R P.530-17 y ITU-R P837-3 por la situación geográfica de los sitios y las recomendaciones UIT-R P.453-13; UIT-R P.530-17 y UIT-R P.837-7 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones para la simulación.

Al diseñar los enlaces de transmisión intercentrales se brinda a la operadora de telecomunicaciones la posibilidad de solventar las saturaciones e intermitencia localizadas en el análisis realizado a 58 nodos prestadores de servicios fijos.

## **2.2. Tecnologías de acceso fijo**

Dentro de las tecnologías de última milla que se dispone en un nodo prestador de servicios fijos podemos citar ADSL y GPON.

### **2.2.1. ADSL2plus**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones lanza en enero del 2009 la recomendación UIT-T G.992.5 que actualmente se encuentra vigente para que los fabricantes adopten características en la elaboración de módems con tecnología ADSL que utilizan el mismo cable que ISDN.

Con las mejoras logradas en la recomendación UIT-T G.992.5 se obtiene una velocidad de descarga de 24Mbps y de carga alcanza 1 Mbps; se reduce en gran medida el cross talk y como todas sus antecesoras mantiene el legado interoperable. (UIT-T G. 992.5, 01/2009)

Las principales ventajas de esta tecnología son:

- Baja tarifa.
- Acceso a servicios avanzados o mejor conocidos como triple play.
- Acceso al servicio de LAN extendida.

En la industria de las telecomunicaciones los fabricantes que apuntan a la evolución y desarrollo de equipos DSLAM que utilizan medios guiados como el cobre para el acceso son varios, en Latinoamérica los fabricantes asiáticos y europeos están siempre un paso adelante en poner en el mercado su desarrollo en cuanto a hardware.

En Ecuador los aliados Alcatel- Lucent y Huawei lideran el mercado de fabricantes, existen varios modelos de equipos DSLAM como los expuestos en la Tabla 1-II.

**Tabla 1-2.** Fabricantes de equipos DSLAM

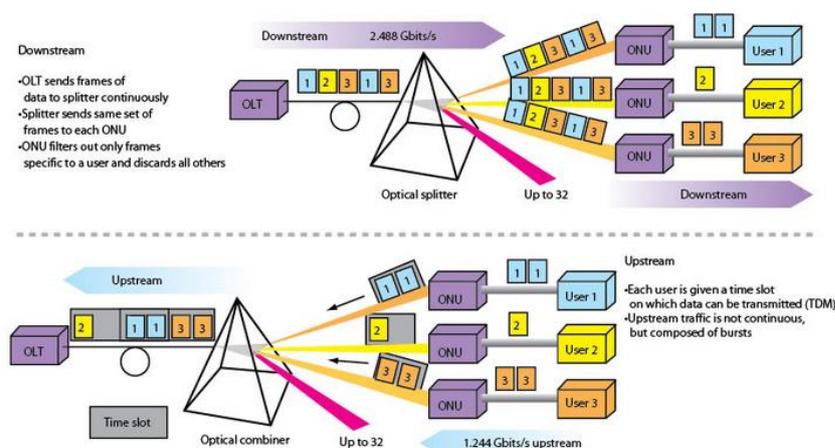
Fabricante	Modelos de Equipos DSLAM
Alcatel- Lucent	7330 ISAM FTTN 7302 ISAM FTTN
Huawei	SmartAX MA5600 SmartAX MA5603

Fuente: (alcatel-lucent, 2018); (huawei, 2018).

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

### 2.2.2. GPON

La red GPON (Gigabit Passive Optical Network) es una red de acceso con capacidad de 1Gbps con las características propias de las redes ópticas pasivas PON, es decir, su diseño de planta externa consta de elementos pasivos, los mismos que no requieren de alimentación eléctrica para su funcionamiento y que significa, en conjunto con sus bajos niveles de mantención, en ahorros importantes en el mantenimiento de Red. (UIT-T G. 984.1, 03/2008)

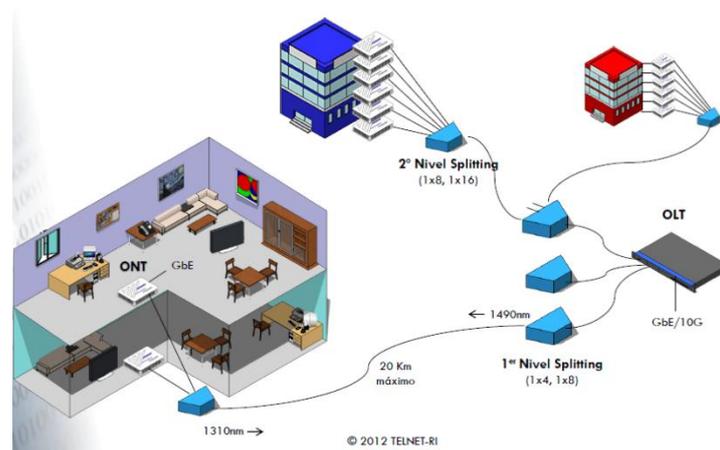


**Figura 1-2.** Arquitectura GPON

Fuente: (Adolfo García, 11/2012)

En la red GPON existen diferentes arquitecturas de distribución de la información al usuario final las mismas que dependen de las necesidades de voz y datos del cliente, entre las más comúnmente utilizadas podemos citar a Tendido de fibra a la casa del usuario (FTTH), fibra al edificio (FTTB), fibra al armario externo (FTTC) o fibra a la torre de red móvil (FTTT). (UIT-T G. 984.1, 03/2008)

La Red de acceso GPON está compuesta de tres elementos principales: Un Terminal de Línea Óptico (OLT) situado en una Oficina Central (CO), interconectado por una Red de Distribución Óptica pasiva (ODN) a un determinado nodo de distribución y que tiene su terminación en un Terminal instalado en el usuario (ONT).



**Figura 2-2.** Elementos Principales Red de Acceso GPON  
Fuente: (Adolfo Garcia, 11/2012)

GPON ofrece un amplio soporte de servicios, incluyendo voz (TDM, SONET, SDH), Ethernet, ATM, Frame Relay, líneas arrendadas, extensiones wireless, etc., mediante el uso de un método de encapsulación conocido como GEM (GPON Encapsulation Method). En cuanto a los cambios de protección, GPON ofrece un mejoramiento de la confiabilidad de la red de acceso utilizando SDH (Jerarquía Digital Sincrónica), como cambios de protección automáticos y cambios de protección forzosos. Todas estas novedades impactan al usuario final con un servicio de alta calidad y confiabilidad. (UIT-T G. 984.1, 03/2008)

En la industria de las telecomunicaciones los fabricantes que se encuentran de la mano con la tecnología en el desarrollo de equipos OLT que utilizan medios guiados como la fibra óptica para el acceso son varios; En Latinoamérica los fabricantes asiáticos y europeos están siempre un paso adelante en poner en el mercado su desarrollo en cuanto a hardware.

En Ecuador las marcas ZTE, Alcatel-Lucent y Huawei lideran el mercado de fabricantes, existen varios modelos de equipos OLT como los expuestos en la Tabla 2-II

**Tabla 2-2.** Fabricantes de equipos OLT

<b>Fabricante</b>	<b>Modelos de Equipos OLT</b>
Alcatel- Lucent	7342 ISAM FTTU
Huawei	SmartAX MA5800 SmartAX MA5608T

**Fuente:** (alcatel-lucent, 2018); (huawei, 2018); (ZTE, 2018).

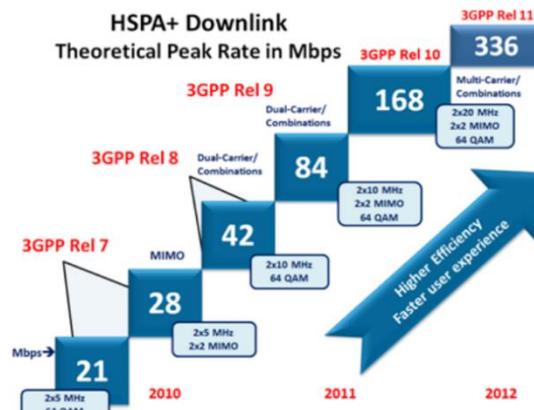
**Realizado por:** Aucancela Luis, 2018

### **2.3. Tecnologías de acceso inalámbrico**

Un nodo prestador de servicios fijos hoy en día puede convertirse en un nodo prestador de servicios mixto, es decir, en su infraestructura podemos encontrar tecnologías de acceso inalámbrico como es el caso de GSM, HSPA+ o LTE.

#### **2.3.1. HSPA+**

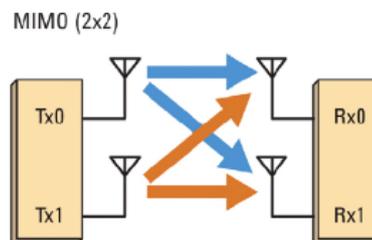
HSPA (Acceso a Paquetes a Alta Velocidad) y su evolución a HSPA+ (plus) es la tecnología de banda ancha móvil más ampliamente desplegada en el mundo y es la evolución de tercera generación (3G) de la familia de tecnologías 3GPP. HSPA es el término empleado para referirse al despliegue en una red de tecnología HSDPA (3GPP Release 5) como así también HSUPA (3GPP Release 6). HSPA Plus (HSPA+ en el 3GPP Release 7 y posteriores) es también parte de la tecnología HSPA y prorrogó la inversión de un operador en la red antes de dar el siguiente paso a 3GPP Long Term Evolution (Evolución para el Largo Plazo o LTE, según la sigla en inglés, o 3GPP Release 8 y posteriores). HSPA se desarrolla a partir de UMTS/WCDMA de tercera generación (3G) y está fuertemente posicionada como la tecnología de datos móviles líder para el futuro previsible. (5gamericas, 2010)



**Figura 3-2.** Evolución de HSPA  
Fuente: (5gamericas, 2010).

Para aumentar aún más las velocidades de bits en la evolución de HSPA, denominado HSPA +, se agregan nuevas funciones; La modulación de orden superior 64QAM (DL) y 16QAM (UL), así como la Salida Múltiple de Entrada Múltiple (MIMO), utilizada solo en el DL. La velocidad máxima de canal DL, usando 64QAM y 15 códigos, es de 21 Mbps y UL usando 16QAM es de 11 Mbps. (3GPP, 2007)

MIMO, p. Spatial Multiplexing, se usa para aumentar la tasa de bits global mediante la transmisión de dos (o más) flujos de datos diferentes en dos (o más) antenas diferentes, utilizando los mismos códigos de canalización al mismo tiempo, separados mediante el uso de diferentes códigos de precodificación y diferente piloto canales transmitidos desde cada antena Tx - para ser recibidos por dos o más antenas Rx, ver Figura 4-II. En la versión 7 de 3GPP para HSPA hay 2 antenas Tx y Rx (2x2 MIMO). (3GPP, 2007)



**Figura 4-2.** Característica HSPA+  
Fuente: (3GPP, 2007)

En la industria de las comunicaciones móviles existen varios fabricantes que se encuentran desarrollando productos para el acceso inalámbricos de los usuarios de

telefonía celular; En Latinoamérica los fabricantes asiáticos y europeos están siempre un paso adelante en poner en el mercado su desarrollo en cuanto a hardware.

En Ecuador las marcas Ericsson, ZTE y Huawei lideran el mercado de fabricantes de equipos conocidos como nodos B, existen varios modelos de equipos en cuanto a RBS 3G como se expone en la Tabla 3-II.

**Tabla 3-2.** Fabricantes de equipos RBS 3G

<b>Fabricante</b>	<b>Modelos de Equipos RBS 3G</b>
Ericsson	RBS 3101
ZTE	RBS BS8900A
Huawei	RBS DBS3900

**Fuente:** (ericsson, 2018); (huawei, 2018); (ZTE, 2018)

**Realizado por:** Aucancela Luis, 2018

## **2.4. Tecnologías para enlaces troncales de Transmisión**

En lo que respecta al estado del arte para enlaces troncales de transmisión podemos citar las tecnologías SDH y DWDM que utilizan la fibra óptica como medio de transmisión y son capaces de manejar alto tráfico correspondiente a la red de transporte.

### **2.4.1. SDH**

Con el propósito de cubrir la necesidad de manejar velocidades de transmisión cada vez mayores, así como la preocupación por una operación más confiable, flexible y económica los operadores de telecomunicaciones se han decidido por la jerarquía digital síncrona (SDH).

Las recomendaciones G.707, G.708 y G.709 de UIT-T definen velocidades de transmisión, formatos de señal, estructuras de multiplexación, tipos de tributarios para la interfaz del nodo de red y definen la interfaz estándar internacional para SDH.

**Tabla 4-2.** Velocidades Binarias Jerárquicas.

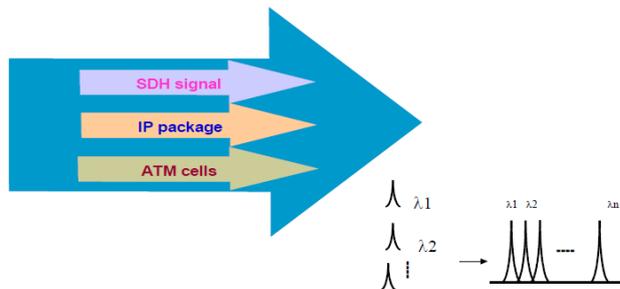
Nivel de Jerarquía Digital Síncrona	Velocidad Binaria Jerárquica (kbps)
STM-1	155 520
STM-2	622 080
STM-16	2 488 320
STM-64	9 953 280

Fuente: Recomendación UIT-T G.707  
Realizado por: Aucancela Luis, 2018

La Tabla 4-II muestra la velocidad de transmisión que se puede conseguir con la tecnología SDH y la cual es perfecta para ser utilizada en nodos prestadores de servicios fijos en su red de transporte.

#### 2.4.2. DWDM

El concepto WDM (Multiplexación por división de longitud de onda) manifiesta que, diferentes señales con longitudes de onda distintas serán multiplexadas y transmitidas en una misma fibra, es decir se optimiza la utilización del medio de transmisión como es la fibra óptica al integrar servicios SDH, IP y ATM que serán transportados por un mismo hilo de fibra óptica, Figura 5-2.



**Figura 5-2.** Multiplexación WDM  
Fuente: Recomendación UIT-T G.694.1

DWDM o Multiplexación por división de longitud de onda densa utiliza las bandas C y L del espectro de frecuencias, sus principales características son descritas en la recomendación UIT-T G.694.1 y entre sus ventajas tenemos transparencia, transmisión a largo alcance, alta capacidad, utiliza las fibras ópticas existentes, alta relación desempeño/costo, confiabilidad y facilidad de upgrade.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Introducción**

En este capítulo se detalla la metodología empleada en el desarrollo de la presente investigación, se describe el tipo y diseño de investigación, métodos, técnicas e instrumentos utilizados en la comprobación de la hipótesis. También se expone el estudio de la demanda para finalmente, delimitar el territorio donde se realiza la investigación que en este caso es la provincia de Cotopaxi y el operador es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones de Ecuador.

#### **3.2. Tipo y Diseño de investigación**

##### **3.2.1. Tipo de Investigación**

En el presente proyecto se hace uso de una investigación de carácter NO EXPERIMENTAL debido a que se realiza el diseño simulado de enlaces troncales de transmisión para la optimización de tráfico y migración tecnológica en nodos prestadores de servicios fijos de la CNT EP provincia de Cotopaxi y se pondrá a consideración de la Gerencia de Planificación Estratégica y Gerencia de Ingeniería de la CNT EP para su ejecución.

##### **3.2.2. Diseño de Investigación**

El proyecto se basa en un diseño de investigación transversal, ya que se utiliza información proveniente de archivo activo e inactivo, Además se realizan visitas de campo a 58 nodos prestadores de servicios fijos de la CNT EP, provincia de Cotopaxi.

### **3.3. Métodos, Técnicas e Instrumentos**

En esta sección, se da a conocer los métodos, técnicas e instrumentos que se han usado en el desarrollo de la presente investigación, ya que con la ayuda de ellas, se hizo una recolección de datos excelentes para elaborar un proceso investigativo eficiente y de esta manera concluir el proyecto cumpliendo con los objetivos planteados en el anteproyecto.

#### **3.3.1. Métodos de Investigación**

- **Método Científico.-** Mediante este método durante la investigación se pudo buscar información en libros, revistas, artículos científicos e Internet, logrando conseguir recomendaciones oficiales que permiten elaborar los diseños y solucionar problemas.
- **Método Analítico.-** Este método se aplica durante la etapa de análisis donde se monitorea el tráfico de los nodos prestadores de servicios fijos y se compara la robustez de los enlaces troncales de transmisión antes y después de los diseños realizados.
- **Experimental.-** Este método consiste en provocar voluntariamente una situación que se requiere estudiar, para modificar o alterar, es decir que se diseñan ambientes de simulación, para realizar las pruebas necesarias, y analizar los resultados obtenidos de modo que se comprueben las mejoras realizadas.

#### **3.3.2. Técnicas de Investigación**

- **Revisión de Documentación.-** Se buscó información relevante en bibliotecas digitales, sitios web oficiales, artículos científicos, libros, revistas y tesis donde se exponen soluciones de saturación en enlaces troncales de transmisión a través de análisis de tráfico y diseño de nuevos enlaces.

- **Pruebas.-** Se realizan pruebas mediante la construcción de escenarios de simulación con la ayuda de software especializado en el diseño de enlaces de fibra óptica y enlaces de radio microonda.
- **Observación.-** Durante la etapa de simulación se observa y comprueba la operación exitosa de los enlaces diseñados; se observa además como los diseños influye en el rendimiento de la red.

### 3.3.3. Instrumentos de Investigación

- **CACTI.-** Es una aplicación de software utilizada para monitorear en tiempo real el tráfico de switches de capa 2 y 3 que pertenecen a una red; genera alarmas de desconexión y avisos de fuera de servicio de un equipo.
- **SPIA.-** Es una aplicación de software para gestionar los recursos de una red de telecomunicaciones no trabaja en tiempo real y necesita de un administrador para actualizar los recursos de red.
- **SecureCRT.-** Es una aplicación de software utilizada para monitorear y gestionar en tiempo real y de forma remota los recursos de red como el tráfico de switches de capa 2 y 3.
- **Optisystem 15.0.-** Es un software de simulación para diseño de redes de fibra óptica, permite obtener resultados de rendimiento del sistema.
- **Pathloss 5 Link.-** Es un software de simulación para diseño de enlaces de microonda, permite obtener resultados de rendimiento del sistema.

### 3.4. Cobertura de la Investigación

Se elige la Operadora Estatal Corporación Nacional de Telecomunicaciones Agencia Cotopaxi para ejecutar el proyecto de investigación y desarrollo denominado DISEÑO DE ENLACES TRONCALES DE TRANSMISIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TRÁFICO Y MIGRACIÓN TECNOLÓGICA EN NODOS PRESTADORES DE SERVICIOS FIJOS, los nodos involucrados se encuentran geográficamente ubicados en 35 parroquias correspondientes a seis cantones de la provincia de Cotopaxi.

**Tabla 1-3.** Nodos Prestadores de servicios fijos

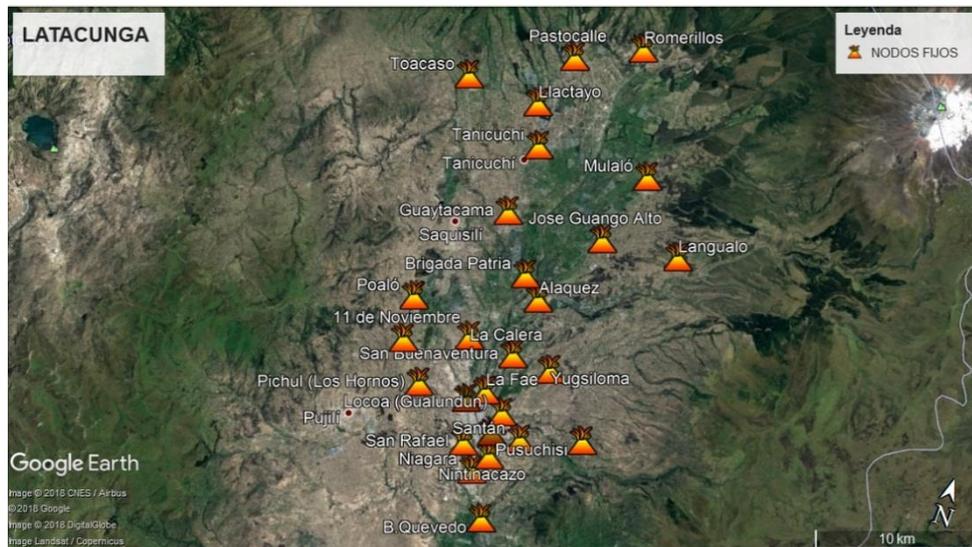
PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	COORDENADA	LOCALIDAD SISMAC	SISMAC
Cotopaxi	Latacunga	11 de Noviembre	S0 54 28.9 W78 40 21.0	11 DE NOVIEMBRE	0193
Cotopaxi	Latacunga	Alaquez	S0 51 55.0 W78 36 34.0	ALAUQUEZ	0025
Cotopaxi	Latacunga	Alaquez	S0 48 55.6 W78 32 41.2	LANGUALO	0037
Cotopaxi	Latacunga	Belisario Quevedo	S0 59 18.0 W78 35 56.0	BELISARIO QUEVEDO	0026
Cotopaxi	Latacunga	Eloy Alfaro (San Felipe)	S0 53 41.0 W78 38 19.0	LA CALERA	0006
Cotopaxi	Latacunga	Eloy Alfaro (San Felipe)	S0 55 40.6 W78 37 43.4	SAN FELIPE (LATACUNGA)	0085
Cotopaxi	Latacunga	Eloy Alfaro (San Felipe)	S0 55 41.7 W78 39 22.5	SAN JOSE DE PICHUL (LOS HORNOS)	0097
Cotopaxi	Latacunga	Eloy Alfaro (San Felipe)	S0 57 04.6 W78 37 20.0	SAN RAFAEL (CO)	0033
Cotopaxi	Latacunga	Guaytacama	S0 49 20.2 W78 38 29.6	GUAYTACAMA	0005
Cotopaxi	Latacunga	Ignacio Flores (Parque Flores)	S0 57 57.1 W78 36 40.0	NIAGARA	0167
Cotopaxi	Latacunga	Ignacio Flores (Parque Flores)	S0 57 13.8 W78 36 22.9	NINTINACAZO	0192
Cotopaxi	Latacunga	Ignacio Flores (Parque Flores)	S0 56 27.6 W78 36 33.9	SIGSICALLE SUR (LATACUNGA)	0083
Cotopaxi	Latacunga	Ignacio Flores (Parque Flores)	S0 56 22.6 W78 35 36.0	SAN TAN	0100
Cotopaxi	Latacunga	José Guango Bajo	S0 49 11.3 W78 35 14.9	JOSE GUANGO ALTO	0086
Cotopaxi	Latacunga	Juan Montalvo (San Sebastián)	S0 55 45.0 W78 33 38.0	PUSUCHISI	0039
Cotopaxi	Latacunga	Juan Montalvo (San Sebastián)	S0 53 51.6 W78 35 25.4	SAN JOSÉ DE YUGSILOMA	0099
Cotopaxi	Latacunga	La Matriz	S0 55 13.5 W78 37 13.3	LA FAE	0180
Cotopaxi	Latacunga	Mulaló	S0 46 49.0 W78 34 38.0	MULALO	0012
Cotopaxi	Latacunga	Poaló	S0 53 01.8 W78 40 29.5	SAN JOSE DE POALO	0096
Cotopaxi	Latacunga	San Buenaventura	S0 55 44.0 W78 36 27.5	LOCOA (LATACUNGA)	0082
Cotopaxi	Latacunga	San Buenaventura	S0 53 47.5 W78 36 45.4	LATACUNGA - SAN BUENAVENTURA	0081
Cotopaxi	Latacunga	San Juan de Pastocalle	S0 43 45.4 W78 38 07.4	PASTOCALLE	0015
Cotopaxi	Latacunga	San Juan de Pastocalle	S0 42 50.5 W78 35 58.6	ROMERILLOS	0166
Cotopaxi	Latacunga	Tanicuchí	S0 51 03.0 W78 37 10.0	BRIGADA PATRIA	0036

Cotopaxi	Latacunga	Tanicuchí	S0 45 35.3 W78 38 45.3	LLACTAYO	0195
Cotopaxi	Latacunga	Tanicuchí	S0 46 56.0 W78 38 16.0	TANICUCHI	0021
Cotopaxi	Latacunga	Toacaso	S0 45 28.2 W78 41 13.5	TOACAZO	0022
Cotopaxi	La Maná	El Triunfo	S0 57 54.9 W79 18 04.0	CHIPE AMBURGO 1	0063
Cotopaxi	La Maná	El Triunfo	S0 59 15.2 W79 18 23.8	CHIPE HAMBURGO 2	0075
Cotopaxi	La Maná	El Triunfo	S0 59 10.3 W79 16 43.6	LA ESMERALDA	0168
Cotopaxi	La Maná	El Triunfo	S0 56 33.2 W79 16 42.0	LA MANA - EL TRIUNFO-MORAL	0098
Cotopaxi	La Maná	Guasaganda	S0 45 32.6 W79 08 19.3	CALIFORNIA (LA JOSEFINA)	0169
Cotopaxi	La Maná	Guasaganda	S0 48 11.0 W79 09 34.9	GUASAGANDA	0076
Cotopaxi	La Maná	Pucayacu	S0 43 02.3 W79 07 01.6	PUCAYACU	0029
Cotopaxi	Pangua	Moraspungo	S1 12 02.2 W79 16 49.8	CATAZACON	0046
Cotopaxi	Pangua	Moraspungo	S1 10 59.1 W79 14 45.2	LAS JUNTAS	0205
Cotopaxi	Pangua	Moraspungo	S1 10 29.6 W79 13 30.2	MORASPUNGO	0011
Cotopaxi	Pangua	Pinllopata	S1 08 38.0 W79 01 32.9	PINLLOPATA	0053
Cotopaxi	Pangua	Pinllopata	S1 09 58.5 W79 02 42.1	SICOTO	0054
Cotopaxi	Pangua	Ramón Campaña	S1 06 43.6 W79 05 19.4	RAMON CAMPAÑA	0087
Cotopaxi	Pujilí	Angamarca	S1 07 04.4 W78 55 50.9	ANGAMARCA	0044
Cotopaxi	Pujilí	La Victoria	S0 55 17.6 W78 41 27.1	LA VICTORIA	0008
Cotopaxi	Pujilí	Pilaló	S0 55 47.0 W79 02 57.0	MACUCHI	0074
Cotopaxi	Pujilí	Pilaló	S0 56 44.9 W78 59 37.0	PILALO	0052
Cotopaxi	Pujilí	Pujilí	S0 59 33.9 W78 41 55.2	LA MERCED DE PUJILI	0194
Cotopaxi	Pujilí	Tingo	S0 52 08.7 W79 06 36.0	EL PALMAR	0080
Cotopaxi	Pujilí	Tingo	S0 53 53.2 W79 09 43.6	LA MANA - GUAYACAN	0065
Cotopaxi	Pujilí	Tingo	S0 54 59.1 W79 03 29.2	TINGO LA ESPERANZA(PUJILI)	0047
Cotopaxi	Pujilí	Zumbahua	S0 57 45.7 W78 53 56.9	ZUMBAHUA	0055
Cotopaxi	Salcedo	Antonio José Holguín (Santa Lucía)	S1 05 55.0 W78 36 11.4	ANTONIO JOSE HOLGUIN	0024
Cotopaxi	Salcedo	Cusubamba	S1 04 14.1 W78 42 11.3	CUSUBAMBA (COT)	0038
Cotopaxi	Salcedo	Mulalillo	S1 05 36.8 W78 37 43.3	MULALILLO	0027
Cotopaxi	Salcedo	Mulliquindil (Santa Ana)	S1 02 02.0 W78 33 53.0	MULLIQUINDIL	0014
Cotopaxi	Salcedo	Pansaleo	S1 03 59.7 W78 35 55.4	PANZALEO	0095
Cotopaxi	Salcedo	Pansaleo	S1 05 03.2 W78 34 55.7	PATAIN (CO)	0035
Cotopaxi	Sigchos	Chugchilán	S0 48 00.6 W78 55 15.3	CHUGCHILAN	0040
Cotopaxi	Sigchos	Las Pampas	S0 26 04.6 W78 57 52.7	LAS PAMPAS	0050
Cotopaxi	Sigchos	Palo Quemado	S0 22 21.1 W78 55 23.6	CO_MSAN_PALO QUEMADO	0028

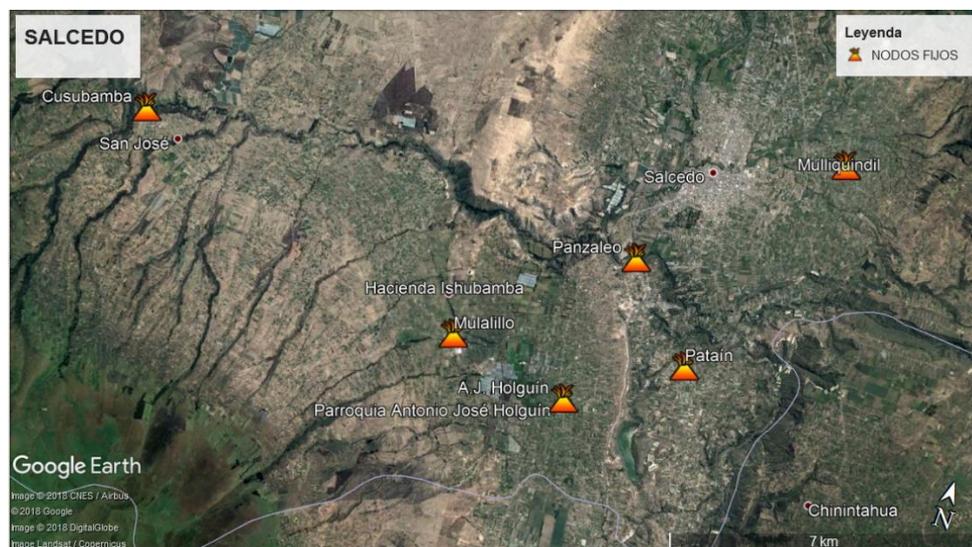
**Realizado por:** Aucancela Luis, 2018

En la Tabla 1-3 se describen los 58 nodos prestadores de servicios fijos que son objeto de la presente investigación, se consideran los parámetros de georreferenciación como latitud y longitud así como también la provincia, cantón y parroquia donde se encuentran ubicados los nodos, Además se cita un parámetro importante como es el código único, el cual sirve para identificar el sitio en los diferentes gestores y software de monitoreo.

Para poder visualizar la cobertura que tendrá la presente investigación se realiza un modelado en la herramienta google earth para observar la localización de los nodos prestadores de servicios fijos en cada uno de los cantones de la provincia de Cotopaxi. Las Figuras 1-3 a la Figuras 6-3 muestran lo mencionado.



**Figura 1-3.** Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón Latacunga.  
**Fuente:** Aucancela Luis, 2018



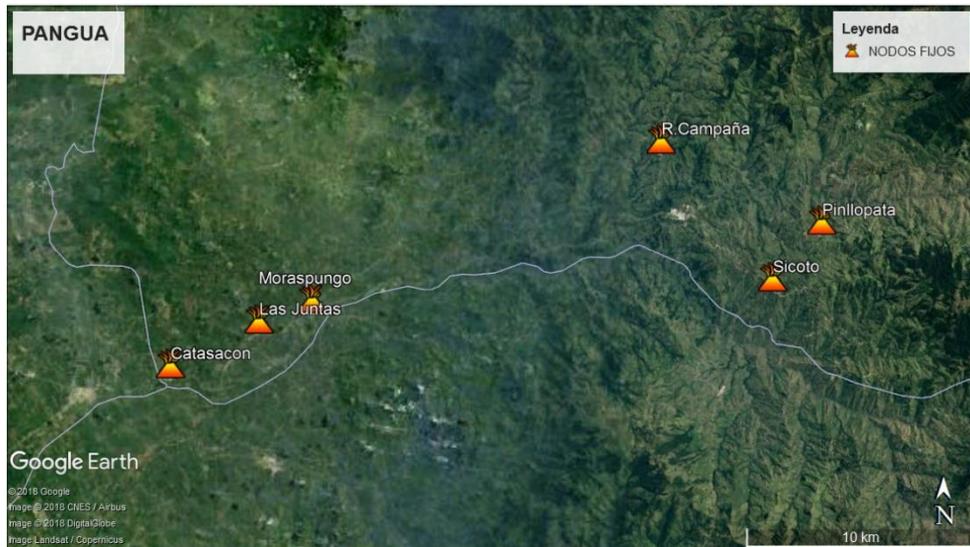
**Figura 2-3.** Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón Salcedo.  
**Fuente:** Aucancela Luis, 2018



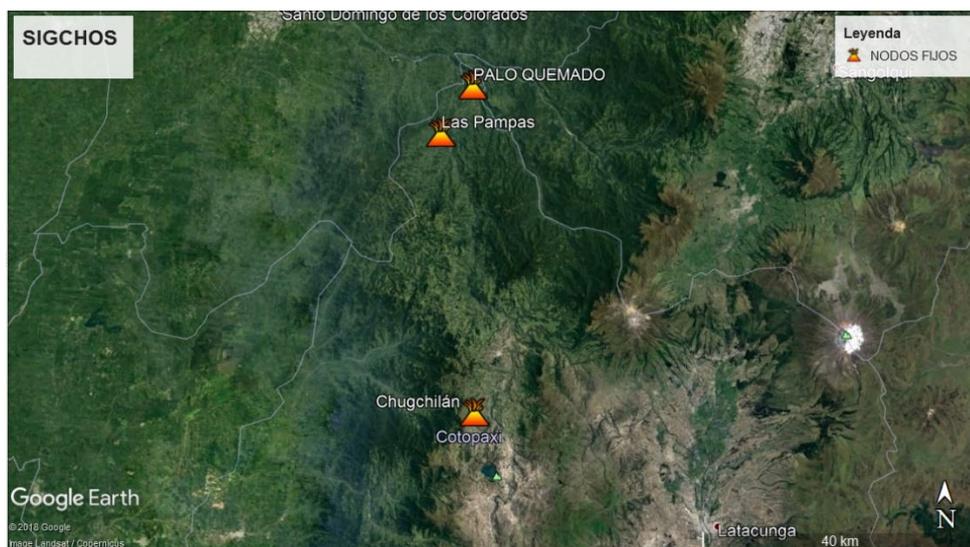
**Figura 3-3.** Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón Pujili.  
**Fuente:** Aucancela Luis, 2018



**Figura 4-3.** Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón La Mana.  
**Fuente:** Aucancela Luis, 2018



**Figura 5-3.** Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón Pangua.  
**Fuente:** Aucancela Luis, 2018



**Figura 6-3.** Nodos Prestadores de Servicios Fijos del Cantón Sigchos.  
**Fuente:** Aucancela Luis, 2018

## **CAPÍTULO IV**

### **4. PROPUESTA TÉCNICA**

En el presente capítulo se realiza el reconocimiento de la infraestructura en lo referente a equipos de acceso fijo y equipos de transmisión que poseen los 58 nodos prestadores de servicios fijos involucrados en la investigación, Además, se realiza un análisis de tráfico a todos y cada uno de los enlaces de transmisión ya sea enlace uplink de un equipo de acceso o enlaces intercentrales que concentran el tráfico total del nodo, También, se verifica la capacidad configurada y la capacidad máxima de transmisión con la que cuentan los equipos de radio y fibra con el ánimo de optimizar, finalmente se realiza el diseño de enlaces troncales de transmisión en los sitios donde la infraestructura actual no soporta optimización alguna y es primordial la construcción de nuevos enlaces troncales de transmisión.

#### **4.1. Infraestructura actual**

##### **4.1.1. Red de Acceso Fijo**

En esta sección se registran todos los elementos que conforman el hardware de la red de acceso fijo, específicamente se realiza un levantamiento de equipos DSLAM y MPLS Capa 2, que son los que generan alto tráfico de datos en la red. Además, se realiza un levantamiento de equipos MPLS Capa 3 los cuales pertenecen al Core de la red.

Para llevar a cabo dicho levantamiento se programan visitas de campo en toda la provincia y se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 1-4.

**Tabla 1-4.** Hardware de red: DSLAM, MPLS Capa 2 y MPLS Capa 3.

#	NOMBRE DEL NODO CNT	SW MPLS L3 REMOTO	EQUIPO DSLAM 1	EQUIPO DSLAM 2	EQUIPO MPLS ACCESO 1	EQUIPO MPLS ACCESO 2
1	11 de Noviembre	LTCPUJLE01	SH01_11_DE_NOVIEMBRE			
2	Alaquez	LTCENTE01	SA01_ALAQUEZ		LTCALAQM01	
3	Langualó	LTCCNGE01	SA01_LANGUALO			
4	Belisario Quevedo	LTCENTE02	SH01_BELISARIO_QUEVEDO		LTCBLQVM01	
5	La Calera	LTCENTE01	SA02_LA_CALERA		LTCLCLRM01	
6	San Felipe	LTCENTE01	SA01_SAN_FELIPE	SA02_SAN_FELIPE	LTCSEFELM01	LTCSEFELM01
7	Pichul	LTCLCLRM01	SA01_PICHIL		LTCSEJPM01	
8	San Rafael	LTCENTE02	SA01_SAN_RAFAEL			
9	Guaytacama	LTCENTE01	SA01_GUAYTACAMA			
10	Niagara	LTCNGRE01	SA01_NIAGARA			
11	Nintinacazo	LTCENTE01	SA01_NINTINACAZO			
12	Sigsicalle	LTCENTE01	SA01_SIGSICALLE		LTCSIGCM01	
13	Santan	LTCSIGCM01	SA01_SAN_TAN		LTCSTNM01	
14	Jose Guango Alto	LTCLSSE01	SA01_JOSEGUANGOALTO	SA02_JOSEGUANGOALTO	LTCJGUAM01	
15	Pusuchisi	LTCENTE02	SA01_PUSUCHISI			
16	Yugsiloma	LTCENTE01	SA01_YUGSILOMA	SA02_YUGSILOMA	LTCYUGSM01	
17	La FAE	LTCENTE01	SA01_LA_FAE	SA02_LA_FAE		
18	Mulaló	LTCLSSM01	SA01_MULALO		LTCMULOM01	
19	Poaló	LTCSAQLE01	SA01_POALO		LTCPOALM01	
20	Locoa	LTCENTE01	SA01_LOCOA	SA02_LOCOA	LTCLOCAM01	
21	San Buenaventura	LTCENTE01	SA01_SANBUENAVENTURA		LTCSEAVM01	
22	Pastocalle	LTCSTCE01	SA01_PASTOCALLE			
23	Romerillos	LTCLSSE01	SA01_ROMERILLOS			
24	Brigada Patria	LTCALAQM01	SA01_BRIGADA_PATRIA		LTCBPTRM01	
25	Llactayo	LTCLSSE01	SH01_LLACTAYO			
26	Tanicuchí	LTCENTE01	SA01_TANICUCHI		LTCTNCHM01	
27	Toacaso	LTCENTE01	SA01_TOACAZO		LTCOACM01	
28	Chipeamburg o 1	LTCLMANM02	SH01_CHIPEHAMBURGO 1			
29	Chipeamburg o 2	LTCLMANM02	SA01_CHIPEHAMBURGO 2		LTCPCMBM01	
30	La Esmeralda	LTCLMANM02	SA01_LA_ESMERALDA			
31	El Moral	LTCLMANM02	SA01_EL_MORAL		LTCETRM01	
32	La Josefina	LTCLMANM01	SA01_LA_JOSEFINA			
33	Guasaganda	LTCGYCAM01	SA01_LA_GUASAGANDA		LTCGSGDM01	
34	Pucayacu	LTCGSGDM01	SH01_PUCAYACU			
35	Catazacón	BBHQNSMM01	SH01_CATAZACON			
36	Las Juntas	BBHQNSME01	SA01_LAS_JUNTAS			
37	Moraspungo	BBHQNSME01	SA01_MORASPUNGO		LTCMORAM01	
38	Pinllopata	LTCPUJLM01	SA01_PINLLOPATA			
39	Sicoto	LTCPUJLM01	SA01_SICOTO			
40	Ramon Campaña	LTCMORAM01	SA01_RAMON CAMPAÑA			

41	Angamarca	LTCPUJLM01	SA01_ANGAMARCA			
42	La Victoria	LTCPUJLE01	SA01_LA_VICTORIA			
43	Macuchi	LTCPUJLM01	SA01_MACUCHI			
44	Pilalo	LTCPUJLM01	SA01_PILALO			
45	La Merced	LTCPUJLE01	SH01_LA_MERCED			
46	El Palmar	LTCLMANM02	SA01_EL_PALMAR		LTCEPMRM01	
47	Guayacán	LTCLMANM01	SA01_GUAYACAN		LTCCGYCAM01	
48	Tingo la Esperanza	BBHQNSME01	SA01_TINGO_LA_ESPERANZA		LTCTINGM01	
49	Zumbahua	LTCCNTE02	SA01_ZUMBAHUA		LTCCZUBHM01	
50	Antonio Jose Holquin	LTCCNTE01	SA01_ANTONIO_JOSE_HOLGUIN			
51	Cusubamba	LTCPUJLE01	SA01_CUSUBAMBA		LTCCSBM01	
52	Mulalillo	LTCCNTE01	SA01_MULALILLO		LTCCMULLM01	
53	Mulliquindil	LTCSALDE01	SH01_MULLIQUINDIL		LTCCMLLQM01	
54	Panzaleo	LTCSALDE01	SA01_PANZALEO		LTCCPNZLM01	
55	Pataín	LTCSALDE01	SA01_PATAIN		LTCCPTIM01	
56	Chugchilán	LTCCNTE01	SA01_CHUGCHILAN		LTCCCHCLM01	
57	Las Pampas	LTCCACHE01	SA01_LAS_PAMPAS		LTCCLPAMM01	
58	Palo Quemado					

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

En cuanto al número de equipos DSLAM que involucra la red podemos citar la cantidad de 62 unidades; También se registra la cantidad de 31 equipos MPLS de Capa 2. Además se consideran 11 equipos MPLS de Capa 3 que pertenecen a la red de Transporte.

#### 4.1.2. Medios de Transmisión

En esta sección se registran todos los medios de transmisión existentes en los 58 nodos fijos y se toma las siguientes consideraciones para la recopilación de enlaces a nivel de capa física:

- Enlaces de Fibra Óptica.- número de enlaces FO existentes, tipo de fibra utilizada y capacidad disponible en ODF's.
- Enlaces Inalámbricos.- número de enlaces inalámbricos existentes, características de hardware y capacidad disponible en DDF's.

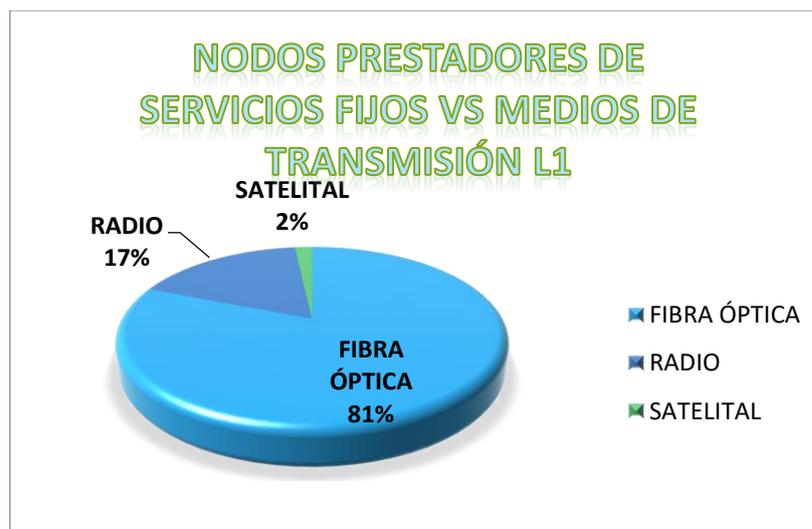
Los resultados obtenidos del levantamiento realizado en campo se cuantifican en la Tabla 2-4 y se visualizan en el Grafico 1-4 donde que se observa claramente que el 81% de los nodos fijos disponen de enlaces de fibra óptica como medio de transmisión y el 19 %

restante utiliza medios inalámbricos como los enlaces de radio y satélite para la red de transporte.

**Tabla 2-4.** Medios Físicos de Transmisión Disponibles

ANÁLISIS DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN DISPONIBLE EN NODOS PRESTADORES DE SERVICIOS FIJOS DE LA CNT EP COTOPAXI	
MEDIO DE TRANSMISIÓN	NODOS PRESTADORES DE SERVICIOS FIJOS vs MEDIOS DE TRANSMISIÓN L1
FIBRA ÓPTICA	47
RADIO	10
SATELITAL	1
<b>TOTAL</b>	<b>58</b>

Realizado por: Aucancela Luis, 2018



**Gráfico 1-4.** Nodos prestadores de servicios fijos vs medios de transmisión

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

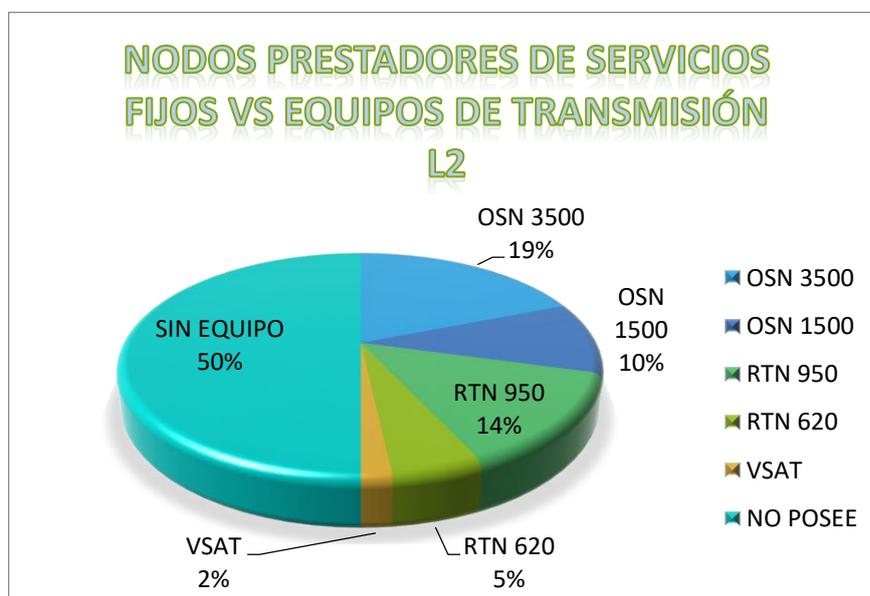
#### 4.1.3. Red de Transporte

En esta sección se identifican y describen todos los elementos que conforman el hardware de la red de transporte, específicamente se recolectan datos de los siguientes equipos de capa 2.

**Tabla 3-4.** Equipos de Transmisión Disponibles

ANÁLISIS DEL EQUIPO DE TRANSMISIÓN DISPONIBLE EN NODOS PRESTADORES DE SERVICIOS FIJOS DE LA CNT EP COTOPAXI	
EQUIPO	NODOS PRESTADORES DE SERVICIOS FIJOS vs EQUIPOS DE TRANSMISIÓN L2
OSN 3500	11
OSN 1500	6
RTN 950	8
RTN 620	3
VSAT	1
SIN EQUIPO	29
<b>TOTAL</b>	<b>58</b>

Realizado por: Aucancela Luis, 2018



**Gráfico 2-4.** Nodos prestadores de servicios fijos vs equipos de transmisión  
Realizado por: Aucancela Luis, 2018

#### 4.1.4. Software de Monitoreo

Dentro de los recursos de software existentes y que son propios de la operadora podemos citar varios recursos:

- A nivel de DSLAM y MPLS se dispone del gestor de recursos de red comúnmente llamado SPIA el cual permite monitorear los enlaces DSLAM, obtener datos de configuración y gestionar el tráfico histórico.

- A nivel de equipos de transmisión como OSN3500, OSN1500, RTN950 y RTN620 el fabricante ofrece un software de monitoreo conocido como U2000, con el cual se puede observar la configuración de los equipos.
- Además, para gestionar el tráfico MPLS en tiempo real se dispone del software CACTI, con el que podemos comprobar tráfico entrante y saliente así como también monitorear alarmas.
- Para el monitoreo del único equipo satelital con que cuenta la red existe el gestor GILAT para observar en tiempo real el tráfico cursado por el enlace.

#### **4.2. Análisis de Tráfico**

La segunda etapa en la realización del diseño es el monitoreo de tráfico generado por los equipos de acceso fijo, como son los equipos DSLAM y MPLS de capa 2 detallados anteriormente en la Tabla 1-4.

El tráfico generado en los nodos prestadores de servicios fijos hace mención al tráfico proveniente de los equipos de acceso fijo, equipos como el multiplexor digital de acceso a la línea digital de abonado o comúnmente conocido como DSLAM por sus siglas en inglés el cual se encuentra instalado en el nodo de telecomunicaciones y se encarga de proveer a los clientes o abonados acceso a los servicios XDSL (voz, video y datos) utilizando cable par trenzado de cobre.

Otro equipo instalado en el nodo como parte del modelo GPON es el Terminal de Línea Óptico conocido como OLT por sus siglas en inglés, quien permite el acceso fijo a los servicios FTTH (voz, video y datos) con capacidades de Gigabits utilizando fibra óptica.

Finalmente podemos citar al equipo concentrador de tráfico el Switch MPLS de capa 2, quien tiene la capacidad de agrupar el tráfico de voz, video y datos proveniente de los equipos DSLAM, MSAN y GPON y el tráfico de clientes dedicados o mejor conocidos como clientes VIP o corporativos.

#### 4.2.1. Tráfico Generado en Equipos de Acceso DSLAM.

Con la utilización de software de monitoreo y gestión pertenecientes a la operadora CNT como son CACTI y SPIA se realiza la medición del tráfico generado por los equipos de acceso DSLAM en los 58 nodos prestadores de servicios fijos correspondientes.

Para el monitoreo de tráfico se consideran dos aspectos muy importantes como el historial de tráfico de 7 días y horas pico (20:00 a 22:00), con esto se obtiene un resultado real para poder detectar y solucionar intermitencias y saturaciones.

**Tabla 4-4. Tráfico de equipos DSLAM**

EQUIPO DSLAM 1	TRÁFICO	SATURADO	EQUIPO DSLAM 2	TRÁFICO	SATURADO
SH01_11_DE_NOVIEMBRE	60 Mbits/s	NO			
SA01_ALAQUEZ	374 Mbits/s	NO			
SA01_LANGUALO	8 Mbits/s	NO			
SH01_BELISARIO_QUEVEDO	286 Mbits/s	NO			
SA02_LA_CALERA	383 Mbits/s	NO			
SA01_SAN_FELIPE	635 Mbits/s	NO	SA02_SAN_FELIPE	288 Mbits/s	NO
SA01_PICHIL	127 Mbits/s	NO			
SA01_SAN_RAFAEL	127 Mbits/s	NO			
SA01_GUAYTACAMA	382 Mbits/s	NO			
SA01_NIAGARA	532 Mbits/s	NO			
SA01_NINTINACAZO	506 Mbits/s	NO			
SA01_SIGSICALLE	273 Mbits/s	NO			
SA01_SAN_TAN	109 Mbits/s	NO			
SA01_JOSEGUANGOALTO	70 Mbits/s	NO	SA02_JOSEGUANGOALTO	45 Mbits/s	NO
SA01_PUSUCHISI	46 Mbits/s	NO			
SA01_YUGSILOMA	93 Mbits/s	NO	SA02_YUGSILOMA	37 Mbits/s	
SA01_LA_FAE	573 Mbits/s	NO	SA02_LA_FAE	150 Mbits/s	NO
SA01_MULALO	162 Mbits/s	NO			
SA01_POALO	75 Mbits/s	NO			
SA01_LOCOA	491 Mbits/s	NO	SA02_LOCOA	12 Mbits/s	NO
SA01_SANBUENAVENTURA	166 Mbits/s	NO			
SA01_PASTOCALLE	240 Mbits/s	NO			
SA01_ROMERILLOS	102 Mbits/s	NO			
SA01_BRIGADA_PATRIA	86 Mbits/s	SI			
SH01_LLACTAYO	124 Mbits/s	NO			
SA01_TANICUCHI	358 Mbits/s	SI			
SA01_TOACAZO	111 Mbits/s	NO			
SH01_CHIPEHAMBURGO 1	51 Mbits/s	NO			

SA01_CHIPEHAMBURGO 2	72 Mbits/s	NO			
SA01_LA ESMERALDA	31 Mbits/s	NO			
SA01_EL MORAL	80 Mbits/s	NO			
SA01_LA JOSEFINA	30 Mbits/s	SI			
SA01_LA GUASAGANDA	57 Mbits/s	NO			
SH01_PUCAYACU	53 Mbits/s	SI			
SH01_CATAZACON	13 Mbits/s	NO			
SA01_LAS JUNTAS	34 Mbits/s	NO			
SA01_MORASPUNGO	143 Mbits/s	NO			
SA01_PINLLOPATA	26 Mbits/s	NO			
SA01_SICOTO	11 Mbits/s	SI			
SA01_RAMON CAMPAÑA	6 Mbits/s	NO			
SA01_ANGAMARCA	48 Mbits/s	NO			
SA01_LA VICTORIA	144 Mbits/s	NO			
SA01_MACUCHI	23 Mbits/s	NO			
SA01_PILALO	18 Mbits/s	SI			
SH01_LA MERCED	59 Mbits/s	NO			
SA01_EL PALMAR	20 Mbits/s	NO			
SA01_GUAYACAN	61 Mbits/s	NO			
SA01_TINGO LA ESPERANZA	45 Mbits/s	NO			
SA01_ZUMBAHUA	38 Mbits/s	NO			
SA01_ANTONIO JOSE HOLGUIN	200 Mbits/s	NO			
SA01_CUSUBAMBA	50 Mbits/s	NO			
SA01_MULALILLO	80 Mbits/s	NO			
SH01_MULLIQUINDIL	232 Mbits/s	NO			
SA01_PANZALEO	93 Mbits/s	NO			
SA01_PATAIN	113 Mbits/s	NO			
SA01_CHUGCHILAN	27 Mbits/s	NO			
SA01_LAS PAMPAS	33 Mbits/s	NO			
N/A	N/A	NO	N/A	N/A	

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

En la Tabla 4-4 se describe las mediciones de tráfico saliente tomadas de los 62 equipos DSLAM de la red, así como también se discrimina como saturados a los equipos que poseen un enlace (puerto DSLAM – puerto SWITCH MPLS) un porcentaje de ocupación igual o mayor al 80%.

Finalizado el análisis de tráfico se localizan saturados 6 enlaces de transmisión para DSLAM; en la Tabla 5-4 se expone el porcentaje de ocupación del enlace y el tipo de saturación presentada.

**Tabla 5-4.** Saturación de equipos DSLAM

EQUIPO DSLAM 1	TRÁFICO	PORCENTAJE DE SATURACIÓN DEL ENLACE	TIPO DE SATURACIÓN
SA01_BRIGADA_PATRIA	86 Mbits/s	86%	MAYOR
SA01_TANICUCHI	358 Mbits/s	80%	MAYOR
SA01_LA_JOSEFINA	30 Mbits/s	100%	CRITICA
SH01_PUCAYACU	53 Mbits/s	100%	CRITICA
SA01_SICOTO	11 Mbits/s	80%	MAYOR
SA01_PILALO	18 Mbits/s	90%	CRITICA

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

#### 4.2.2. Tráfico Generado en Equipos de Acceso MPLS

El switch de acceso MPLS está presente en 31 de los 58 nodos prestadores de servicios fijos y es el encargado de concentrar el tráfico generado por los clientes VIP o corporativos y en algunos casos también agrupa el tráfico generado por los equipos de acceso fijo.

**Tabla 6-4.** Tráfico de equipos MPLS CAPA 2

EQUIPO MPLS ACCESO 1	TRÁFICO	SATURADO	EQUIPO MPLS ACCESO 2	TRÁFICO	SATURADO
LTCALAQM01	490Mbits/s	SI			
LTCBLQVM01	319 Mbits/s	NO			
LTCLCLRM01	516 Mbits/s	NO			
LTCSFELM01	910 Mbits/s	SI	LTCSFELM01	46 Mbits/s	NO
LTCSJPIM01	129 Mbits/s	NO			
LTCSIGCM01	382 Mbits/s	NO			
LTCSTNM01	109 Mbits/s	NO			
LTCJGUAM01	98 Mbits/s	SI			
LTCYUGSM01	118 Mbits/s	NO			
LTCMULOM01	36 Mbits/s	NO			
LTCPOALM01	78 Mbits/s	NO			
LTCLOCAM01	493 Mbits/s	NO			
LTCSBAVM01	223 Mbits/s	NO			
LTCBPTRM01	0 Mbits/s	NO			
LTCTNCHM01	14 Mbits/s	NO			
LTCTOACM01	160 Mbits/s	NO			
LTCCPMBM01	73 Mbits/s	NO			
LTCETRMM01	75 Mbits/s	NO			
LTCGSGDM01	105 Mbits/s	SI			

LTCMORAM01	426 Mbits/s	NO			
LTCEPMRM01	22 Mbits/s	NO			
LTCGYCAM01	160 Mbits/s	NO			
LTCTINGM01	70 Mbits/s	NO			
LTCZUBHM01	110 Mbits/s	NO			
LTCCSBM01	52 Mbits/s	NO			
LTCMULLM01	90 Mbits/s	NO			
LTCMLLQM01	0 Mbits/s	NO			
LTCPNZLM01	0 Mbits/s	NO			
LTCPTIM01	118 Mbits/s	NO			
LTCCHCLM01	30 Mbits/s	NO			
LTCLPAMM01	35 Mbits/s	SI			

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

En la Tabla 6-4 se describe las mediciones de tráfico saliente tomadas a los 31 equipos MPLS de capa 2 de la red, así como también se discrimina como saturados a los equipos que posee un enlace (puerto MPLS L2 – puerto MPLS L3) un porcentaje de ocupación igual o mayor Al 80%.

Finalizado el análisis de tráfico se localizan 5 enlaces de transmisión para MPLS saturados, en la Tabla 7-4 se expone el porcentaje de ocupación del enlace y el tipo de saturación presentada.

**Tabla 7-4.** Saturación de equipos MPLS Capa 2

EQUIPO MPLS 1	TRÁFICO	PORCENTAJE DE SATURACIÓN DEL ENLACE	TIPO DE SATURACIÓN
LTCALAQM01	490Mbits/s	85%	MAYOR
LTCSFELM01	910 Mbits/s	100%	CRITICA
LTCJGUAM01	98 Mbits/s	100%	CRITICA
LTCGSGDM01	105 Mbits/s	84%	CRITICA
LTCLPAMM01	35 Mbits/s	88%	MAYOR

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

### 4.3.Capacidad de la Red

La tercera etapa para la realización del diseño, es de la de verificar las características que poseen los equipos de transmisión que actualmente se encuentran operativos en la red. Tabla 8-4. Como el objetivo es, superar las saturaciones encontradas y detalladas en las Tablas 5-4 y 7-4, se realiza el análisis de capacidad de transmisión que poseen los equipos, para realizar la optimización respectiva y solventar de manera inmediata las saturaciones encontradas en los enlaces de transmisión.

#### 4.3.1. Capacidad de transmisión - Equipos de Radio

En la sección de red correspondiente a equipos de transmisión, existen 10 nodos que cuentan con un enlace de transporte inalámbricos; 9 son enlaces de microonda con capacidad de transmisión que se describe en la Tabla 8-4; Existe un solo enlace satelital en el nodo Palo Quemado como se visualiza en el Grafico 4-4, el mismo que cuenta con un ancho de banda limitado, dificultando el despliegue de nuevos servicios en la Parroquia Palo Quemado del Cantón Sigchos, Provincia de Cotopaxi.

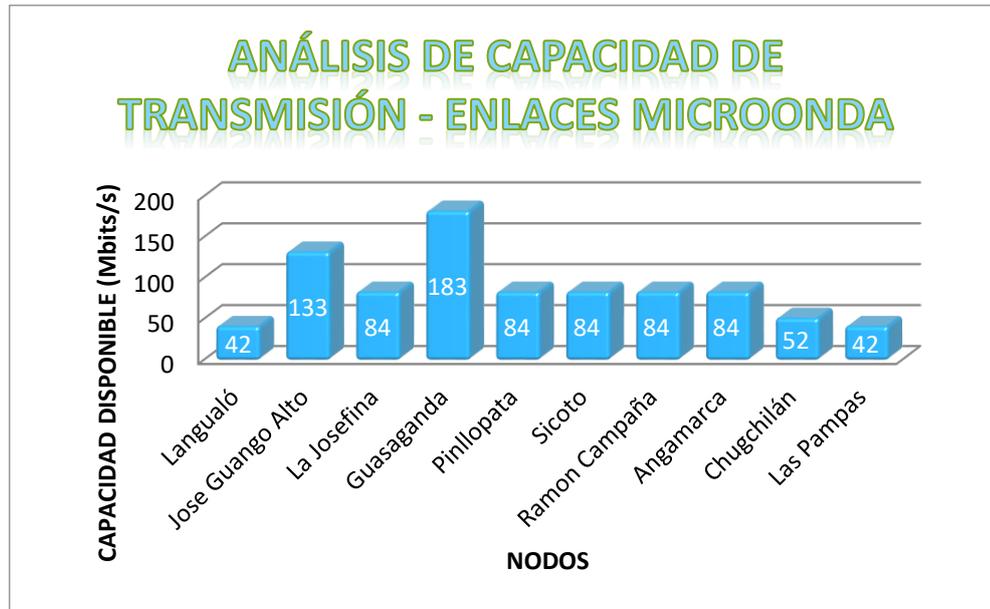
En este apartado ayudándonos con el instrumento de monitoreo y gestión el software U2000 de Huawei se logra conseguir características importantes como modulación, espaciamiento, potencia de transmisión, frecuencia de transmisión y recepción, elementos necesarios para conseguir y registrar la capacidad de los enlaces de microonda correspondientes, ver Gráfico 3-4.

**Tabla 8-4.** Capacidad de Transmisión – Equipos de Microonda

<b>ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN SDH - EQUIPOS DE RADIO – ENLACES MICROONDA</b>	
<b>NODO</b>	<b>CAPACIDAD DISPONIBLE (Mbits/s)</b>
Langualó	<b>42</b>
Jose Guango Alto	<b>133</b>
La Josefina	<b>84</b>
Guasaganda	<b>183</b>
Pinllopata	<b>84</b>
Sicoto	<b>84</b>

Ramon Campaña	84
Angamarca	84
Chugchilán	66
Las Pampas	42

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

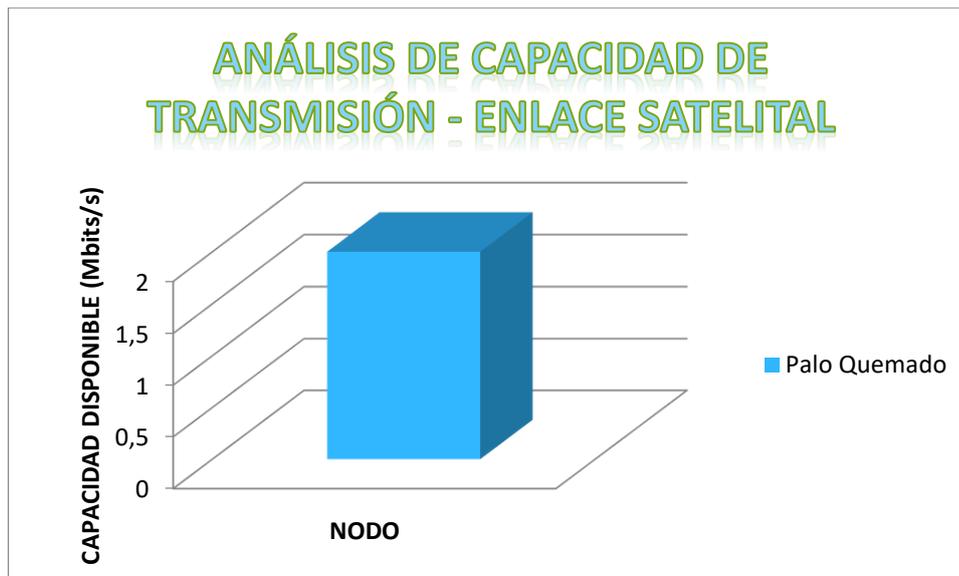


**Gráfico 3-4.** Análisis de Capacidad de Transmisión – Enlaces Microonda.  
Realizado por: Aucancela Luis, 2018

**Tabla 9-4.** Capacidad de Transmisión – Equipo satelital

ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN - EQUIPOS RADIO - ENLACE SATELITAL	
NODO	CAPACIDAD DISPONIBLE (Mbits/s)
Palo Quemado	2

Realizado por: Aucancela Luis, 2018



**Gráfico 4-4.** Análisis de Capacidad de Transmisión – Enlace Satelital.  
 Realizado por: Aucancela Luis, 2018

#### 4.3.2. Capacidad de transmisión - Equipos de Fibra

Se registra la capacidad configurada actual de los equipos de transmisión SDH que utilizan fibra óptica como enlace físico de Transmisión.

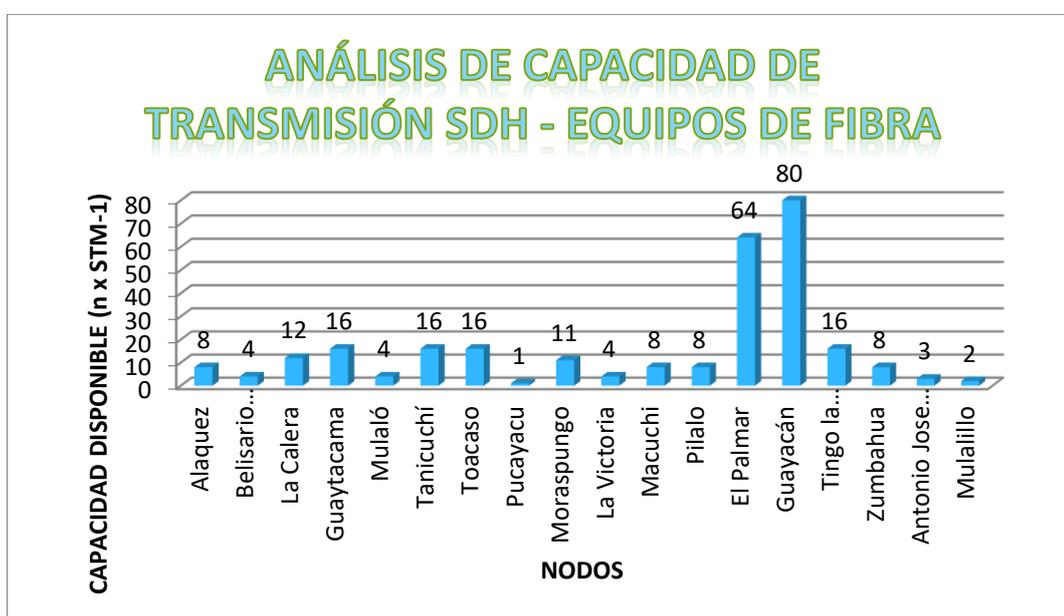
En este apartado ayudándonos con el instrumento de monitoreo y gestión el software U2000 de Huawei se logra observar características importantes de las tarjetas de línea y de esta manera poder registrar la capacidad de los enlaces RTFO correspondientes, ver Gráfico 5-4.

**Tabla 10-4.** Capacidad de Transmisión – Equipos de Fibra

ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN SDH - EQUIPOS DE FIBRA	
NODO	CAPACIDAD DISPONIBLE (n x STM-1)
Alaquez	8
Belisario Quevedo	4
La Calera	12
Guaytacama	16
Mulaló	4
Tanicuchí	16
Toacaso	16

Pucayacu	1
Moraspungo	11
La Victoria	4
Macuchi	8
Pilalo	8
El Palmar	64
Guayacán	80
Tingo la Esperanza	16
Zumbahua	8
Antonio Jose Holquin	3
Mulalillo	2

Realizado por: Aucancela Luis, 2018



**Gráfico 5-4.** Análisis de Capacidad de Transmisión – Enlaces de Fibra.

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

#### 4.4. Optimización de Tráfico

##### 4.4.1. Equipos de acceso DSLAM

Finalizado el análisis de tráfico a los 62 equipos DSLAM de la red y considerando la capacidad de los equipos de transmisión citados en la sección anterior; en la Tabla 11-4 se detalla el “antes” respecto a equipos que se encuentran completamente saturados y también los enlaces que están próximos a saturarse con un porcentaje igual o mayor al 80%.

**Tabla 11-4.** Saturación de equipos DSLAM “antes” de la propuesta

<b>EQUIPO DSLAM 1</b>	<b>TRAFICO</b>	<b>PORCENTAJE DE SATURACIÓN DEL ENLACE</b>	<b>TIPO DE SATURACIÓN</b>
SA01_BRIGADA_PATRIA	86 Mbits/s	86%	MAYOR
SA01_TANICUCHI	358 Mbits/s	80%	MAYOR
SA01_LA_JOSEFINA	30 Mbits/s	100%	CRÍTICA
SH01_PUCAYACU	53 Mbits/s	100%	CRÍTICA
SA01_SICOTO	11 Mbits/s	80%	MAYOR
SA01_PILALO	18 Mbits/s	90%	CRÍTICA

**Realizado por:** Aucancela Luis, 2018

Con los datos que se obtuvieron en la sección anterior se plantea una solución a las saturaciones presentadas en la Tabla 11-4.

### **SA01\_BRIGADA\_PATRIA**

El equipo DSLAM **SA01\_BRIGADA\_PATRIA** ubicado en el nodo prestador de servicios Brigada Patria con código de ubicación CO\_0036 posee un enlace de 100 Mbps hacia el switch de capa 2 LTCALAQM01 – Puerto Fa 0/10 y cuenta con un tráfico de datos que alcanza los 86 Mbps lo que conlleva a perfilarse como un enlace saturado y es preciso migrar el enlace.

#### Solución:

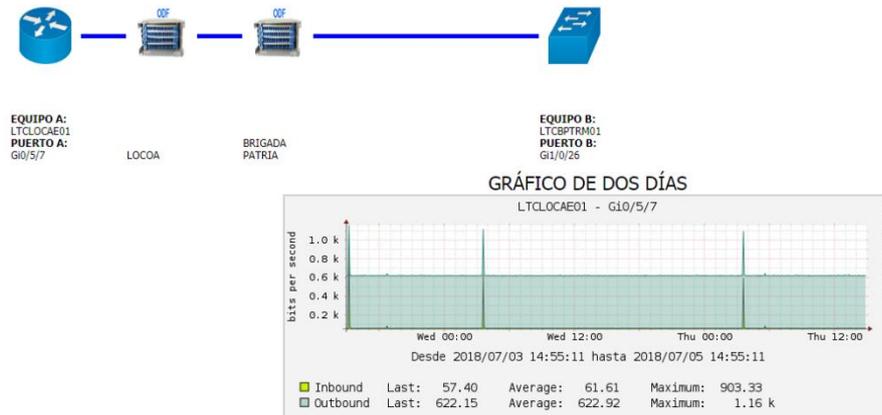
Considerando que el SW de capa 2 local LTCBPTRM01 posee un enlace de 1Gbps hacia el SW de capa 3 LTCLOCAE01 y cuenta con un tráfico de 635 bps se propone:

Migrar la Transmisión del equipo DSLAM **SA01\_BRIGADA\_PATRIA** al switch local de capa 2 LTCBPTRM01- Puerto Gi 1/0/27 con una capacidad de enlace de 200 Mbps. En Figura 1-4 se visualiza el SW escogido para la solución.

DIAGRAMA TX DEL ENLACE: LTCLOCAE01- Gi0/5/7 ---> LTCBPTRM01- Gi1/0/26

CAPACIDAD: 1 Gbps

CONSUMO: 635.41 Bps



**Figura 1-4.** Recursos del SW de capa 2 LTCBPTRM01

**Fuente:** Aucancela Luis, 2018

## SA01\_TANICUCHI

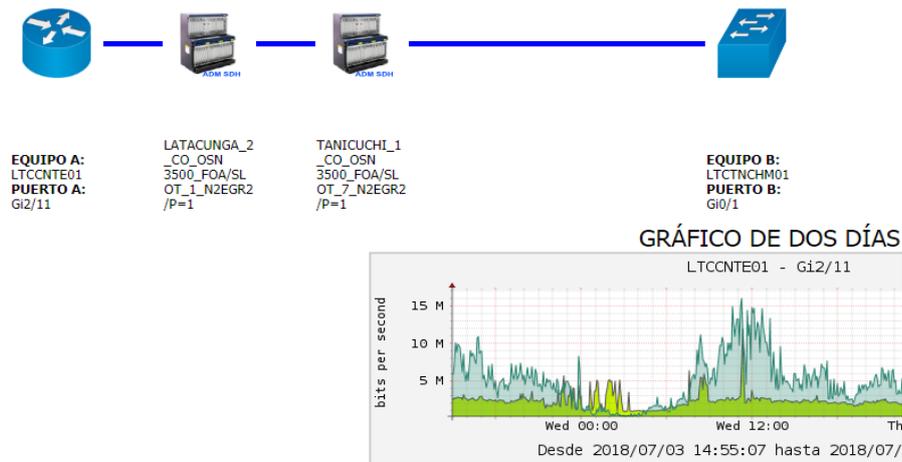
El equipo DSLAM **SA01\_TANICUCHI** ubicado en el nodo prestador de servicios Tanicuchi con código de ubicación CO\_0021 posee un enlace de 450 Mbps hacia el switch de capa 3 LTCCNTE01 – Puerto Gi 1/3 y cuenta con un tráfico de datos que alcanza los 358 Mbps lo que conlleva a perfilarse como un enlace saturado y es preciso migrar el enlace.

### Solución:

Considerando que el SW de capa 2 local LTCTNCHM01 posee un enlace de 300 Mbps hacia el SW de capa 3 LTCCNTE01 y existen los recursos necesarios para incrementar el enlace a 550 Mbps y que además al momento cuenta con un tráfico de 15Mbps se propone:

Migrar la Transmisión del equipo DSLAM **SA01\_TANICUCHI** al switch local de capa 2 LTCTNCHM01- Puerto Gi 1/0/25 con una capacidad de enlace de 500 Mbps. En Figura 2-4 se visualiza el SW escogido para la solución.

CONSUMO: 14.8 Mbps



**Figura 2-4.** Recursos del SW de capa 2 LTCTNCHM01  
**Fuente:** Aucancela Luis, 2018

### SA01\_LA\_JOSEFINA

El equipo DSLAM **SA01\_LA\_JOSEFINA** ubicado en el nodo prestador de servicios La Josefina con código de ubicación CO\_0169 posee un enlace de 30 Mbps hacia el switch de capa 2 LTCLMANM01 – Puerto Gi 1/0/14 y cuenta con un tráfico de datos que alcanza los 30 Mbps lo que conlleva a proclamarse como un enlace saturado y es urgente migrar el enlace.

#### Solución:

Considerando que la transmisión para el equipo DSLAM **SA01\_LA\_JOSEFINA** utiliza enlaces de radio microonda y que el enlace GUASAGANDA REP 7 – GUAYACÁN 2 se encuentra totalmente saturado se propone diseñar un enlace nuevo de fibra óptica entre los nodos de Guasaganda y Guayacán con el ánimo de migrar Transmisión del equipo DSLAM **SA01\_LA\_JOSEFINA** al switch de capa 2 LTCGSGDM01- Puerto Gi 1/18 con una capacidad de enlace de 100 Mbps.

### SH01\_PUCAYACU

El equipo DSLAM **SH01\_PUCAYACU** ubicado en el nodo prestador de servicios Pucayacu con código de ubicación CO\_0029 posee un enlace de 50 Mbps hacia el switch de capa 2 LTCGSGDM01 – Puerto Gi 1/9 y cuenta con un tráfico de datos que alcanza

los 53 Mbps lo que conlleva a proclamarse como un enlace saturado y es urgente migrar el enlace.

Solución:

Considerando que la transmisión para el equipo DSLAM **SH01\_PUCAYACU** utiliza enlaces de radio microonda y que el enlace GUASAGANDA REP 7 – GUAYACAN 2 se encuentra totalmente saturado se propone diseñar un enlace nuevo de fibra óptica entre los nodos de Guasaganda y Guayacan con el ánimo de incrementar la capacidad del enlace a 100 Mbps.

**SA01\_SICOTO**

El equipo DSLAM **SA01\_SICOTO** ubicado en el nodo prestador de servicios Sicoto con código de ubicación CO\_0054 posee un enlace de 16 Mbps hacia el switch de capa 2 LTCPUJLM01 – Puerto Fa 0/14 y cuenta con un tráfico de datos que alcanza los 11 Mbps lo que conlleva a perfilarse como un enlace saturado y es preciso incrementar la capacidad del enlace.

Solución:

Considerando que los recursos de radio son limitados se plantea incrementar la Transmisión del equipo DSLAM **SA01\_SICOTO** a 30 Mbps.

**SA01\_PILALO**

El equipo DSLAM **SA01\_PILALO** ubicado en el nodo prestador de servicios Pilalo con código de ubicación CO\_0052 posee un enlace de 20 Mbps hacia el switch de capa 2 LTCPUJLM01 – Puerto Fa 0/12 y cuenta con un tráfico de datos que alcanza los 18 Mbps lo que conlleva a perfilarse como un enlace saturado y es preciso incrementar la capacidad del enlace.

### Solución:

Considerando que los recursos de radio son limitados se plantea incrementar la Transmisión del equipo DSLAM SA01\_PILALO a 40 Mbps.

**Tabla 12-4.** Saturación de equipos DSLAM “después” de la propuesta

EQUIPO DSLAM 1	TRÁFICO	PORCENTAJE DE SATURACIÓN DEL ENLACE	TIPO DE SATURACIÓN
SA01_BRIGADA_PATRIA	86 Mbits/s	43%	NULA
SA01_TANICUCHI	358 Mbits/s	72%	NULA
SA01_LA_JOSEFINA	30 Mbits/s	30%	NULA
SH01_PUCAYACU	53 Mbits/s	53%	NULA
SA01_SICOTO	11 Mbits/s	37%	NULA
SA01_PILALO	18 Mbits/s	45%	NULA

**Realizado por:** Aucancela Luis, 2018

Considerando los recursos de transmisión disponibles en los nodos fijos y luego del análisis respectivo, en la Tabla 12-IV se expone un “después”, en resumen, una virtual solución a las saturaciones detectadas a los equipos DSLAM, se detalla las acciones que debe realizar el operador CNT provincia de Cotopaxi y los recursos de transmisión que se involucran.

#### **4.4.2. Equipos de acceso MPLS de capa 2**

Finalizado el análisis de tráfico aplicado a 31 equipos MPLS de capa2 de la red; en la Tabla 13-4 se detalla el “antes” respecto a los equipos que se encuentran completamente saturados y también los enlaces que están próximos a saturarse con un porcentaje igual o mayor al 80%.

**Tabla 13-4.** Saturación de equipos MPLS Capa 2 “antes” de la propuesta

<b>EQUIPO MPLS 1</b>	<b>TRÁFICO</b>	<b>PORCENTAJE DE SATURACIÓN DEL ENLACE</b>	<b>TIPO DE SATURACIÓN</b>
LTCALAQM01	490Mbits/s	85%	MAYOR
LTCSFELM01	910 Mbits/s	100%	CRÍTICA
LTCJGUAM01	98 Mbits/s	100%	CRÍTICA
LTCGSGDM01	105 Mbits/s	84%	CRÍTICA
LTCLPAMM01	35 Mbits/s	88%	MAYOR

**Realizado por:** Aucancela Luis, 2018

Con los datos que se obtuvieron en la sección anterior se plantea una solución a las saturaciones presentadas en la Tabla 13-4.

### **LTCALAQM01**

El equipo MPLS de capa 2 **LTCALAQM01** ubicado en el nodo prestador de servicios fijos Alaquez con código de ubicación CO\_0025 posee un enlace de 576 Mbps hacia el switch de capa 3 LTCCNTE01 – Puerto Gi 4/12 y cuenta con un tráfico de datos que alcanza los 490 Mbps lo que conlleva a perfilarse como un enlace saturado y es preciso migrar el enlace.

#### Solución:

Considerando que el equipo que utiliza fibra óptica OSN 1500 tiene una capacidad de transmisión SDH de 8 x STM1 y es factible ampliar el enlace de transmisión de los servicios se propone:

Incrementar el enlace de transmisión del equipo MPLS de capa 2 **LTCALAQM01** a 750 Mbps para dar solución a la saturación detectada.

### **LTCSFELM01**

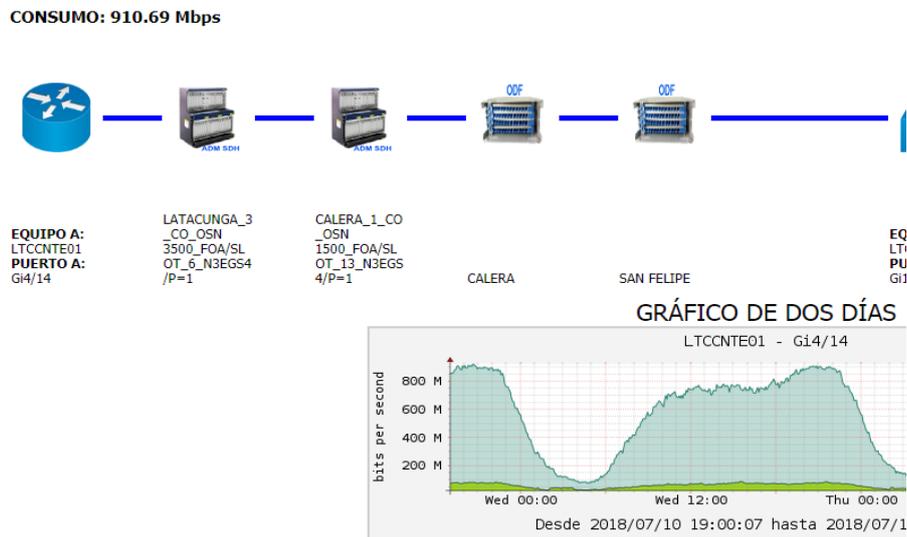
El equipo MPLS de capa 2 **LTCSFELM01** ubicado en el nodo prestador de servicios fijos San Felipe con código de ubicación CO\_0085 posee un enlace de 900 Mbps hacia el switch de capa 3 LTCCNTE01 – Puerto Gi 4/14 y cuenta con un tráfico de datos que

alcanza los 910 Mbps lo que conlleva a poseer un enlace saturado y es urgente incrementar la capacidad enlace.

Solución:

Considerando que el enlace de transmisión para el equipo **LTCSFELM01** utiliza fibras oscuras y tiene una capacidad máxima de 1Gbps, es necesario habilitar un nuevo enlace uplink utilizando la misma ruta como se visualiza en la Figura 3-4.

Existen 20 hilos disponibles en el enlace de fibra óptica Calera – San Felipe y capacidad de TX disponible entre los equipos de transmisión LATACUNGA 3 y CALERA 1.



**Figura 3-4.** Recursos del SW de capa 2 LTCSFELM01  
Fuente: Aucancela Luis, 2018

**LTCJGUAM01**

El equipo MPLS de capa 2 **LTCJGUAM01** ubicado en el nodo prestador de servicios Jose Guango Alto con código de ubicación CO\_0086 posee un enlace de 100 Mbps hacia el switch de capa 3 LTCLSSE01 – Puerto Gi 0/19 y cuenta con un tráfico de datos que alcanza los 98 Mbps lo que conlleva a proclamarse como un enlace saturado y es urgente migrar el enlace.

### Solución:

Considerando que la transmisión para el equipo MPLS de capa 2 **LTCJGUAM01** utiliza enlaces de radio microonda y que el enlace LASOO 3 – JOSE GUANCO ALTO 2 se encuentra totalmente saturado se propone diseñar un enlace nuevo de fibra óptica entre los nodos de Jose Guango Alto y Mulalo con el ánimo de migrar la Transmisión del equipo MPLS de capa 2 **LTCJGUAM01** al switch de capa 2 **LTCMULOM01**- Puerto Gi 0/2 con una capacidad de enlace de 300 Mbps.

### **LTCGSGDM01**

El equipo MPLS de capa 2 **LTCGSGDM01** ubicado en el nodo prestador de servicios fijos Guasaganda con código de ubicación CO\_0076 posee un enlace de 125 Mbps hacia el switch de capa 2 **LTCGYCAM01** – Puerto Gi 1/10 y cuenta con un tráfico de datos que alcanza los 105 Mbps lo que conlleva a perfilarse como un enlace saturado y es preciso migrar el enlace.

### Solución:

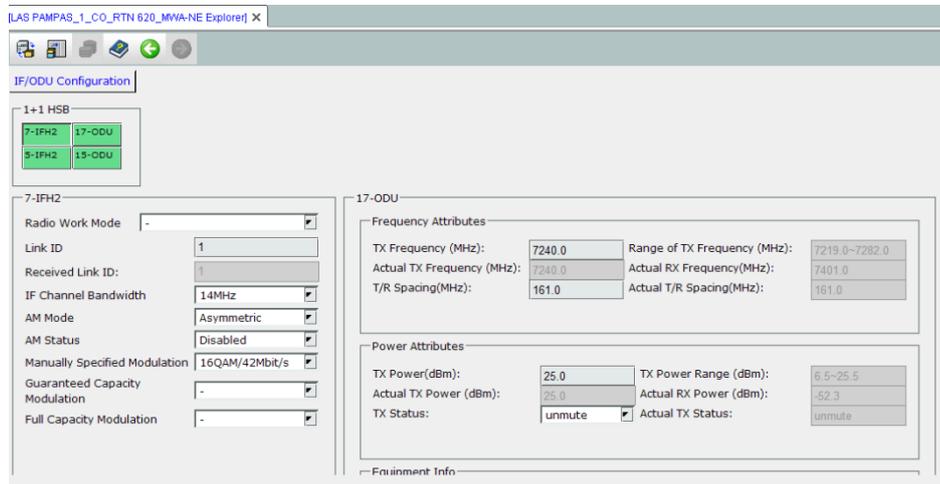
Considerando que la transmisión para el equipo MPLS de capa 2 **LTCGSGDM01** utiliza enlaces de radio microonda y que el enlace GUASAGANDA REP 7 – GUAYACAN 2 se encuentra totalmente saturado se propone diseñar un enlace nuevo de fibra óptica entre los nodos de Guasaganda y Guayacán con el ánimo de incrementar el enlace de transmisión del equipo MPLS de capa 2 **LTCGSGDM01** a 300 Mbps para dar solución a la saturación detectada.

### **LTCLPAMM01**

El equipo MPLS de capa 2 **LTCLPAMM01** ubicado en el nodo prestador de servicios fijos Las Pampas con código de ubicación CO\_0050 posee un enlace de 40 Mbps hacia el switch de capa 3 **LTCACHE01** – Puerto Gi 0/18 y cuenta con un tráfico de datos que alcanza los 35 Mbps lo que conlleva a perfilarse como un enlace saturado y es preciso migrar el enlace.

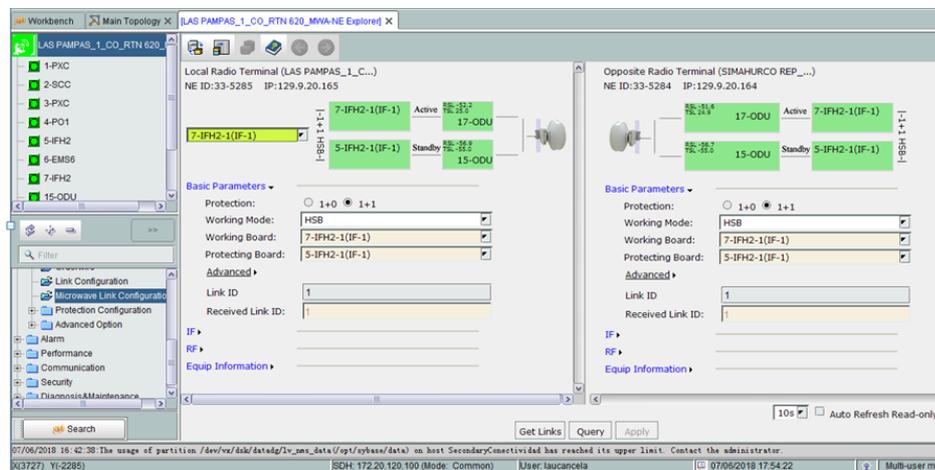
## Solución:

Considerando que el equipo de radio RTN 620 tiene una capacidad de transmisión de 42 Mbps como muestra la Figura 4-4 y que además por sus características técnicas detalladas en la Figura 5-4 es factible ampliar la capacidad del enlace de transmisión, se propone:



**Figura 4-4.** Capacidad de transmisión equipo RTN 620 Las Pampas.

Fuente: Aucancela Luis, 2018



**Figura 5-4.** Características técnicas del equipo RTN 620 Las Pampas.

Fuente: Aucancela Luis, 2018

- Incrementar la capacidad de transmisión del enlace de microonda Las Pampas – Repetidor Simahurco a 84 Mbps para dar solución a la saturación detectada.
- Incrementar el enlace de transmisión del equipo MPLS de capa 2 LTCLPAMM01 a 70 Mbps para dar solución a la saturación detectada.

**Tabla 14-4.** Saturación de equipos MPLS Capa 2 “después” de la propuesta

<b>EQUIPO MPLS 1</b>	<b>TRÁFICO</b>	<b>PORCENTAJE DE SATURACIÓN DEL ENLACE</b>	<b>TIPO DE SATURACIÓN</b>
LTCALAQM01	490Mbits/s	65%	NULA
LTCSFELM01	910 Mbits/s	50%	NULA
LTCJGUAM01	98 Mbits/s	33%	NULA
LTCGSGDM01	105 Mbits/s	35%	NULA
LTCLPAMM01	35 Mbits/s	50%	NULA

**Realizado por:** Aucancela Luis, 2018

Considerando los recursos de transmisión levantados; en la Tabla 14-4, se expone una virtual solución a las saturaciones detectadas a los equipos MPLS de capa 2, se detalla las acciones que debe realizar el operador CNT provincia de Cotopaxi y los recursos de transmisión que se involucran.

#### **4.5. Diseño de Enlaces**

La cuarta y última etapa del proceso, es el diseño de enlaces troncales de transmisión nuevos en los sitios donde se localizó saturación crítica y no es posible optimizar el hardware existente ya que tecnológicamente no es viable porque los equipos L2 se encuentran configurados en su máxima capacidad y la mejor opción es la construcción de enlaces nuevos.

Luego de realizado el análisis correspondiente que se detalla en el capítulo anterior se considera que para los Nodos prestadores de servicios fijos José Guango Alto, Guasaganda y Palo Quemado es necesario el diseño e implementación de nuevos enlaces troncales de transmisión para optimizar el tráfico de datos y solventar definitivamente los problemas de saturación localizados.

##### **4.5.1. Enlaces de Fibra Óptica**

Los 2 diseños de fibra óptica realizados son la mejor inversión para el Operador de Telecomunicaciones CNT EP Agencia Cotopaxi, tienen el presupuesto más económico

utilizando en lo posible infraestructura de telecomunicaciones existente en lo referente a canalización y postes; en lo técnico son realizados en su totalidad con recomendaciones estandarizadas por la UIT-T lo que conlleva a obtener enlaces de Fibra Óptica Normados y óptimos para realizar el proceso de migración y optimización de tráfico en los nodos de José Guango Alto y Guasaganda de manera directa y en los nodos de Pucayacu y La Josefina de manera indirecta.

#### **4.5.1.1. Consideraciones de Diseño**

##### *ENLACE DE FIBRA OPTICA JOSE GUANGO ALTO DIRECCION MULALO*

#### **a) Distancia del Enlace.-**

Se realiza la visita de campo respectiva para determinar el recorrido que tomara el enlace de Fibra Óptica entre el Nodo A José Guango Alto y el Nodo B Mulaló así como también determinar el volumen de obra necesario para la implementación futura del enlace y el presupuesto respectivo.

En el anexo 1 se visualiza el plano del Diseño de Fibra Óptica entre los nodos José Guango Alto y Mulaló donde podemos determinar una distancia del enlace de 6.144 metros dato importante para el cálculo de atenuación correspondiente.

En el anexo 3 se describe el volumen de obra de materiales necesarios para la implementación futura del enlace y además se detalla el presupuesto económico correspondiente.

#### **b) Tipo de Cable.-**

Considerando la aplicación que se le dará al enlace de FO que pretendemos diseñar adoptamos las recomendaciones descritas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, para SDH con necesidades de transmisión STM16 y una distancia intercentrales de hasta 40 Km se puede utilizar el tipo de fibra G. 652 que existe en el mercado; según la recomendación del estándar y lo graficado en el Anexo 1 se

seleccionan los cables: AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 24 HILOS G.652.D VANO 120 m y CABLE CANALIZADO 24 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D. (UIT-T G.957, 03/2006).

El coeficiente de atenuación máximo para cables de fibra G.652.D según la Unión Internacional de Telecomunicaciones para una región de longitud de onda 1260 -1360 es de 0,4 dB/Km. (UIT-T G.652, 11/2016).

#### **c) Empalmes de Fibra.-**

Según lo graficado en el plano del Anexo 1 el diseño utiliza dos tipos de cables el canalizado y el aéreo por lo que se considera 4 empalmes para el cálculo de atenuación del enlace, 2 empalmes en mangas y 2 en ODF`s.

Los empalmes o fusiones de fibra óptica según la Unión Internacional de Telecomunicaciones, para fusiones realizadas con alineación activa poseen una atenuación típica de 0,3 dB. (UIT-T G.671, 02/2012).

#### **d) Conectores de Fibra.-**

Según el volumen de obra levantado en el Anexo 3 el diseño utiliza dos ODF`s instalados en los nodos José Guango Alto y Mulalo respectivamente. Los conectores de fibra óptica según la Unión Internacional de Telecomunicaciones, para fibra simple poseen una atenuación típica de 0,5 dB. (UIT-T G.671, 02/2012).

### ***ENLACE DE FIBRA OPTICA GUASAGANDA DIRECCION GUAYACAN***

#### **a) Distancia del Enlace.-**

Se realiza la visita de campo respectiva para determinar el recorrido que tomara el enlace de Fibra Óptica entre el Nodo A Guasaganda y el Nodo B Guayacán así como también

determinar el volumen de obra necesario para la implementación futura del enlace y el presupuesto respectivo.

En el anexo 2 se visualiza el plano del Diseño de Fibra Óptica entre los nodos Guasaganda y Guayacán donde podemos determinar una distancia del enlace de 10.429 metros dato importante para el cálculo de atenuación correspondiente.

En el anexo 3 se describe el volumen de obra de materiales necesarios para la implementación futura del enlace y además se detalla el presupuesto económico correspondiente.

#### **b) Tipo de Cable.-**

Considerando la aplicación que se le dará al enlace de FO que pretendemos diseñar adoptamos las recomendaciones descritas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, para SDH con necesidades de transmisión STM1 a STM16 y una distancia intercentrales de hasta 40 Km se puede utilizar el tipo de fibra G. 652 que existe en el mercado, según la recomendación del estándar y lo graficado en el Anexo 2 se selecciona el cable AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 24 HILOS G.652.D VANO 120 m. (UIT-T G.957, 03/2006).

El coeficiente de atenuación máximo para cables de fibra G.652.D según la Unión Internacional de Telecomunicaciones para una región de longitud de onda 1260 -1360 es de 0,4 dB/Km. (UIT-T G.652, 11/2016).

#### **c) Empalmes de Fibra.-**

Según lo graficado en el plano del Anexo 2 el diseño utiliza 10.429 metros de fibra aérea lo que nos lleva a utilizar 3 bobinas de 5.000 metros y considerar 4 empalmes para el cálculo de atenuación del enlace, 2 empalmes en mangas y 2 en ODF`s.

Los empalmes o fusiones de fibra óptica según la Unión Internacional de Telecomunicaciones, para fusiones realizadas con alineación activa poseen una atenuación típica de 0,3 dB. (UIT-T G.671, 02/2012).

#### **d) Conectores de Fibra.-**

Según el volumen de obra levantado en el Anexo 3 el diseño utiliza dos ODF`s instalados en los nodos Guasaganda y Guayacán respectivamente.

Los conectores de fibra óptica según la Unión Internacional de Telecomunicaciones, para fibra simple poseen una atenuación típica de 0,5 dB. (UIT-T G.671, 02/2012).

#### **4.5.1.2. Presupuesto del enlace**

##### **a) Presupuesto del ENLACE DE FIBRA ÓPTICA JOSÉ GUANGO ALTO - MULALÓ.**

La atenuación total del enlace de fibra óptica entre el nodo A y el nodo B viene dada por la sumatoria de las atenuaciones generadas por los elementos pasivos del enlace.

$$A = \alpha L + \alpha s x + \alpha c y \quad (\text{UIT-T G.671, 02/2012}).$$

Dónde:

$\alpha$  coeficiente de atenuación típico de los cables de fibra en un enlace

$\alpha s$  atenuación media por empalme

$x$  número de empalmes de un enlace

$\alpha c$  atenuación media de los conectores de línea

$y$  número de conectores de

$L$  longitud del enlace

Para el Enlace de FO José Guango Alto – Mulalo tenemos la siguiente Atenuación:

$$A = \alpha L + \alpha s x + \alpha c y$$

$$A = 0,4 \text{ dB/Km} * 6,144 \text{ Km} + 0,3 \text{ dB} * 4 + 0,5 \text{ dB} * 2$$

$$A = 2,457 \text{ dB} + 1,2 \text{ dB} + 1,0 \text{ dB}$$

$$A = 4,6576 \text{ dB}$$

## b) Presupuesto del ENLACE DE FIBRA ÓPTICA GUASAGANDA - GUAYACÁN.

La atenuación total del enlace de fibra óptica entre el nodo A y el nodo B viene dada por la sumatoria de las atenuaciones generadas por los elementos pasivos del enlace.

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y \quad (\text{UIT-T G.671, 02/2012}).$$

Para el Enlace de FO Guasaganda – Guayacán tenemos la siguiente Atenuación:

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$$A = 0,4 \text{ dB/Km} * 10,429 \text{ Km} + 0,3 \text{ dB} * 4 + 0,5 \text{ dB} * 2$$

$$A = 4,171 \text{ dB} + 1,2 \text{ dB} + 1,0 \text{ dB}$$

$$A = 6,372 \text{ dB}$$

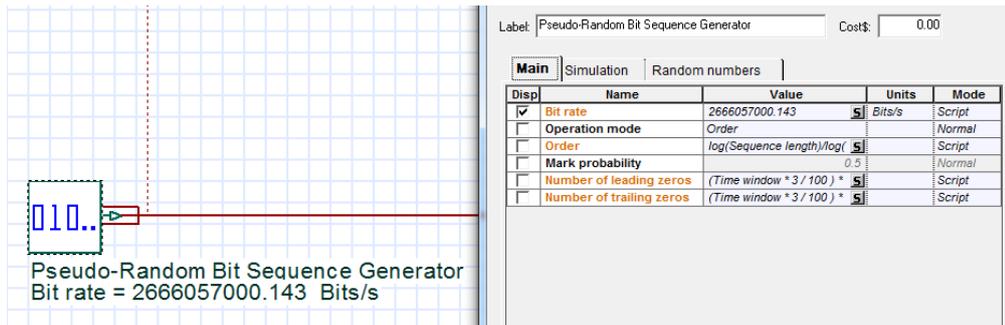
### 4.5.1.3. Ambiente de Simulación

Para la simulación del procesamiento de la señal óptica STM-16 se utiliza el software Optisystem 15.0 de la industria OPTIWAVE, las características del transmisor/receptor y el medio de transmisión son tomados de las siguientes recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones:

- Recomendación UIT-T G.652
- Recomendación UIT-T G.957
- Recomendación UIT-T G.671

#### a) Características del transmisor:

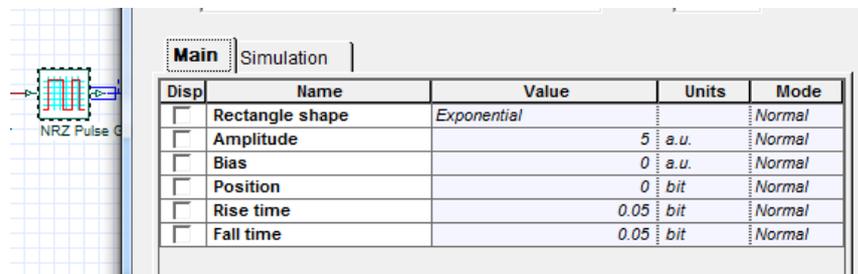
- **Bit Rate.-** El parámetro velocidad de bits es 2666057.143 kbit/s correspondiente al estándar SDH 1x STM-16.



**Figura 6-4.** Simulación del parámetro Bit rate con Optisystem.

Fuente: Aucancela Luis, 2018

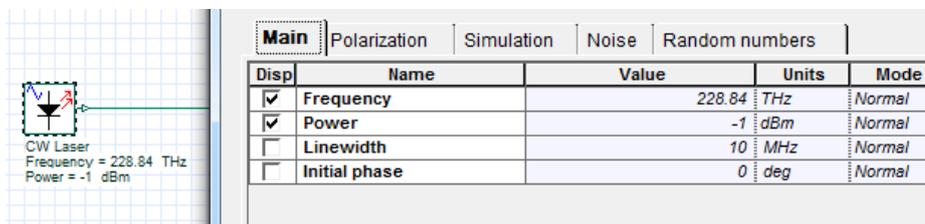
- **Line code pattern.-** El parámetro patrón de código de línea que utiliza el estándar SDH 1x STM-16 es no retorno a cero NRZ.



**Figura 7-4.** Simulación del parámetro Line code pattern con Optisystem.

Fuente: Aucancela Luis, 2018

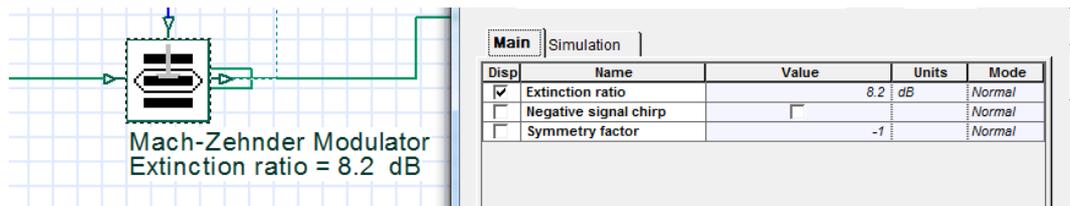
- **Wavelength.-** Con modulación S-16.1, el parámetro longitud de onda comprende los 1260 a 1360 nm y correspondiente a una frecuencia central de 228.84 THz.
- **Launched power.-** Con modulación S-16.1, el parámetro potencia de lanzamiento oscila entre -5 y 0 dBm.



**Figura 8-4.** Simulación de los parámetros Wavelength y Launched power con Optisystem.

Fuente: Aucancela Luis, 2018

- **Minimum extinction ratio.-** Con modulación S-16.1, el parámetro relación de extinción mínima es de 8.2 dB.



**Figura 9-4.** Simulación del parámetro Minimum extinction ratio con Optisystem.

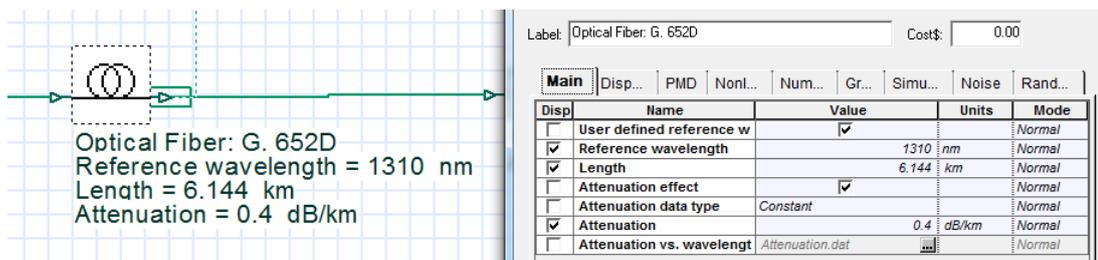
Fuente: Aucancela Luis, 2018

**b) Características del receptor:**

- **Receiver sensitivity.**- Con modulación S-16.1, el parámetro sensibilidad de recepción es de -18 dBm.
- **Receiver overload.**- Con modulación S-16.1, el parámetro sobrecarga de recepción es de 0 dBm.

En la simulación también se considera la atenuación total proveniente del enlace de fibra óptica diseñado y sus características provienen de la Recomendación UIT-T G.652.

- **Coefficiente de atenuación máximo.** - Para el tipo de fibra G. 652D es de 0.4 dB/Km.

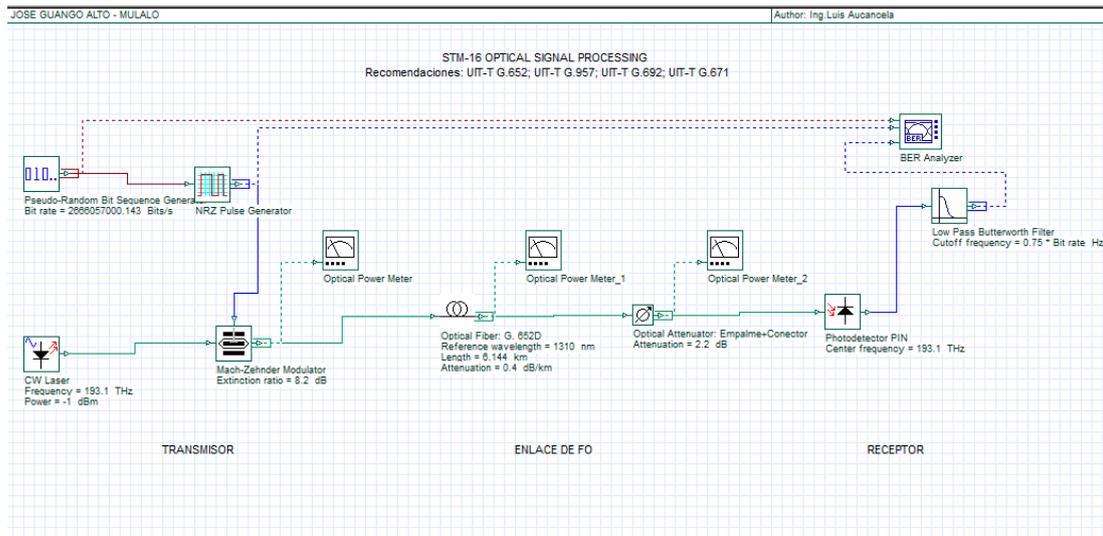


**Figura 10-4.** Simulación del parámetro coeficiente de atenuación máximo con Optisystem.

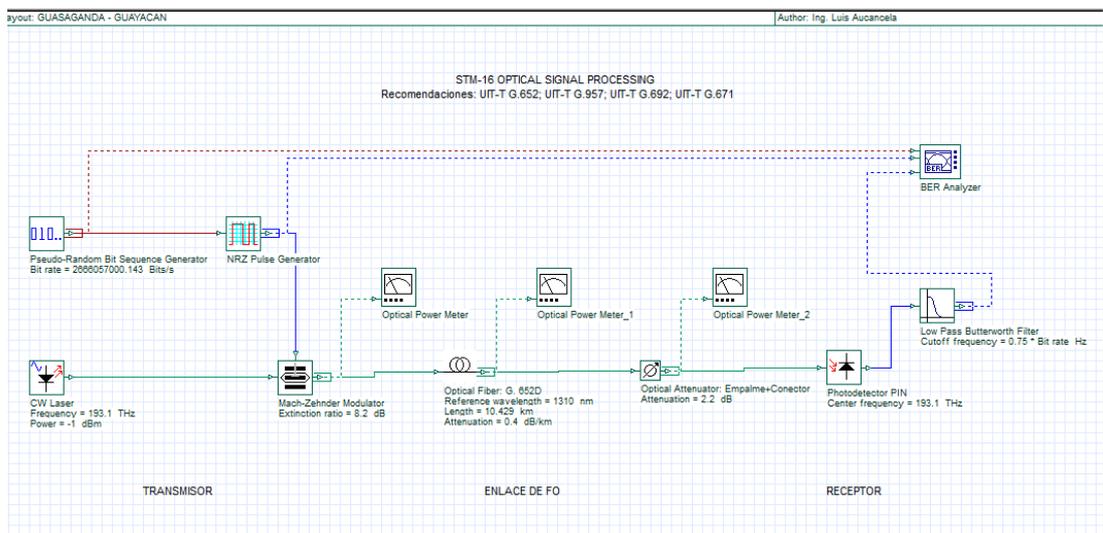
Fuente: Aucancela Luis, 2018

En las Figuras 11-4 y 12-4 podemos observar los sistemas completos, se realiza la simulación de un enlace de transmisión STM-16 con una capacidad de 2.6 Gbps, se utilizan los parámetros recomendados por la UIT-T en cuanto a hardware y el enlace de fibra óptica diseñado como medio físico de transmisión.

En el capítulo V se detalla los resultados obtenidos en la simulación, se describen los valores de potencia de cada etapa y las respuestas en cuanto a BER y factor Q.



**Figura 11-4.** Simulación Transmisión STM-16 Jose Guango Alto - Mulalo con Optisystem.  
**Fuente:** Aucancela Luis, 2018



**Figura 12-4.** Simulación Transmisión STM-16 Guasaganda – Guayacán con Optisystem.  
**Fuente:** Aucancela Luis, 2018

#### 4.5.2. Enlace de Radio Microonda

El diseño de radio microonda realizado es la mejor inversión para el Operador de Telecomunicaciones CNT EP Agencia Cotopaxi, es la opción más inmediata y económica utilizando en lo posible infraestructura de telecomunicaciones existente como estructuras o torres autoportadas, además por las condiciones atmosféricas del lugar mejora notablemente a la solución satelital existente. En lo técnico son realizados en su totalidad con recomendaciones estandarizadas por la UIT-R lo que conlleva a obtener un enlace de

radio microonda normado y óptimo para realizar el proceso de migración tecnológica y optimización de tráfico en el nodo de Palo Quemado.

#### 4.5.2.1. Consideraciones de Diseño

##### a) Información del link de transmisión

- El modo de transmisión que utiliza el nodo prestador de servicios fijos Palo Quemado es inalámbrico ya que posee un enlace de radio satelital con sus restricciones en cuanto a ancho de banda por el tema de costos de operación.
- La capacidad de transmisión que actualmente posee el enlace satelital VSAT es de 1 Mbps ya que el nodo Palo Quemado en la actualidad solo ofrece a sus clientes el servicio de telefonía fija.
- En cuanto al tipo de equipo de transmisión disponible, en el nodo Palo Quemado opera un equipo VSAT KU satelital de marca GILAT con características que se describe en el ANEXO 6.

##### b) Información geográfica y de clima

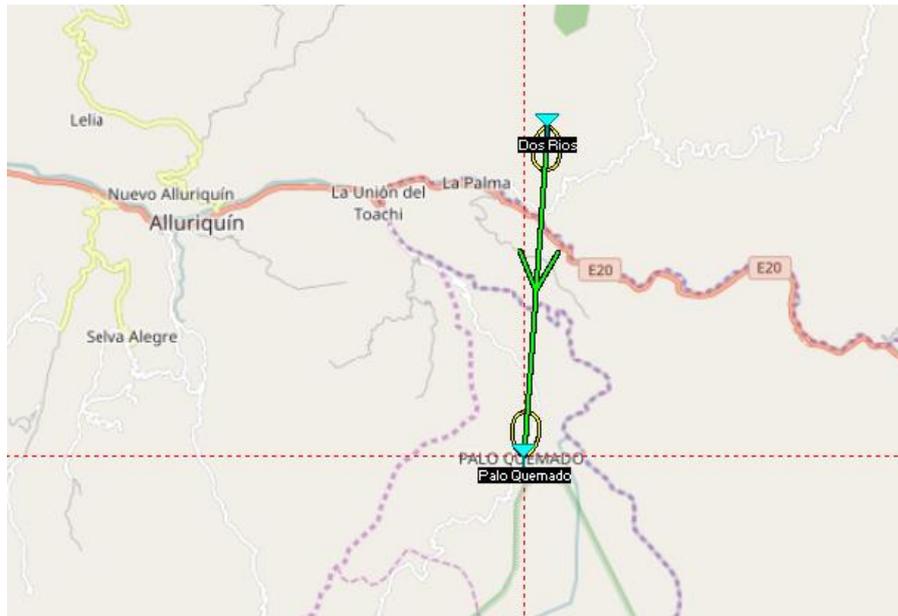
- Los nodos involucrados en el diseño se encuentran localizados en la frontera provincial Cotopaxi - Santo Domingo de los Tzachilas, en la Tabla 14-4 se describe a detalle la ubicación geográfica de los sitios.

**Tabla 15-4.** Datos de Ubicación para los sitios Palo Quemado y Dos Ríos.

PROVINCIA	CANTÓN	LOCALIDAD	TIPO DE NODO	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD
COTOPAXI	Sigchos	PALO QUEMADO	CENTRAL TELEFÓNICA, PROPIEDAD DE CNT	Parroquia Palo Quemado	00° 22' 21.12" S	78° 55' 23.55" W
STO-DGO de los Tzachilas	Santo Domingo	DOS RÍOS	RADIO TRONCALIZADA POLICÍA NACIONAL, PROPIEDAD DE CNT	Vía Quito, La Palma-Dos Ríos Km 5+2 margen izquierdo	00° 18' 05.056" S	78° 55' 05.826" W

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

- La altura sobre el nivel del mar para el sitio (A) Palo Quemado es 1314 msnm y para el sitio (B) Repetidor Dos Ríos es 1380 msnm, lo que conlleva a poseer condiciones atmosféricas de subtrópico con presencia de neblina espesa y lluvia constante por lo que se debe adoptar la Recomendación UIT-R P.530-17 y ITU-R P837-3 al momento de realizar la simulación respectiva.



**Figura 13-4** Georreferenciación para los sitios Palo Quemado y Dos Ríos.  
Fuente: Aucancela Luis, 2018

### c) Parámetros de ingeniería

- El sitio (A) Palo Quemado se encuentra localizado en las coordenadas  $00^{\circ} 22' 21.12''$  S y  $78^{\circ} 55' 23.55''$  W, por otro lado el sitio (B) se localiza en  $00^{\circ} 18' 05.056''$  S y  $78^{\circ} 55' 05.826''$  W.
- El sitio (A) no posee estructura o torre alguna por el contrario el sitio (B) por operar como Repetidor Troncalizado de la Policía posee una torre autosoportada de 42 mts de altura como se puede observar en la Figura siguiente.

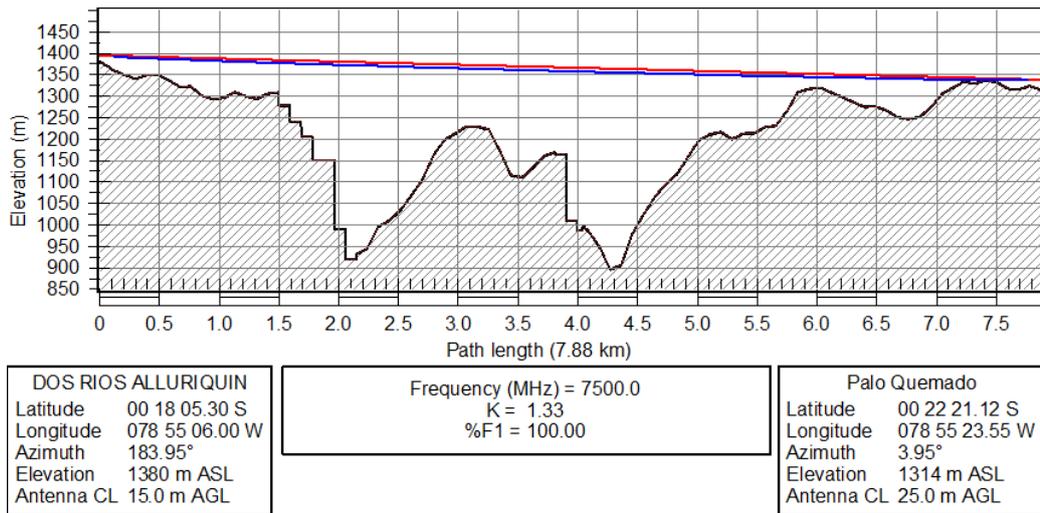


**Figura 14-4.** Torre autoportada existente\_sitio  
(B) Repetidor Dos Ríos Alluriquin.  
Fuente: Aucancela Luis, 2018

- Para determinar los recursos de frecuencia disponibles se utiliza el equipo analizador de espectros S362D de marca ANRITSU con el que se realiza un barrido de portadoras que vienen operando en los sitios del enlace cabe acotar que el barrido se realiza para portadoras locales y de otras operadoras de telecomunicaciones que alcanzan el sitio; Luego de realizado el barrido se selecciona una frecuencia de operación del enlace de microonda de 7.5 GHz.
- El tipo de protección seleccionado es 1+1 HSB con la finalidad de poseer disponibilidad total del enlace a diseñar.

#### **4.5.2.2. Ambiente de simulación**

Para realizar la simulación del enlace entre los sitios (A) Palo Quemado y (B) Repetidor Dos Ríos Alluriqui se utiliza el software Pathloss Link 5.0 ya que cumple con las recomendaciones actuales UIT-R P.453-13; UIT-R P.530-17 y UIT-R P.837-7 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.



**Figura 15-4.** Simulación de Enlace Microonda Palo Quemado - Dos Ríos Alluriquin.  
**Fuente:** Aucancela Luis, 2018

En la Figura 15-4, se observa una simulación exitosa para el enlace de microonda entre los sitios de Palo Quemado y Dos Ríos Alluriquin; se comprueba una frecuencia de operación de 7.5 GHz; Además podemos observar que para obtener un factor geoclimático K de 1.33 y un zona de Fresnel limpia con un %F1 igual a 100 es importante considerar las alturas de las antenas que para el caso del sitio (A) Palo Quemado es de 25 metros y para el sitio (B) Dos Rios Alluriquin es de 15 metros.

Con los resultados arrojados en la simulación se debe considerar la instalación de una torre autosoportada de 30 metros de altura en el sitio (A) Palo Quemado como requisitos de infraestructura para la construcción del enlace de microonda.

#### 4.6. Infraestructura Propuesta

En esta sección podemos citar las proyecciones en cuanto a la infraestructura de red, comenzamos describiendo en resumen los recursos obtenidos en cuanto a equipamiento de acceso a servicios de internet DSLAM, continuamos citando al equipamiento concentrador de tráfico como son los switches MPLS de capa 2, seguimos, analizando los recursos en cuanto a equipamiento de transporte y con ello los medios físicos de transmisión disponibles.

#### **4.6.1. Red de acceso fijo**

En lo que respecta a **equipos de acceso DSLAM** pertenecientes a la operadora estatal CNT de la provincia de Cotopaxi podemos concluir que están presentes en el **98,3%** de los nodos prestadores de servicios fijos seleccionados.

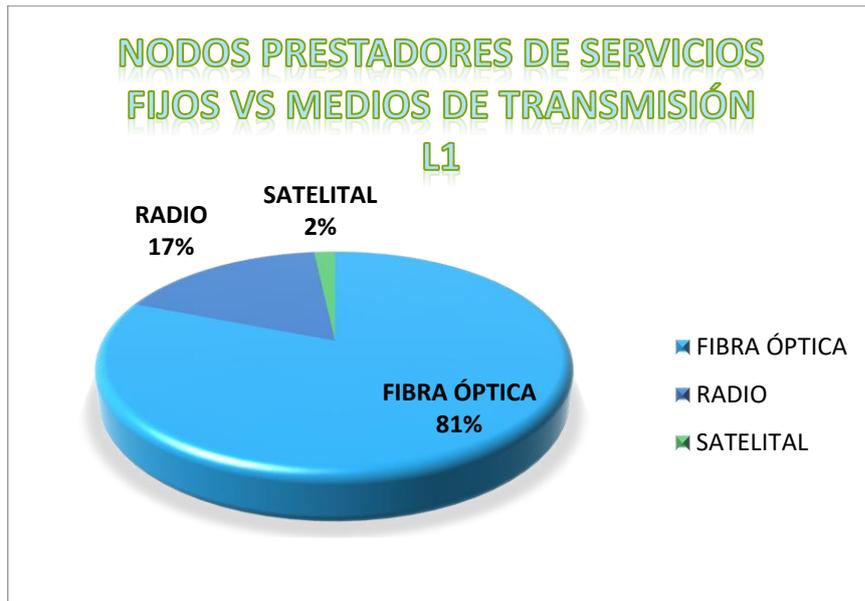
Se debe considerar que el nodo Palo Quemado es el único nodo prestador de servicios fijos que no cuenta con equipamiento DSLAM por falta de migración tecnológica en el sitio.

En lo referente a **equipos de acceso MPLS de capa 2** pertenecientes a la operadora estatal CNT de la provincia de Cotopaxi podemos concluir que están presentes en el **53,4%** de los nodos prestadores de servicios fijos seleccionados; el **56,6%** utiliza conexión directa o dedicada hacia los equipos routers MPLS de capa 3.

#### **4.6.2. Red de transporte**

##### **Medios de transmisión**

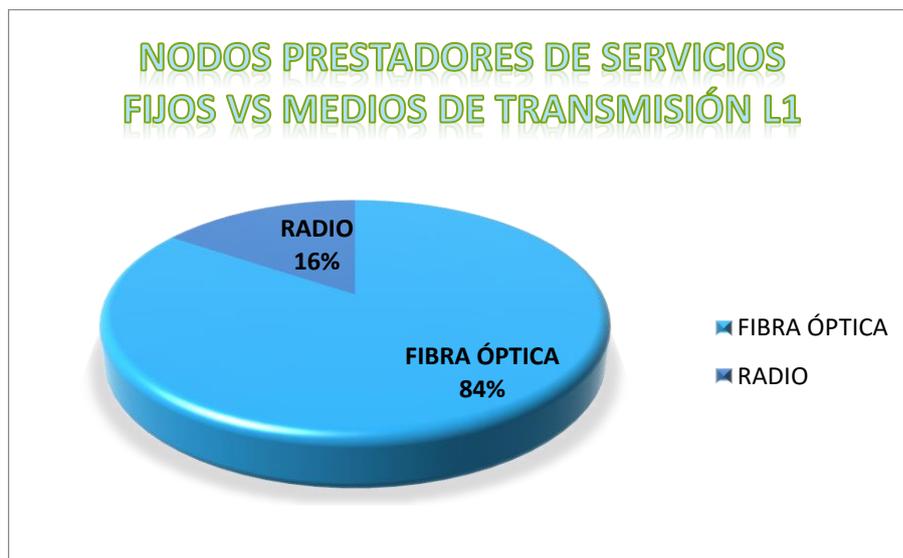
En esta sección es primordial exponer un antes y un después del diseño realizado y en los Gráficos 1-4 y 2-4 se visualiza lo expuesto.



**Gráfico 6-4.** Medios de transmisión después del diseño.  
Realizado por: Aucancela Luis, 2018

En el Gráfico 6-4 podemos visualizar la descripción de medios de transmisión antes de realizado el diseño, donde se distinguen tres medios fibra, radio y satelital.

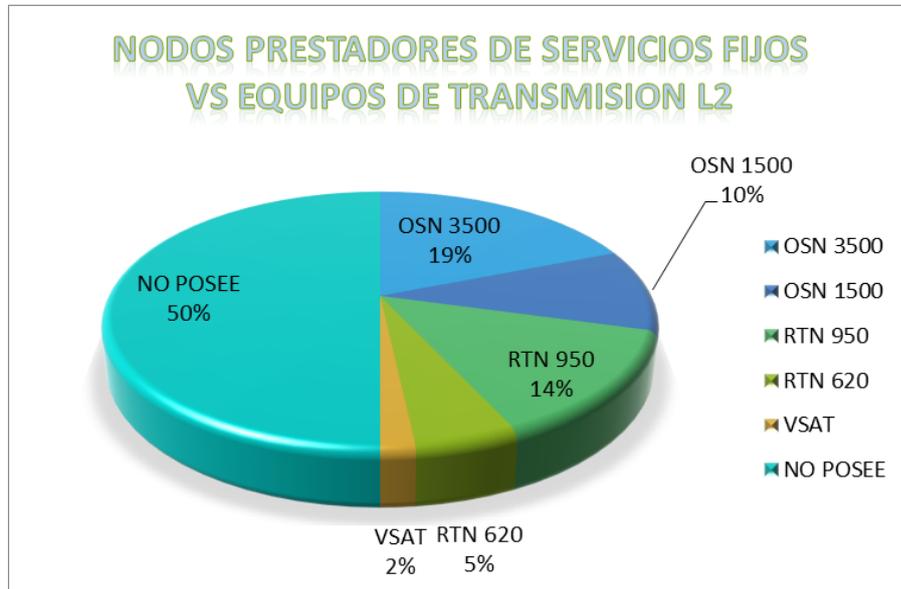
En el Grafico 7-4 podemos visualizar que después de realizado el diseño y una virtual migración correspondiente, el enlace satelital ha desaparecido, los enlaces de fibra óptica como es lógico por su característica principal de mayor capacidad de transmisión sigue creciendo en porcentaje alcanzando un 84% y los enlaces de radio también van decreciendo un porcentaje ahora alcanzan un 16% ya que por su característica de limitada capacidad de transmisión van siendo migrados de tecnología.



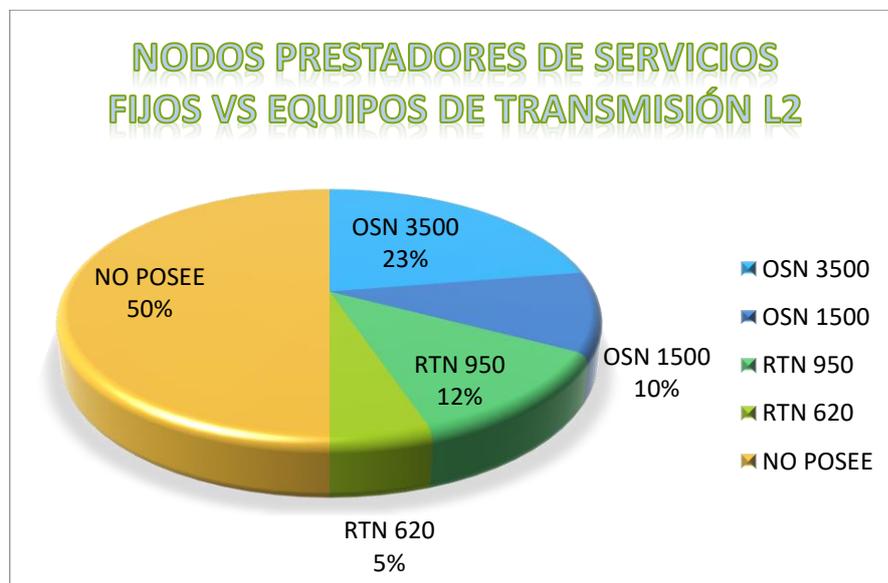
**Gráfico 7-4.** Medios de transmisión después del diseño.  
Realizado por: Aucancela Luis, 2018

## Equipos de transmisión

De la misma manera que en la sección de medios de transmisión, en esta sección existe un antes y un después del diseño realizado y en los Gráficos 8-4 y 9-4 podemos ver lo citado.



**Gráfico 8-4.** Equipos de transmisión antes del diseño.  
Realizado por: Aucancela Luis, 2018



**Gráfico 9-4.** Equipos de transmisión después del diseño.  
Realizado por: Aucancela Luis, 2018

En el Gráfico 8-4 podemos visualizar la descripción en cuanto a equipos de transmisión antes de realizado el diseño; Se distingue un equipo satelital que alcanza el 2% y 11 equipos OSN 3500 con el 19% del total de equipos de transmisión.

En el Grafico 9-4 podemos visualizar que después de realizado el diseño y la migración correspondiente el enlace satelital ha desaparecido y los equipos OSN 3500 son 13, alcanzando el 23% del total de equipos de transmisión.

## CAPÍTULO V

### 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Una vez realizada la optimización a los enlaces de transmisión local que sirven como uplink para los equipos de acceso fijo como es el caso de DSLAM, la optimización a los enlaces intercentrales que utilizan los equipos MPLS de capa 2 y el diseño de nuevos enlaces troncales de transmisión. Los resultados que se presentan en este capítulo es el reflejo de mediciones realizadas a los enlaces de transmisión antes y después del proceso de optimización realizado, donde evaluando los parámetros de latencia y tasa de paquetes recibidos podemos determinar las mejoras en el rendimiento del enlace. En el caso de diseños nuevos de fibra óptica los resultados que se exponen corresponden a la simulación realizada con Optisystem en donde para determinar el rendimiento del enlace de transmisión STM-16, se evalúan los parámetros de factor Q, BER y la atenuación, datos proporcionados por el software y que deben encontrarse dentro de lo especificado en la Recomendación ITU-G.957, donde el valor límite mínimo es 6 para el factor Q, para el BER debe ser menor a  $1 \times 10^{-10}$  y para la atenuación inferior de -24 dB.

#### 5.1 Resultados de Optimización realizada

Para el análisis de resultados obtenidos al optimizar los enlaces de transmisión tanto de equipos de acceso DLAM como MPLS se utiliza el comando ping ya que utiliza el protocolo ICMP y evalúa las capas 3,2 y 1 del modelo OSI. Se envían 2000 paquetes de 32 bytes y se evalúan los parámetros como la tasa de paquetes recibidos y la latencia.

##### a) Optimización de enlaces de Transmisión \_Equipos de acceso DSLAM

Para el equipo SA01\_BRIGADA\_PATRIA se obtiene una tasa de éxito del 100% y una latencia promedio de 3 milisegundos.

Para el equipo SA01\_TANICUCHI se obtiene una tasa de éxito del 100% y una latencia promedio de 3 milisegundos.

Para el equipo SA01\_LA\_JOSEFINA se obtiene una tasa de éxito del 98% y una latencia promedio de 12 milisegundos; se debe considerar que para el enlace citado no aplica optimización ya que no existen recursos de transmisión disponibles en la infraestructura actual.

Para el equipo SH01\_PUCAYACU se obtiene una tasa de éxito del 98% y una latencia promedio de 10 milisegundos; se debe considerar que para el enlace citado no aplica optimización ya que no existen recursos de transmisión disponibles en la infraestructura actual.

Para el equipo SA01\_SICOTO se obtiene una tasa de éxito del 100% y una latencia promedio de 6 milisegundos.

Para el equipo SA01\_PILALO se obtiene una tasa de éxito del 100% y una latencia promedio de 3 milisegundos.

**Tabla 1-5.** Parámetros de Optimización\_Enlaces de Transmisión\_DSLAM

Parámetro	Equipo	Antes	Después
TASA DE ÉXITO (%)	SA01_BRIGADA_PATRIA	99	100
	SA01_TANICUCHI	98	100
	SA01_LA_JOSEFINA	98	N/A
	SH01_PUCAYACU	98	N/A
	SA01_SICOTO	98	100
	SA01_PILALO	99	100
		<b>98.3</b>	<b>100</b>
LATENCIA (ms)	SA01_BRIGADA_PATRIA	5	3
	SA01_TANICUCHI	5	3
	SA01_LA_JOSEFINA	12	N/A
	SH01_PUCAYACU	10	N/A
	SA01_SICOTO	11	6
	SA01_PILALO	40	3
		<b>13.83</b>	<b>3.75</b>

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

En la Tabla 1-V se muestra el promedio de los parámetros Tasa de Éxito y Latencia, antes y después de la optimización realizada a los enlaces de transmisión de equipos DSLAM, donde se verifica resultados finales de cero perdidas en los enlaces, con una tasa de éxito del 100% y una latencia ideal de 3.75 milisegundos.

## b) Optimización de enlaces de Transmisión\_ Equipos MPLS

Para el equipo LTCALAQM01 se obtiene una tasa de éxito del 100% y una latencia promedio de 2 milisegundos.

Para el equipo LTCSFELM01 se obtiene una tasa de éxito del 100% y una latencia promedio de 2 milisegundos.

Para el equipo LTCJGUAM01 se obtiene una tasa de éxito del 97% y una latencia promedio de 4 milisegundos; se debe considerar que para el enlace citado no aplica optimización ya que no existen recursos de transmisión disponibles en la infraestructura actual.

Para el equipo LTCGSGDM01 se obtiene una tasa de éxito del 99% y una latencia promedio de 4 milisegundos; se debe considerar que para el enlace citado no aplica optimización ya que no existen recursos de transmisión disponibles en la infraestructura actual.

Para el equipo LTCLPAMM01 se obtiene una tasa de éxito del 100% y una latencia promedio de 5 milisegundos.

**Tabla 2-5.** Parámetros de Optimización\_Enlaces de Transmisión\_MPLS

Parámetro	Equipo	Antes	Después
TASA DE ÉITO (%)	LTCALAQM01	99	100
	LTCSFELM01	98	100
	LTCJGUAM01	97	N/A
	LTCGSGDM01	99	N/A
	LTCLPAMM01	98	100
			<b>98.2</b>
LATENCIA (ms)	LTCALAQM01	5	2
	LTCSFELM01	8	2
	LTCJGUAM01	4	N/A
	LTCGSGDM01	5	N/A
	LTCLPAMM01	16	5
			<b>8.2</b>

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

En la Tabla 2-V se muestra el promedio de los parámetros Tasa de Éxito y Latencia, antes y después de la optimización realizada a los enlaces de transmisión de equipos MPLS, donde se verifican resultados finales de cero perdidas en los enlaces, con una tasa de éxito del 100% y una latencia ideal de 3 milisegundos.

### 5.1.1. Parámetros Evaluados

**Tabla 3-5.** Parámetros de Optimización medidos por equipo

<b>EQUIPO</b>	<b>TASA DE ÉXITO (Paquetes Recibidos)</b>	<b>LATENCIA</b>
SA01_BRIGADA_PATRIA	100%	3 ms
SA01_TANICUCHI	100%	3 ms
SA01_LA_JOSEFINA	N/A	N/A
SH01_PUCAYACU	N/A	N/A
SA01_SICOTO	100%	6 ms
SA01_PILALO	100%	3 ms
LTCALAQM01	100%	2 ms
LTCSELM01	100%	2 ms
LTCJGUAM01	N/A	N/A
LTCGSGDM01	N/A	N/A
LTCLPAMM01	100%	5 ms

**Realizado por:** Aucancela Luis, 2018

## 5.2. Resultados del Ambiente de Simulación

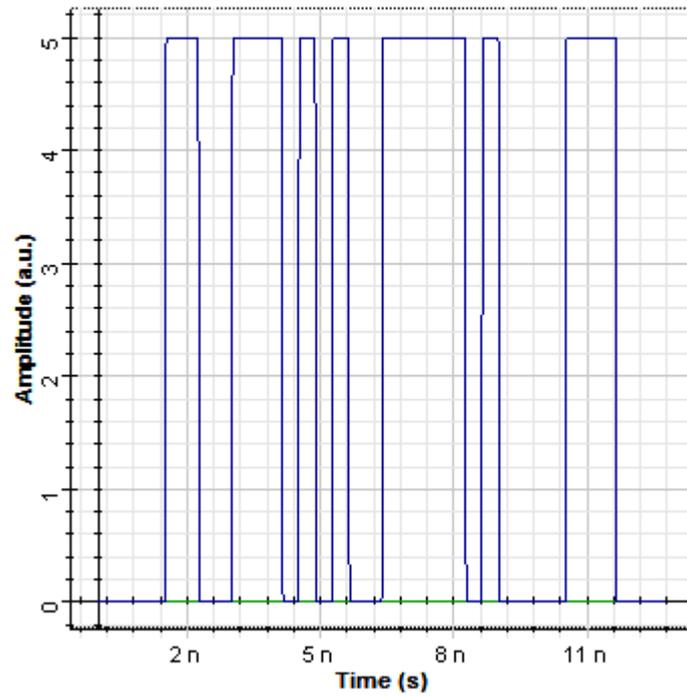
### a) Ambiente de Simulación del Transmisor

El módulo de transmisión simulado siguiendo explícitamente la Recomendación UIT-T G.957 (Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona) genera una secuencia de bits pseudo-aleatoria de 2.6 Gbps y ésta es codificada con un codificador NRZ para obtener la señal eléctrica inicial que se muestra en la Figura 1-5.



## Oscilloscope Visualizer

Click On Objects to open properties. Move Objects with Mouse Drag



**Figura 1-5.** Señal eléctrica transmitida.

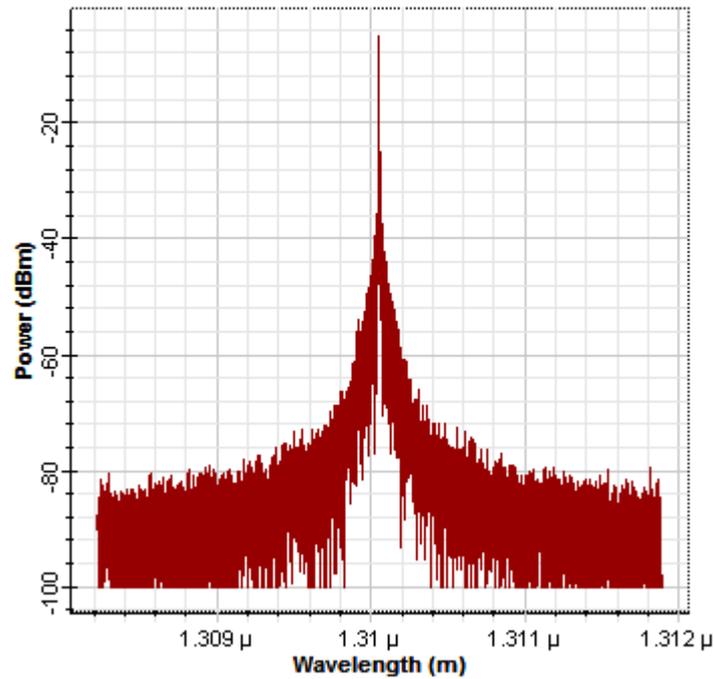
Fuente: Aucancela Luis, 2018

La señal eléctrica inicial es modulada con la portadora óptica de longitud de onda 1310 nm y con la ayuda de un analizador de espectros se obtiene una señal óptica con espectro que se visualiza en la Figura 2-5.



## Optical Spectrum Analyzer

Click On Objects to open properties. Move Objects with Mouse Drag



**Figura 2-5.** Espectro de la señal transmitida.

Fuente: Aucancela Luis, 2018

### b) Ambiente de Simulación del Receptor

El módulo de recepción conformado por un photodetector y un filtro pasa bajos es conectado a un analizador BER para obtener parámetros como la tasa de errores en los bits (BER) y la relación señal/ruido eléctrica (ESNR) o factor Q.

#### Factor Q y BER

Siguiendo la Recomendación UIT-T G.957 (Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona) se cuenta con los valores de referencia máximo y mínimo de los parámetros factor Q y BER con los que se compara los valores obtenidos en el analizador BER del circuito.

**Tabla 4-5.** Parámetros Factor Q y BER referenciales.

Recomendación UIT-T G.957	
FACTOR Q	Mayor a 6
VER	Menor a $1 \times 10^{-10}$

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

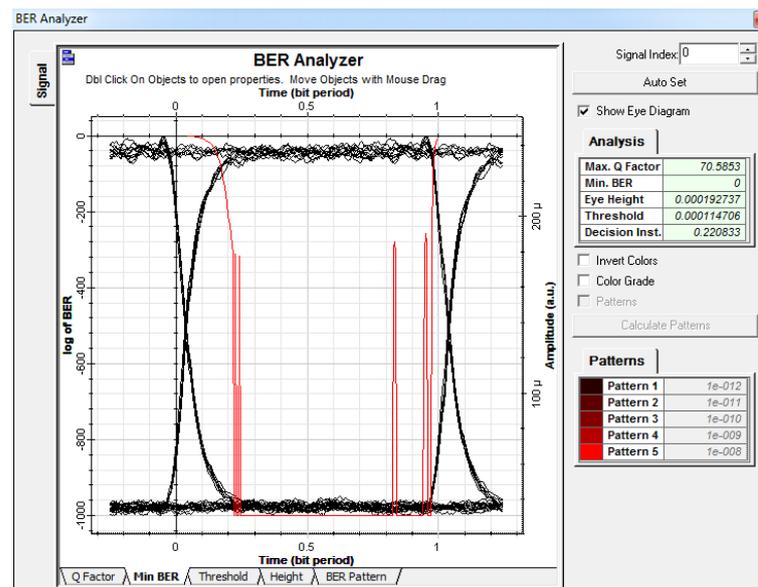
En la Tabla 4-5 se observa los valores referenciales en cuanto a la tasa de errores en los bits y la relación señal/ruido eléctrica con los que se compara a las mediciones obtenidas en las simulaciones de los enlaces STM-16 diseñados Tabla 5-5.

**Tabla 5-5.** Enlaces STM-16 diseñados.

Correspondencia de Enlaces Simulados	
Enlace 1	Simulación Transmisión STM-16 José Guango Alto - Mulalo
Enlace 2	Simulación Transmisión STM-16 Guasaganda – Guayacan

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

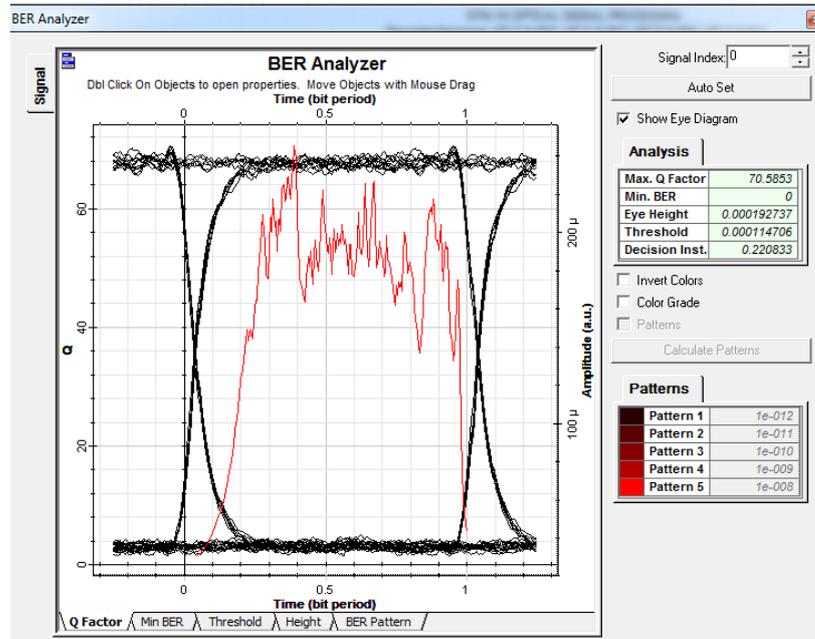
Para el enlace 1 como es el enlace STM-16 Jose Guango Alto – Mulalo se obtiene que la tasa de errores en los bits (BER) es ideal, es decir igual a cero ya que, el enlace tiene una distancia corta de 6.1 kilómetros y la transmisión de una señal STM-16 es ideal con cero bits errados Figura 3-5.



**Figura 3-5.** Min. BER, Transmisión STM-16 Jose Guango Alto – Mulalo.

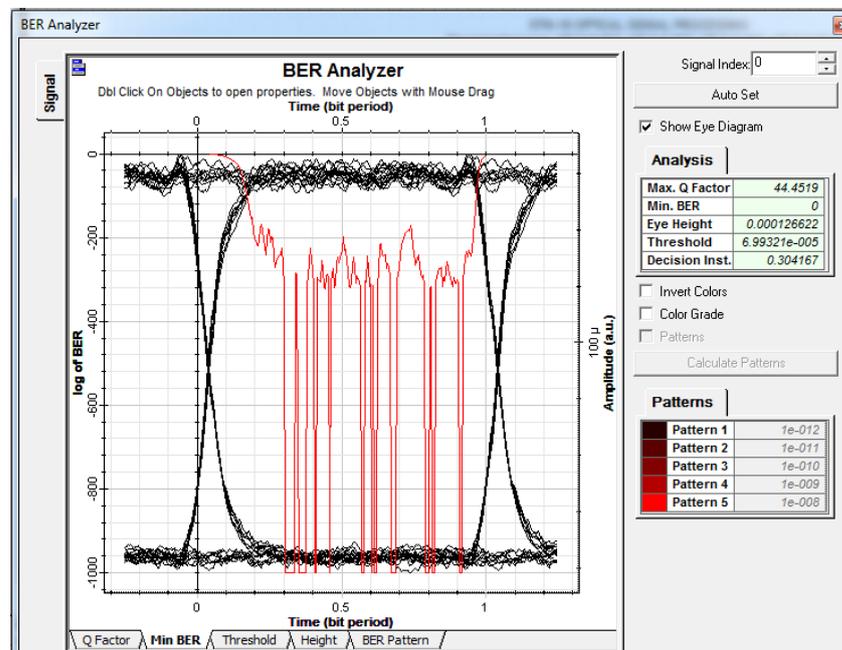
Fuente: Aucancela Luis, 2018

También, para el enlace 1 se halla la relación señal/ruido o factor Q de 70.58, es decir que cumple con la Recomendación UIT-T G.957 Figura 4-5.



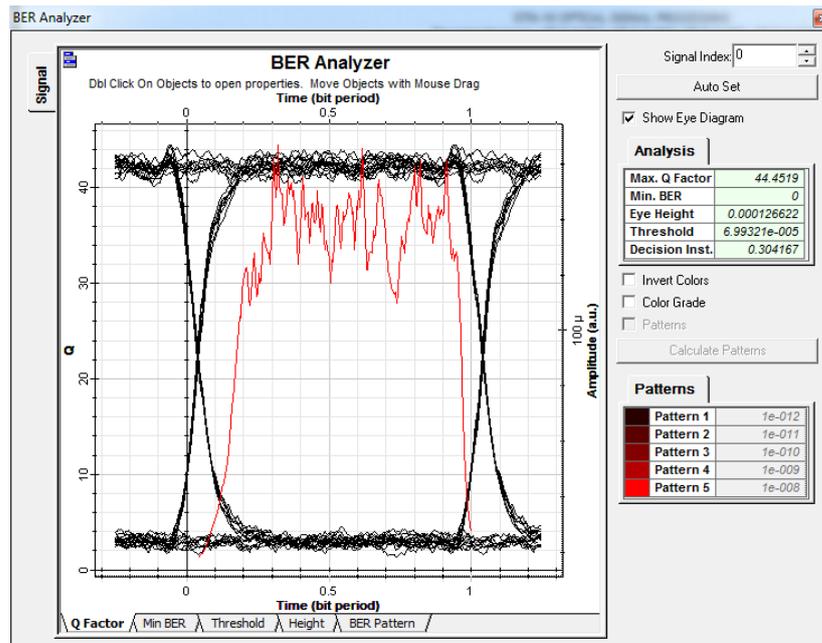
**Figura 4-V.** Factor Q, Transmisión STM-16 Jose Guango Alto – Mulalo.  
Fuente: Aucancela Luis, 2018

Para el enlace 2 como es el enlace STM-16 Guasaganda – Guayacán se obtiene que la tasa de errores en los bits (BER) es ideal, es decir igual a cero ya que, el enlace tiene una distancia corta de 10.4 kilómetros y la transmisión de una señal STM-16 es ideal con cero bits errados Figura 5-5.



**Figura 5-5.** Min. BER, Transmisión STM-16 Guasaganda – Guayacan.  
Fuente: Aucancela Luis, 2018

Además, para el enlace 2 se halla la relación señal/ruido o factor Q de 44.45, es decir que cumple con la Recomendación UIT-T G.957 Figura 6-5.

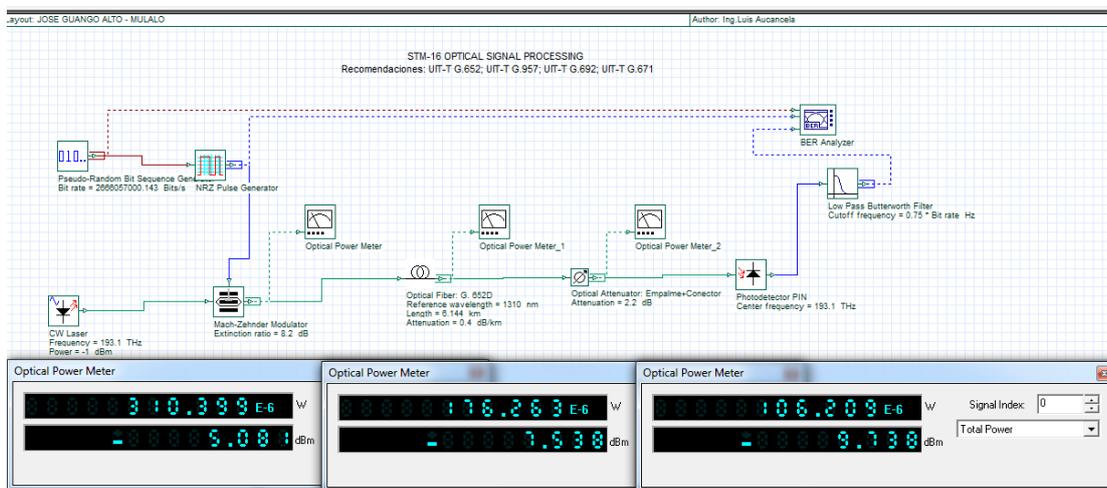


**Figura 6-5.** Factor Q, Transmisión STM-16 Guasaganda – Guayacan.  
Fuente: Aucancela Luis, 2018

## Atenuación

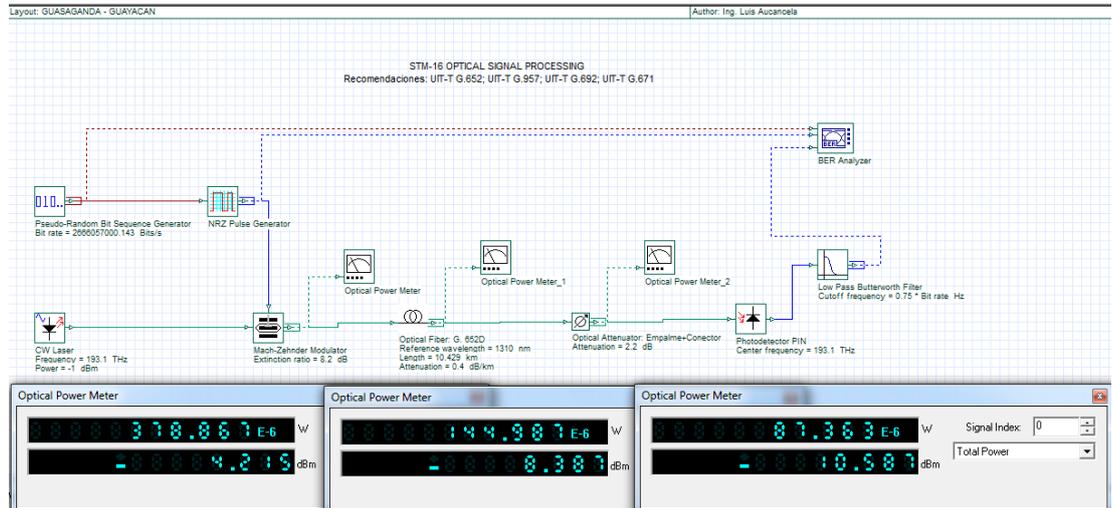
Conectando medidores de potencia ópticos (power meter) en cada una de las etapas de atenuación se consigue visualizar la potencia a la salida del transmisor así como también la degradación mínima de la potencia al pasar por la fibra.

En el escenario de simulación de la fibra óptica 1, al conectar el power meter se mide una potencia de transmisión de -5.081 dBm así como también se comprueba el cálculo de atenuación realizado para el enlace José Guango – Mulaló donde se obtiene una atenuación teórica de 4.6576 dB, generando una potencia de recepción de -9.738 dBm Figura 7-5.



**Figura 7-5.** Potencia mediada antes y después enlace de FO Guango Alto - Mulaló  
Fuente: Aucancela Luis, 2018

En el escenario de simulación de la fibra óptica 2, al conectar el power meter se mide una potencia de transmisión de -4.215 dBm así como también se comprueba el cálculo de atenuación realizado para el enlace Guasaganda – Guayacán donde se obtiene una atenuación teórica de 6.372 dB, generando una potencia de recepción de -10.587 dBm Figura 8-5.



**Figura 8-5.** Potencia mediada antes y después enlace de FO Guasaganda - Guayacan  
**Fuente:** Aucancela Luis, 2018

### 5.2.1. Parámetros Simulados

**Tabla 6-5.** Parámetros simulados por enlace.

ENLACE	Atenuación	Factor Q	BER
Transmisión STM-16 Jose Guango Alto – Mulalo	4,65	70,58	0
Transmisión STM-16 Guasaganda – Guayacan	6,37	44,45	0

**Realizado por:** Aucancela Luis, 2018

### 5.3. Comprobación de la Hipótesis

Para determinar si son aprobadas o negadas las hipótesis científicas en base a lo que el investigador observa, las mismas deben ser sometidas a pruebas que permitan validar que lo argumentado tiene apoyo o no de acuerdo a ciertos datos obtenidos en la investigación.

a) Variables

Tabla 7-5. Operacionalización de variables

Variables	Tipo	Concepto
Evaluación de los efectos lineales y no lineales presentes durante la transmisión de una señal digital STM-16 en un medio óptico.	Independiente	Conjunto de procesos, procedimientos técnicos y actividades en el área de Telecomunicaciones que permiten estimar los parámetros de rendimiento de un enlace troncal de transmisión.
Variación de los efectos lineales que cumplen con los establecidos en la ITU-T G.957 en cada uno de los módulos del sistema.	Dependiente	Parámetros presentes en la transmisión de la trama SDH que se encuentren dentro de los límites para una transmisión adecuada y factible.
Evaluación de los efectos lineales y no lineales presentes durante la transmisión de una señal digital STM-1 en un medio inalámbrico.	Independiente	Conjunto de procesos, procedimientos técnicos y actividades en el área de Telecomunicaciones que permiten estimar los parámetros de rendimiento de un enlace troncal de transmisión.
Variación de los efectos lineales que cumplen con los establecidos en la UIT-R P.530-17 en cada uno de los módulos del sistema.	Dependiente	Parámetros presentes en la transmisión de la trama SDH que se encuentren dentro de los límites para una transmisión adecuada y factible.

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

## **b) Población**

La población abarca todos los nodos prestadores de servicios fijos con los que cuenta la empresa Operadora que para este caso es de 58 nodos, de los cuales se toman los nodos donde el enlace troncal de transmisión presenta saturación y no se cuenta con la infraestructura necesaria para superar dichas pérdidas en el enlace, es decir 3 nodos.

## **c) Procedimientos Generales**

Para el efecto se describen los métodos utilizados en la presente investigación.

**Método:** comparativo – experimental

**Técnicas:** experimentos y pruebas

**Instrumentos:** Optisystem 15.0 y Pathloss Link 5.0

## **d) Instrumentos de recolección de datos**

De acuerdo a la naturaleza de la investigación, los instrumentos más apropiados para la recolección de datos fueron la comparación de experimentos y pruebas, los mismos que se aplicaron utilizando el enlace óptico diseñado.

Para la recolección de información se utilizó para ciertos casos la observación directa para comparar niveles de atenuación, BER, y Factor Q en relación a la distancia entre el transmisor y receptor, esto mediante el soporte del software mencionado.

De la misma manera se comparó niveles de referencia de los experimentos en relación a los establecidos en la ITU-T G.957 y ITU-R P.530-17 para una transmisión adecuada y fiable en los enlaces correspondientes.

## **e) Validación de los instrumentos**

El software Optisystem 15.0 fue creado para hacer frente a las necesidades de los investigadores, ingenieros de telecomunicaciones, integradores de sistemas ópticos, estudiantes y a una amplia variedad de usuarios. Optisystem es una suite de diseño de software que permite a los usuarios planificar, probar y simular los enlaces ópticos en la capa de transmisión de las redes ópticas

modernas. Debido a su flexibilidad y eficiencia en el diseño es un software que tiene un alto reconocimiento en el ámbito académico e investigativo a nivel mundial, es utilizado por el Instituto de Óptica de la Universidad de Rochester, Universidad de Australia, Instituto de ciencias de la India, Universidad de Arizona, entre otros. El software de la empresa canadiense Optiwave, con una trayectoria de 15 años diseñando software de simulación para la investigación en el área de electrónica y redes ópticas, el cual es utilizado a nivel mundial en el entorno académico y empresarial.

El software Pathloss 5.0 fue creado por la empresa Canadiense Contract Telecommunication Engineering Ltd. Fue lanzado al mercado en febrero del 2009 para soportar el diseño de enlaces microonda punto a punto, punto a multipunto y estudios locales y de área en lo referente a interferencia. Posee características particulares en el diseño como: alturas de la antena, análisis de transmisión, atenuación de la lluvia y reflexiones – multipath. Utiliza la Recomendaciones ITU-R P.530, ITU-R P837-3 y la ITU-R P.453-8 para la simulación por lo que el software se convierte en un instrumento ideal para el diseño de enlaces de transmisión vía microonda.

#### **f) Escenario de Simulación**

En el capítulo IV se describe a detalle los escenarios construidos para cada etapa del sistema diseñado.

#### **g) Procesamiento de la Información**

Para el análisis de los datos y la comprobación de hipótesis, se determinan las variables dependientes e independientes con sus respectivos indicadores.

Se analiza los parámetros que permiten determinar la calidad que va tener la señal una vez transcurrido por los elemento propuestos en el diseño.

#### **Prueba de Hipótesis**

Con el objeto de comprobar la hipótesis establecida en la presente investigación se empleó la prueba estadística del Chi-Cuadrado, el cual es un método útil para probar las hipótesis relacionadas con la diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas en una muestra y el conjunto de frecuencias teóricas y esperadas de la misma muestra.

**H<sub>0</sub>:** Mediante software de simulación será posible evaluar y diseñar enlaces troncales de transmisión que no cumplan con la normativa de la UIT y que sirvan para la optimización de tráfico y migración tecnológica en nodos prestadores de servicios fijos.

**H<sub>1</sub>:** Mediante software de simulación será posible evaluar y diseñar enlaces troncales de transmisión que cumplan con la normativa de la UIT y que sirvan para la optimización de tráfico y migración tecnológica en nodos prestadores de servicios fijos.

Para probar la hipótesis descrita en la investigación, se consideran los resultados obtenidos en el enlace 2, Diseño de Transmisión STM-16 Guasaganda – Guayacán y la Recomendación UIT-T G.957 referente a Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona. En la Tabla 5-5 se exponen los parámetros de calidad observados que para el caso de la prueba aplicada del Chi-Cuadrado es la tabla de valores observados.

**Tabla 8-5.** Tabla de valores observados (f<sub>(0)</sub>)).-V. Tabla de valores observados (f<sub>(0)</sub>)).

ENLACES TRONCALES	PARÁMETROS DE CALIDAD OBSERVADOS		
	ATENUACIÓN	FACTOR Q	BER
enlace 2	06,37	44,45	0
Recomendación UIT-T G.957	15,40	07,50	3,05E-14

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

Como segundo punto se calcula y genera la tabla de valores esperados utilizando la fórmula:

$$= \frac{\text{Total Columna (para dicha celda)} * \text{Total Fila (para dicha celda)}}{\text{Suma Total}}$$

**Tabla 9-5.** Tabla de valores esperados (f<sub>e</sub>).

ENLACES TRONCALES	PARAMETROS DE CALIDAD ESPERADOS		
	ATENUACION	FACTOR Q	BER
enlace 2	15,00747965	35,81252035	2,10256E-14
Recomendación UIT-T G.957	6,762520347	16,13747965	9,47436E-15

Realizado por: Aucancela Luis, 2018

Para obtener el valor de Chi-Cuadrado Calculado utiliza la fórmula:

$$\chi^2 = \sum \left( \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e} \right)$$

Dónde:

- $f_0$  = frecuencia observada de realización de un acontecimiento determinado.
- $f_e$  = frecuencia esperada
- $\Sigma$  = es la sumatoria de todos los valores posibles de  $\frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e}$

Por tanto el valor calculado de Chi-Cuadrado es de 22,70.

Para calcular el grado de libertad ( $\nu$ ) se realiza:

$$\nu = (\# \text{ filas} - 1)(\# \text{ columnas} - 1)$$

$$\nu = 2$$

El nivel de significancia utilizado en la prueba es del 5%

Para calcular el nivel de confiabilidad ( $p$ ) se realiza:

$$p = 1 - \text{nivel de significancia}$$

$$p = 1 - 0.05$$

$$p = 0.95$$

Finalmente para hallar el valor Chi-Cuadrado crítico se utiliza la tabla adjunta en el Anexo 7 de la presente investigación donde se localizan los valores calculados de significancia y grados de libertad, siendo este igual a 5.9915 Figura 9-5.

**TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado  $\chi^2$**

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado,  $\nu$  = Grados de Libertad

$\nu/p$	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111

**Figura 9-5.** Tabla Chi-Cuadrado.  
Fuente: Aucancela Luis, 2018

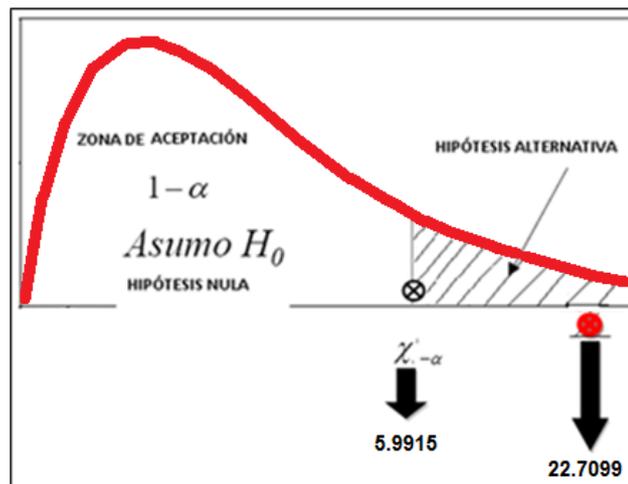
La metodología del Chi-Cuadrado determina que, si el valor calculado es menor o igual al valor crítico se acepta la hipótesis nula  $H_0$ , caso contrario se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$ .

En este caso:

$$x^2 \text{ Calculado} > \text{Valor crítico}$$

$$22,7099 > 5,9915$$

Con los resultados estadísticos obtenidos en la prueba del Chi-Cuadrado se puede resumir que, el valor calculado mediante formula es mucho mayor que el valor crítico expresado en la tabla de la Figura 9-V, por lo tanto se decide aceptar la hipótesis planteada: “Mediante software de simulación será posible evaluar y diseñar enlaces troncales de transmisión que cumplan con la normativa de la UIT y que sirvan para la optimización de tráfico y migración tecnológica en nodos prestadores de servicios fijos”.



**Figura 10-5.** Grafica de Chi-Cuadrado.  
Fuente: Aucancela Luis, 2018

## CONCLUSIONES

- Se practica optimización a los enlaces de transmisión de los nodos Alaquez, San Felipe, Las Pampas, Brigada Patria, Tanicuchi, Sicoto y Pilalo ya que se dispone con los recursos e infraestructura necesaria para conseguir un canal de transmisión con los parámetros óptimos como, tasa de paquetes recibidos igual a 100% y una latencia menor a 3.37 ms.
- Se realiza los diseños de enlaces de transmisión con capacidad STM-16 en los Nodos Jose Guango Alto y Guasaganda ya que en el análisis de tráfico practicado a la red se halló saturación en el canal de transmisión con parámetros deficientes como, tasa de paquetes recibidos menor al 100% y una latencia mayor a 5 ms.
- Los parámetros de calidad obtenidos en el diseño del enlace troncal de transmisión con capacidad STM-16 Jose Guango Alto – Mulalo son extremadamente óptimos y son, relación señal/ruido eléctrica (factor Q) con un valor ideal de 70.58, una tasa de bits errados (BER) perfecta de 0 y una atenuación de 4.65 dB.
- Los parámetros de calidad obtenidos en el diseño del enlace troncal de transmisión con capacidad STM-16 Guasaganda – Guayacan son extremadamente óptimos y son: relación señal/ruido eléctrica (factor Q) con un valor ideal de 44.45, una tasa de bits errados (BER) perfecta de 0 y una atenuación de 6.37 dB.
- Los simuladores Optisystem y Pathloss permitieron la evaluación y diseño de enlaces troncales de transmisión que cumplan con la normativa de la UIT y que sirvan para la optimización de tráfico y migración tecnológica en nodos prestadores de servicios fijos de la CNT Cotopaxi.

## RECOMENDACIONES

- Las operadoras de telecomunicaciones en general deben practicar de manera periódica un análisis al tráfico generado por los equipos DSLAM y MPLS de capa 2, considerando horas pico (20:00 -22:00) y un historial mínimo de siete días.
- La operadora seleccionada Corporación Nacional de Telecomunicaciones agencia Cotopaxi debe considerar de manera urgente la construcción de 2 enlaces de fibra óptica y un enlace de microonda que se proponen en el presente proyecto.
- Durante el desarrollo de la investigación se comprueba que técnicamente es importante la creación de un anillo metropolitano de fibra óptica para los Nodos prestadores de servicios fijos que se encuentran en la ciudad de Latacunga, así como también Optimización de equipos SDH OSN 3500 y 1500 de la provincia de Cotopaxi.

## GLOSARIO

- **AB.** - Bandwidth - Ancho de banda
- **ARCOTEL.**- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
- **BER.**- Bit Error Rate - Tasa de error binario
- **CNT.** - Corporación Nacional de Telecomunicaciones
- **dB.**- Decibelio
- **DSL.**- Digital Subscriber Line - Línea de suscripción digital
- **ESNR.**- Electrical Signal to Noise. Ratio - Relación señal/ruido eléctrica
- **FTTB.**- Fiber to the building - Fibra hasta el edificio
- **FTTC.** - Fiber to the curb - Fibra hasta el nodo
- **FTTH.** - Fiber to the home - Fibra a la casa
- **FTTT.** - Fiber to the tower - Fibra a la torre
- **GPON.**- Gigabit-capable Passive Optical Network - Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit.
- **IP.**- Internet Protocol – Protocolo de internet
- **ITU.**- Telecommunication Standardization Sector - Unión Internacional de Telecomunicaciones
- **LAN.**- Local Area Network - Red de área local
- **NRZ.**- Non Return Zero – Sin retorno a cero
- **ODF.**- Optical distribution frame - Marco de distribución óptico
- **ODN.**- Red De Distribución Óptica del Inglés Optical Distribution Network
- **OLT.**- Optical line terminal - Terminal de Línea Óptico
- **ONT.**- Optical network terminal - Terminal de red óptica
- **ONU.**- Optical network unit – Unidad de red óptica
- **PON.**- Passive Optical Network - Red óptica pasiva
- **QoS.**- Quality of service – Calidad de servicio
- **UIT.**- Unión Internacional de Telecomunicaciones
- **WDM.**- Wavelength Division Multiplexing - Multiplexación por división de longitud de onda.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Alcatel – Lucent.** (2018). Enterprise. Obtenido de <https://www.al-enterprise.com/>
- [2] **García Adolfo.** (11/2012). GPON: Introducción y conceptos generales.
- [3] **Huawei.** (2018). Enterprise. Obtenido de <https://e.huawei.com/es/>
- [4] **Ericsson.** (2018). Enterprise. Obtenido de [https://www.ericsson.com/ourportfolio/digital-services-solution-areas/enterprise-communication?nav=fgb\\_101\\_0908](https://www.ericsson.com/ourportfolio/digital-services-solution-areas/enterprise-communication?nav=fgb_101_0908)
- [5] **Kizer George.** (06/2013). Digital Microwave Communication: Engineering Point-to-Point Microwave Systems.
- [6] **UIT-T G. 992.5.** (01/2009). Recomendación UIT-T G. 992.5. Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2) – Extended bandwidth (ADSL2plus). Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5-200901-I/es>
- [7] **UIT-T G. 984.1.** (03/2008). Recomendación UIT-T G. 984.1. Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es>
- [8] **UIT-T G. 652.** (11/2016). Recomendación UIT-T G. 652. Characteristics of a single-mode optical fiber and cable. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I/es>
- [9] **UIT-T G. 671.** (02/2012). Recomendación UIT-T G. 671. Transmission characteristics of optical components and subsystems. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.671-201202-I/es>
- [10] **UIT-T G. 957.** (03/2006). Recomendación UIT-T G. 957. Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.957-200603-I/es>
- [11] **UIT-T G. 692.** (10/1998). Recomendación UIT-T G. 692. Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.692-199810-I/es>
- [12] **UIT-R P. 837-7.** (06/2017). Recomendación UIT-R P. 837-7. Características de la precipitación para establecer modelos de propagación. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.837-7-201706-I/es>
- [13] **UIT-R P. 530-17.** (12/2017). Recomendación UIT-R P. 530-17. Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.530/es>
- [14] **UIT-R P. 453-13.** (12/2017). Recomendación UIT-R P. 453-13. Índice de refracción radioeléctrica: su fórmula y datos sobre la refractividad. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.453/es>

[15] **3GPP**. (09/2007). Overview of 3GPP Release 7. Obtenido de  
<http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/99-hspa>

[16] **5gamericas**. (2010). HSPA Y HSPA+. Obtenido de  
<http://www.5gamericas.org/es/resources/technology-education/hspa-and-hspa/>