



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN
CON LA COLECTIVIDAD**

**MAESTRIA EN REDES DE LA INFORMACIÓN Y
CONECTIVIDAD
II PROMOCIÓN**

TESIS DE GRADO

**TEMA: “EVALUACION DE DESEMPEÑO DEL ESTANDAR xDSL ITU G-
992.5 EN LA RED DEL CANTON FRANCISCO DE ORELLANA”**

AUTOR: MACIAS, ORLANDO MISAEL

DIRECTOR: GORDILLO, RODOLFO XAVIER

SANGOLQUÍ, ENERO DEL 2014

CERTIFICADO DEL DIRECTOR

MAESTRÍA EN REDES DE INFORMACIÓN Y CONECTIVIDAD

El suscrito Ing. Rodolfo Gordillo MSc en calidad de director de tesis de la Maestría en Redes de Información y Conectividad.

CERTIFICO:

Que el presente proyecto de grado que lleva como título, “EVALUACION DE DESEMPEÑO DEL ESTANDAR xDSL ITU G-992.5 EN LA RED DEL CANTON FRANCISCO DE ORELLANA”, realizado por el Ing. ORLANDO MISAEL MACIAS SANCHEZ, de nacionalidad ecuatoriana, con cedula de identidad No. 2200006241, como requisito para la obtención del título de Magister en Redes de Información y Conectividad, fue desarrollado bajo mi dirección y asesoría. La misma que cumple con los requerimientos científicos, tecnológicos y académicos, razón por la cual autorizo su presentación y defensa.

Sangolquí, 16 de Enero del 2014

.....
Ing. Rodolfo Gordillo Msc.

DIRECTOR

CERTIFICADO DE AUTENTICIDAD

MAESTRÍA EN REDES DE INFORMACIÓN Y CONECTIVIDAD

Certificamos que el documento de investigación “EVALUACION DE DESEMPEÑO DEL ESTANDAR xDSL ITU G-992.5 EN LA RED DEL CANTON FRANCISCO DE ORELLANA” ha sido desarrollado en todas sus partes y contenidos por el Señor Ing. ORLANDO MISAEL MACIAS SANCHEZ, reconociendo la autenticidad y veracidad de la información que se presenta.

.....

Ing. Rodolfo Gordillo

DIRECTOR

.....

Ing. Danilo Corral de Witt

OPONENTE

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

MAESTRÍA EN REDES DE INFORMACIÓN Y CONECTIVIDAD

ORLANDO MISAEL MACIAS SANCHEZ

DECLARO QUE:

El proyecto de grado que lleva como título, “EVALUACION DE DESEMPEÑO DEL ESTANDAR xDSL ITU G-992.5 EN LA RED DEL CANTON FRANCISCO DE ORELLANA”, se ha desarrollado en base a la investigación profunda y exhaustiva, respetando los derechos intelectuales de terceros, manteniendo el referenciado a cada elemento consultado, el cual consta en la bibliografía del manuscrito.

En consecuencia certifico que el presente trabajo es de mi autoría y me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto en mención.

Sangolquí, 23 de Enero del 2014

.....

Orlando Misael Macías Sánchez

AUTORIZACIÓN

MAESTRÍA EN REDES DE INFORMACIÓN Y CONECTIVIDAD

Yo, Orlando Misael Macías Sánchez, con cedula de ciudadanía No. 2200006241, autorizo la publicación de mi tesis de grado, con título “EVALUACION DE DESEMPEÑO DEL ESTANDAR xDSL ITU G-992.5 EN LA RED DEL CANTON FRANCISCO DE ORELLANA”, en el Repositorio Institucional de la ESPE

Sangolquí, Enero 2014

Ing. Orlando Misael Macías Sánchez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT por brindarme toda la colaboración para el desarrollo exitoso de este proyecto, en especial al Ing. Jorge Ulloa jefe Técnico que siempre mantuvo su apoyo de inicio a fin.

A mi tutor Rodolfo Gordillo por su ayuda constante en cada una de las etapas que se ha seguido para la lograr de esta meta.

A cada uno de los usuarios (J. León, H. Alvarado, J. Alvarado, A. Zambrano) en Francisco de Orellana que me colaboraron bríndame su espacio y tiempo para la ejecución de las pruebas de desempeño, un agradecimiento especial al Sr E. Elizalde por su colaboración continúa para completar esta meta.

Orlando Misael Macías S.

DEDICATORIA

A mi Dios, por el ser el dador de vida y sabiduría, porque sin EL nada pudiera ser posible en mi vida.

A mi Esposa, mi princesa, por su amor y fortaleza, por ser mí ayuda idónea, por su paciencia y fortaleza en esta etapa de mi vida.

A mis hijas, el regalo del cielo, por su ternura, amor y alegría que me llenan de fuerza cada día, me motiva, alientan y enseñan que todo es posible.

Orlando Misael Macías S.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DEL DIRECTOR	I
CERTIFICADO DE AUTENTICIDAD.....	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA.....	VI
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
CAPITULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.	1
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER.....	5
1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES.	6
1.6 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
CAPITULO II.....	8
2.1 MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.1 ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE.	8
2.1.2 MARCO TEÓRICO.....	10
2.1.2.1 TECNOLOGÍAS DE ACCESO XDSL.	10
2.1.2.2 ESTÁNDAR ITU G.992.5 ADSL2 PLUS.....	12
2.1.3 MARCO CONCEPTUAL.....	14
2.1.3.1 CANTIDAD DE DATOS PERDIDOS	14
2.1.3.2 LATENCIA.	15
2.1.3.3 ANCHO DE BANDA.....	15
2.1.3.4 TIEMPO DE IDA Y VUELTA RTT.....	16
2.1.3.5 VARIACIÓN DEL RETARDO JITTER.....	16

2.1.3.6 MEDIDAS ESTADÍSTICAS PARA LA CUANTIFICACIÓN.....	16
2.1.3.5 CALIDAD DEL SERVICIO Y DESEMPEÑO DE LA RED – ITU Y1564.	17
CAPITULO III.....	21
3.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA APLICADA.	21
3.1.1 MODELO DE INVESTIGACIÓN ESTABLECIDO.	22
3.1.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS.	23
3.1.3 ESTRUCTURA Y DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE DE PRUEBAS.	24
3.1.3.1 AMBIENTE REAL.	26
3.1.3.2 AMBIENTE SIMULADO.....	34
3.1.4 PLANTEAMIENTO DE LA ENCUESTA.	38
3.1.4.1 CALCULO DE LA MUESTRA.	38
3.1.4.2 ESQUEMA DE LA ENCUESTA APLICADA.	41
3.2 EVALUACIÓN DE RESULTADOS.	43
3.2.1 RESULTADOS AMBIENTE REAL.....	44
3.2.1.1 RESULTADO PUNTO CERCANO P1.	44
3.2.1.2 RESULTADO PUNTO INTERMEDIO P2.	51
3.2.1.3 RESULTADO PUNTO LEJANO P3.....	58
3.2.1.4 RELACIÓN PARA RESULTADOS P1, P2 Y P3.....	65
3.2.2 RESULTADOS AMBIENTE SIMULADO.	68
3.2.2.1 RESULTADOS SIMULACIÓN.....	68
3.2.3 RESULTADO ENCUESTAS APLICADAS.	73
3.2.4 ESTABLECIMIENTO DE RELACIÓN EN LOS RESULTADOS.	78
3.2.4.1 RELACIÓN AMBIENTE REAL - SATISFACCIÓN DEL USUARIO.....	78
3.2.4.2 RELACIÓN DE RESULTADOS AMBIENTE REAL – AMBIENTE SIMULADO.....	80
3.2.5 IDENTIFICACIÓN DE HALLAZGOS.	83
CAPÍTULO IV.....	85
4.1 RESUMEN DE RESULTADOS.	85
4.1 PROPUESTA DE MEJORA.	86
4.2.1 ESQUEMA DE CONEXIÓN PARA NUEVOS NODOS.	88

4.2.2 EQUIPAMIENTO REQUERIDO.....	91
4.2.3 PRESUPUESTO PARA LA MEJORA.	92
4.2.3 DIAGRAMA FINAL DE COBERTURA.	94
CAPÍTULO V.....	97
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
5.1 CONCLUSIONES.	97
5.2 RECOMENDACIONES.	98
4.3 BIBLIOGRAFÍA.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: VARIABLES E INDICADORES.....	6
TABLA 2: VARIANTES xDSL.	10
TABLA 3: PARÁMETROS PRINCIPALES ITU Y1564 (ITU, 2011).	19
TABLA 4: DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE PRUEBAS.....	25
TABLA 5: PERFIL DE PRUEBA PARA LOS PUNTOS.....	26
TABLA 6: ATENUACIÓN IDENTIFICADA EN LOS PUNTOS.	27
TABLA 7: ATENUACIÓN TEÓRICA CALCULADA.....	27
TABLA 8: COMPARATIVA ATENUACIÓN REGISTRADA-TEÓRICA.	28
TABLA 9: VELOCIDAD REAL - TEÓRICA.....	28
TABLA 10: RELACIÓN PÉRDIDA DE LA LÍNEA Y VELOCIDAD (HEATH, 2013).....	29
TABLA 11: COMPARACIÓN ENTRE VELOCIDAD REAL Y TEÓRICA.....	29
TABLA 12: SECUENCIA DE PRUEBAS DITG.....	33
TABLA 13: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN.	39
TABLA 14: RESULTADO DE CÁLCULO DE LA MUESTRA.....	41
TABLA 15: RESUMEN DE RESULTADOS CIR - OWD P1.....	45
TABLA 16: RESUMEN DE RESULTADOS EIR - OWD P1.....	47
TABLA 17: RESUMEN DE RESULTADOS CIR - OWD P2.....	52
TABLA 18: RESUMEN DE RESULTADOS EIR - OWD P2.....	54
TABLA 19: RESUMEN DE RESULTADOS CIR - OWD P3.....	59
TABLA 20: RESUMEN DE RESULTADOS EIR - OWD P3.....	61
TABLA 21: UPSTREAM – DOWNSTREAM SIMULADO.....	68
TABLA 22: RESULTADOS EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO ADSL2PLUS.	85
TABLA 23: IDENTIFICADORES DE NIVEL DE COBERTURA.....	86
TABLA 24: LONGITUD DE FIBRA ÓPTICA PARA LOS TRAMOS IDENTIFICADOS.	90
TABLA 25: HERRAJES PARA EL TENDIDO DE FIBRA ADSS.	90
TABLA 26: DIMENSIONAMIENTO DSLAM.....	91
TABLA 27: LISTADO DE MATERIALES - ACTIVACIÓN DE NODOS.....	92
TABLA 28: PRESUPUESTO PARA EQUIPOS EN NODO.	93
TABLA 29: PRESUPUESTO PARA FIBRA ÓPTICA Y HERRAJES.	93

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: COMPARATIVA DE ADSL (FTTH COUNCIL EUROPA, 2008). 9

FIGURA 2: COMPARATIVA POR TIPO DE ACCESO (INEC, 2011). 9

FIGURA 3: RANGO DE FRECUENCIAS PARA ADSL2+ (UIT-T, 2005)..... 12

FIGURA 4: SPLITTER DIVISOR DE VOZ - ADSL (ADSL, 2013)..... 13

FIGURA 5: ESQUEMA GENERAL DE LA RED DSL..... 14

FIGURA 6: ARQUITECTURA DE ALTO NVIEL PARA LA PRUEBA (ITU, Y.1564, 2011)..... 20

FIGURA 7: MODELO DE INVESTIGACIÓN APLICADO..... 22

FIGURA 8: ARQUITECTURA DITG (D-ITG, 2011)..... 23

FIGURA 9: ESQUEMA DE OPERACIÓN RED ADSL2+ (CNT, 2013). 25

FIGURA 10: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE PRUEBAS. (MAPS., 2013). 26

FIGURA 11: CONFIGURACIÓN DE LOS EXTREMOS - AMBIENTE REAL..... 31

FIGURA 12: DIAGRAMA DE PRUEBAS PARA EL AMBIENTE REAL. 32

FIGURA 13: ESQUEMA PARA AMBIENTE SIMULADO, OPNET GURÚ. 35

FIGURA 14: RELACIÓN PERFIL Y APLICACIÓN. 37

FIGURA 15: ESQUEMA – ENCUESTA..... 41

FIGURA 16: BITS TRANSMITIDOS (UP/DOWN). 45

FIGURA 17: PAQUETES PERDIDOS (UP/DOWN)..... 46

FIGURA 18: JITTER (UP/DOWN) EN FUNCIÓN DEL TIEMPO..... 46

FIGURA 19: DELAY (UPS/DOWN) EN FUNCIÓN DEL TIEMPO..... 47

FIGURA 20: BITS TRANSMITIDOS (UP/DOWN), CARGA EIR..... 48

FIGURA 21: PAQUETES PERDIDOS (UP/DOWN), CARGA EIR. 48

FIGURA 22: JITTER (UP/DOWN), CARGA EIR. 49

FIGURA 23: DELAY (UP/DOWN), CARGA EIR 49

FIGURA 24: CIR-EIR BITRATE VS PACKETLOSS EN DOWNSTREAM. 50

FIGURA 25: CIR-EIR BITRATE VS PACKETLOSS EN UPSTREAM. 50

FIGURA 26: CIR_EIR RESPECTO AL BITRATE EN UP-DOWN. 51

FIGURA 27: BITRATE UP/DOWN, CIR P2. 52

FIGURA 28: PACKETLOSS UP/DOWN, CIR P2. 53

FIGURA 29: JITTER UP/DOWN, CIR P2..... 53

FIGURA 30: DELAY UP/DOWN, CIR P2. 54

FIGURA 31: BITRATE UP/DOWN, EIR P2..... 55

FIGURA 32: PACKETLOSS UP/DOWN, EIR P2. 55

FIGURA 33: JITTER UP/DOWN, EIR P2. 56

FIGURA 34: DELAY UP/DOWN IEMPO, EIR P2. 56

FIGURA 35: CIR-EIR BITRATE/PACKETLOSS – DOWNSTREAM P2..... 57

FIGURA 36: CIR-EIR BITRATE/PACKETLOSS – UPSTREAM P2. 57

FIGURA 37: CIR-EIR BITRATE UP/DOWN EN P2. 58

FIGURA 38: BITRATE UP/DOWN, CIR P3. 59

FIGURA 39: PACKETLOSS UP/DOWN, CIR P3. 60

FIGURA 40: JITTER UP/DOWN, CIR P3.....	60
FIGURA 41: DELAY UP/DOWN, CIR P3.....	61
FIGURA 42: BITRATE UP/DOWN, EIR P3.....	62
FIGURA 43: PACKETLOSS UP/DOWN, EIR P3.....	62
FIGURA 44: JITTER UP/DOWN, EIR P3.....	63
FIGURA 45: DELAY UP/DOWN, EIR P3.....	63
FIGURA 46: CIR-EIR BITRATE/PACKETLOSS, DOWNSTREAM- P3.....	64
FIGURA 47: RCIR-EIR BITRATE/PACKETLOSS, UPSTREAM- P3.....	64
FIGURA 48: COMPARATIVA BITRATE-DOWNSTREAM.....	65
FIGURA 49: BITRATE UPSTREAM-CAPACIDAD DEL CANAL.....	65
FIGURA 50: BITRATE DOWNSTREAM-UPSTREAM.....	66
FIGURA 51: %PACKETLOSS DOWNSTREAM-UPSTREAM.....	66
FIGURA 52: JITTER DOWNSTREAM-UPSTREAM.....	67
FIGURA 53: DELAY UPSTREAM - DOWNSTREAM.....	67
FIGURA 54: ESCENARIO SIMULADO P1, DOWNSTREAM.....	69
FIGURA 55: ESCENARIO SIMULADO P1, UPSTREAM.....	69
FIGURA 56: ESCENARIO SIMULADO P1, DELAY.....	70
FIGURA 57: ESCENARIO SIMULADO P2, DOWNSTREAM.....	70
FIGURA 58: ESCENARIO SIMULADO P2, UPSTREAM.....	71
FIGURA 59: ESCENARIO SIMULADO P2, DELAY.....	71
FIGURA 60: ESCENARIO SIMULADO P3, DOWNSTREAM.....	72
FIGURA 61: ESCENARIO SIMULADO P3, UPSTREAM.....	72
FIGURA 62: ESCENARIO SIMULADO P3, DELAY.....	73
FIGURA 63: RESULTADO ENCUESTA - TIPO DE USUARIO.....	73
FIGURA 64: RESULTADO ENCUESTA - FINALIDAD DE USO.....	74
FIGURA 65: RESULTADO ENCUESTA - USO FRECUENTE.....	74
FIGURA 66: RESULTADO ENCUESTA –DISPONIBILIDAD.....	75
FIGURA 67: SATISFACCIÓN GENERAL DEL SERVICIO.....	75
FIGURA 68: SATISFACCIÓN SOPORTE TÉCNICO.....	76
FIGURA 69: SATISFACCIÓN OPERADOR DE SERVICIO.....	76
FIGURA 70: DISPONIBILIDAD Vs SATISFACCIÓN EN EL SERVICIO.....	77
FIGURA 71: SATISFACCIÓN SERVICIO, SOPORTE Y OPERADORA.....	78
FIGURA 72: SATISFACCIÓN DEL SERVICIO Vs VELOCIDAD DOWN.....	79
FIGURA 73: SATISFACCIÓN DEL SERVICIO Vs VELOCIDAD UP.....	79
FIGURA 74: VELOCIDAD PERCEPCIÓN Vs DOWNSTREAM AMBIENTE REAL.....	80
FIGURA 75: AMBIENTE SIMULADO – UPSTREAM/DOWNSTREAM.....	80
FIGURA 76: AMBIENTE REAL – UPSTREAM/DOWNSTREAM.....	81
FIGURA 77: RESULTADOS REAL - SIMULADO UPSTREAM.....	81
FIGURA 78: RESULTADOS REAL - SIMULADO DOWNSTREAM.....	82
FIGURA 79: COMPARATIVA GENERAL EN DOWNSTREAM.....	82

FIGURA 80: COMPARATIVA GENERAL EN UPSTREAM.	83
FIGURA 81: ESQUEMA DE COBERTURA DE LA RED ACTUAL.	85
FIGURA 82: DESCRIPCIÓN DE NODOS Y DISTRIBUIDORES SECUNDARIOS.....	87
FIGURA 83: ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN DE NUEVOS NODOS.	88
FIGURA 84: TRAZADO DE FIBRA ÓPTICA PARA NUEVOS NODOS.	89
FIGURA 85: DSLAM PARA NODOS.	91
FIGURA 86: COBERTURA RED ACTUAL FRANCISCO DE ORELLANA.....	94
FIGURA 87: COBERTURA PREVISTA APLICANDO PROPUESTA DE MEJORA.....	95

RESUMEN

La presente tesis realiza una evaluación de desempeño para la red acceso ADSL2Plus en la infraestructura existente de Francisco de Orellana, basados en pruebas del ambiente real, escenarios de simulación y la percepción del servicio por parte de los usuarios finales. La tesis en su parte inicial presenta una revisión del estado del arte, respecto al acceso a internet y su desarrollo a nivel local y global. Una vez establecida los lineamientos y la metodología, se desarrollan las pruebas para el ambiente real, seleccionando tres puntos de evaluación (P1 Cercano, P2 Intermedio, P3 Lejano), un usuario por cada punto, desde donde se inyectara el tráfico de datos hasta el equipo servidor, con lo cual se obtiene los niveles de desempeño. En la siguiente etapa, se desarrolla la simulación del ambiente real, creando tres escenarios, uno para cada punto de investigación (Escenario P1 Cercano, Escenario P2 Intermedio, Escenario P3 Lejano), con lo cual se obtiene las métricas de desempeño en el entorno virtual. Como parte final, se realiza la investigación de campo, se ejecutan las encuestas de satisfacción para los usuarios en cada uno de los puntos evaluados. Una vez completado las pruebas y encuestas se presentan los resultados mediante gráficas y tablas de datos con lo cual se alcanzan los objetivos planteados. Como un punto adicional una propuesta de mejora es presentada de acuerdo a los resultados del nivel de desempeño actual de la red.

PALABRAS CLAVE: ADSL2+, Redes de acceso, Usuarios de Hogar, Internet.

ABSTRACT

This thesis makes a performance evaluation for network access ADSL2Plus existing infrastructure of Francisco de Orellana, based on evidence from the real environment, simulation scenarios and perception of service by end users. The initial part thesis presents a review of the state of the art in access to internet and its development locally and globally. Once established guidelines and methodology for testing the real environment are developed, selecting three assessment points (P1 Close , P2 Intermediate , P3 Far) a user for each point, where data traffic is injected to the server computer and the result in the performance levels are obtained. As a final part, field research is done, satisfaction surveys for users in each of the sampled sites are run. Once completed the tests and surveys, the results are presented using graphs and data tables, with which the objectives are achieved. As an additional point a proposed improvement is presented according to the results of the network performance level.

KEYWORDS: ADSL2Plus, Access Networks, Home Users, Internet.

CAPITULO I

1.1 Introducción.

Las comunicaciones han evolucionado en las últimas décadas de forma exponencial en todas las áreas y aplicaciones, esto ha hecho que las diferentes ramas de la investigación así como las organizaciones utilicen estos recursos para mejorar los servicios, este incremento no se cierra en este marco, sino, más bien se ha ampliado a los sectores diversos de la comunidad en todas las áreas geográficas, llevando un cambio de enfoque donde las comunicaciones y servicios de TIC¹ juegan un papel transcendental para el desarrollo social. Ya que al momento las Tecnologías de la Información y comunicaciones se constituye en uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de los pueblos en la presente generación.

El presente proyecto desarrolla un estudio de evaluación de desempeño para la red de acceso ADSL2 plus (Estándar ITU G.992.5 (UIT-T, 2005)), esta tecnología actualmente se encuentra desplegada en el cantón de Francisco de Orellana.

Partiendo de los lineamientos nacionales descritos en el plan del buen vivir (SENPLADES, 2009), donde se garantiza el derecho de acceder a los servicios de información y comunicación para toda la comunidad a nivel Nacional, incluyendo la tecnología para ofrecer servicios adicionales y convergentes.

La primera etapa contextualiza la investigación y establece el marco teórico que sustenta el tema de estudio, de forma posterior se procede con las pruebas de desempeño requeridas, mediante una herramienta de desempeño y simulación, se

¹ TIC: Tecnologías de la Información y Comunicaciones.

realizó el ajuste de las condiciones de la red, basado en el esquema establecido para las pruebas, la tercera etapa presenta las pruebas en un ambiente real, identificando dentro del escenario puntos claves para la medición del desempeño de la red real, como última actividad se realizó una investigación basada en encuestas a usuarios del servicio en los puntos próximos donde se ejecutaron las pruebas reales, con el propósito de estimar el grado satisfacción de los usuarios con el servicio. Con las pruebas finalizadas se obtuvo el análisis de los resultados y el establecimiento de observaciones y hallazgos así como el planteamiento de las conclusiones.

1.2 Justificación e Importancia.

Desde los últimos años Ecuador está experimentando profundos cambios en todos sus niveles políticos y organizacionales, de una manera muy enfocada el aspecto social está siendo el motor y centro donde giran las políticas y proyectos del Gobierno Nacional.

Uno de los ejes de enfoque son las Tecnologías de la Información (TIC), el **Plan Nacional del buen Vivir** (SENPLADES, 2009) en el capítulo 6. Índice 6 especifica una estrategia para lograr una sociedad de la información y conocimiento, aquí se detalla el acceso a los servicios de comunicaciones e información de una forma integral, garantizando el acceso a la información y servicios de comunicaciones, así también se han establecido estrategias para el logro de dichos objetivos como lo es: Estrategia **8. Estrategia Territorial Nacional** (SENPLADES, 2009), en la cual se plantea el uso de tecnologías de convergencia para la prestación de servicios y recursos integrados en las redes de comunicaciones. Además que existe un fuerte impulso por el desarrollo del gobierno electrónico donde todos los servicios están

disponibles a través de la red, esto ha provocado que la población evolucione en el uso de las nuevas tecnologías y a su vez eleve la demanda de servicios de internet en el hogar. Por lo cual, es imprescindible conocer el estado de la red de acceso, en la provisión de servicios a los usuarios y su comportamiento en el desempeño. ADSL2Plus es el estándar actual que el mayor proveedor de internet masivo (CNT EP²) está proveyendo para la entrega de servicio en el hogar.

Se seleccionó el Cantón Francisco de Orellana debido a su ubicación en la región Amazónica y el impacto en referencia al crecimiento poblacional, Además de ser por generaciones una de las localidades olvidadas y excluida del acceso a las tecnologías, el despliegue de nuevos servicios de tecnología crea un impacto social que se considera en el desarrollo de la población. TIC ya no es solo tema de las organizaciones privadas, ahora se considera una política de estado, y es una de las bases para el desarrollo social, con este enfoque la presencia de las comunicaciones en las poblaciones es un eje vital para el crecimiento de forma integrada pero sobre todo a la marcha de las nuevas demandas, dimensionando los presentes requerimientos pero también la evolución de las tecnologías y como estas convergen en la actualidad, presentando una gama de opciones.

En base a lo planteado se consideró oportuno el desarrollo del presente estudio sobre todo en una localidad de la región amazónica como Francisco de Orellana donde la presencia tecnológica ha sido completamente inexistente.

² Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública CNT EP

1.3 Planteamiento del Problema.

En un mundo globalizado la demanda de recursos de información y accesos a servicios a través de la red de datos se incrementa a niveles exponenciales, es una figura que se repite en todas las regiones a nivel global. Aun cuando la infraestructura para desplegar los servicios ha sido desarrollada en una gran cantidad de sitios no es homogénea esta realidad, por lo cual algunos lugares aún mantienen limitaciones en el acceso y los servicios a los que se acceden.

El acceso a servicios de tecnologías de TIC en Ecuador se ha expandido en los últimos años, pero este crecimiento no ha sido igual para todas las regiones, de forma general se ha centralizado en las ciudades principales dejando marginadas y limitadas otras regiones del país, así es el caso de la región amazónica, que por décadas ha sido olvidada y aislada en el acceso a los servicios de TIC. Francisco de Orellana posee una población de 40,010 habitantes (INEC, 2013), siendo la capital de provincia es una ciudad donde hace pocos años atrás se tiene acceso a servicios de comunicaciones básicos como es la telefonía convencional, y posterior a ello el acceso a internet mediante modem telefónico, es únicamente hace un par de años atrás que se cuenta con tecnologías de acceso de banda ancha como es xDSL. Hasta el momento no se cuenta con servicios adicionales como Triple Play de alta calidad, los servicios de red que son prestados utilizan tecnología xDSL con sus restricciones en distancia y calidad de servicio, teniendo estas tecnologías su propia limitación en el ancho de banda máximo.

Debido que los usuarios reciben el servicio de internet en la red de acceso mediante tecnología xDSL, las condiciones físicas de este servicio no garantiza las

velocidades contratadas ya que puede ser afectado por distintos factores, entre los principales la distancia, lo cual provoca una caída del ancho de banda, afectando la calidad del servicio en el usuario final.

Para usuarios que se encuentra cerca del área de distribución se infiere que gozan de todas las características del servicio, pero a medida que la distancia de conexión crece la calidad disminuye. Este fenómeno es el que se analizó para el caso específico de esta red, ya que tiene sus propias condiciones en las que opera. Además se establece los niveles de desempeño de la red y se determina en base a la percepción del usuario el grado de calidad en el servicio recibió.

El problema identificado radica en los niveles de satisfacción de los usuarios en el servicio de red recibido, el desempeño de la red para usuarios que se encuentra en el extremo de la red de cobre se ve afectado por la distancia llegando a un punto de no conexión. El presente proyecto plantea la evaluación de la red acceso y la identificación de los límites críticos del servicio provisto, así como recomendaciones.

1.4 Formulación del problema a resolver

Para el desarrollo del proyecto se plantearon las preguntas de investigación que buscan establecer la línea de estudio y las respuestas como resultado al finalizar el proyecto.

Preguntas de la investigación.

¿El factor distancia en el esquema de red actual puede ser considerado un punto crítico para que el desempeño de la red?

¿Existe alguna relación entre la percepción de la calidad del servicio por parte del usuario y el desempeño real de la red actual?

¿Los recursos de red y la tecnología actual satisfacen las necesidades de servicio de los usuarios de la red cantonal?

1.5 Hipótesis y Variables.

Hipótesis:

Tomando en cuenta las preguntas de investigación se plantea la siguiente hipótesis.

H1: El desempeño actual de la red xDSL en Francisco de Orellana presenta inconvenientes en la calidad del servicio y degradación de la señal, a partir de una distancia X desde la central de CNT, lo cual se refleja en la percepción de los usuarios finales.

Variables e Indicadores:

Tabla 1: Variables e Indicadores

Variables	Instrumentos / Indicadores
Calidad del Servicio Variable Dependiente	Satisfacción de los Usuarios.
Desempeño de la Red Variable Independiente	Ancho de banda "Frame delay" (latencia) "Frame Delay Variation" ("jitter") Pérdida de tramas

1.6 Objetivo General

Evaluar y analizar el desempeño del estándar xDSL ITU G.992.5 en la red de acceso del Cantón Francisco de Orellana, mediante técnicas de investigación de campo, para identificar el grado de servicio percibido por los usuarios.

1.7 Objetivos Específicos

- Presentar un marco teórico y estado del arte referente a las redes de acceso basada en telefonía fija convencional en Ecuador.
- Evaluar el desempeño del esquema red mediante un ambiente simulado.
- Evaluar el desempeño de la red actual en el ambiente real, basado en puntos específicos identificados de acuerdo a la distancia del distribuidor principal.
- Evaluar los niveles de satisfacción del servicio recibido a través de la red acceso.
- Identificar relaciones entre los niveles de satisfacción del usuario y el desempeño de la red.

CAPITULO II

2.1 Marco Teórico.

En el desarrollo del conocimiento y para el desarrollo de la presente investigación se define la situación actual para las comunicaciones por xDSL.

2.1.1 Antecedentes del Estado del Arte.

Las redes de acceso son las encargadas de establecer la comunicación entre la operadora de comunicaciones y el usuario final, el objetivo de estas redes es prestar un servicio sobre dicha infraestructura, las redes de acceso actuales vienen de los antiguos proveedores de servicios de comunicación y telefonía, generalmente utilizan para su funcionamiento par trenzado para provisionar el servicio, solo en los últimos tiempos se iniciado el uso de Fibra Óptica.

En un comienzo la comunicación para telefonía inició con la modulación de voz de forma analógica en rangos de frecuencia 300 Hz y 3400Hz, el siguiente paso fue la digitalización de la comunicación mediante la utilización de la Red de Servicios Integrados (RDSI), esta estrategia permitió tener un canal completo digital para el acceso de los usuarios finales, según la norma (ETSI96). Posterior a ello se introduce el servicio mediante la Línea de Abonado Digital (Digital Subscriber Line - DSL) este servicio se basa en la modulación digital, y mantiene algunas variantes.

En cuanto a porcentaje de utilización de la tecnología ADSL en el mundo, en la actualidad, ADSL reina sobre cualquier otra tecnología. El 64,7% de las conexiones de banda ancha se realizan mediante ADSL. El cable representa el 21,6% y la fibra óptica sólo el 11%.

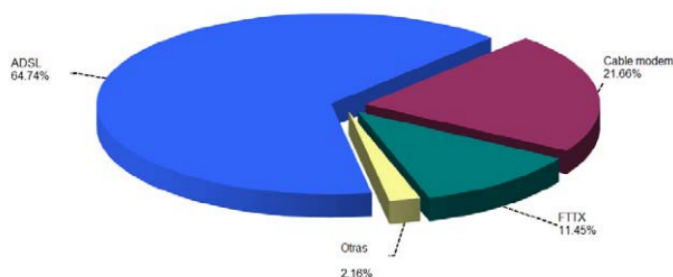


Figura 1: Comparativa de ADSL (FTTH Council Europa, 2008).

Ecuador está creciendo en el uso de Internet y recursos de red, de acuerdo al INEC (INEC, 2011) desde el 2008 los usuarios que acceden al servicio paso de un 25% al 29% a nivel nacional, evidenciando el crecimiento en el uso de servicios de banda ancha del 51,7% al 57,4%. Respecto a la tecnología se ha avanzado en recursos para acceso en banda ancho mediante DSL hacia los abonados finales, ningún proveedor aprovisiona hasta el momento servicios alternos de acceso como Fibra Óptica hacia el hogar, se prevé que CNT EP los comienza a instalar en enero de 2014.

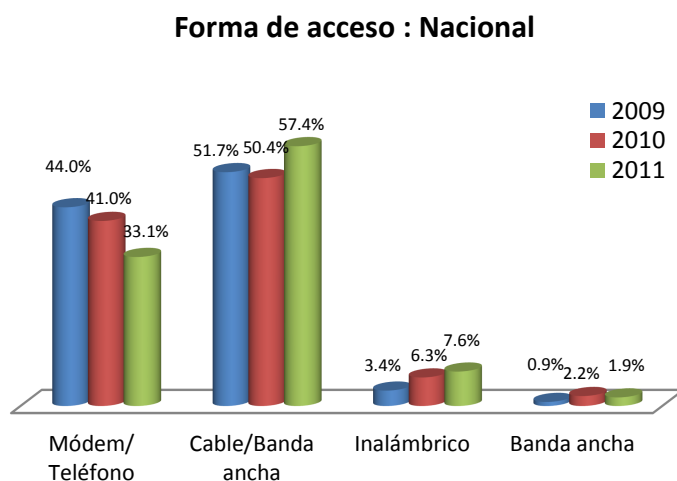


Figura 2: Comparativa por tipo de Acceso (INEC, 2011).

2.1.2 Marco Teórico.

2.1.2.1 Tecnologías de Acceso xDSL.

Mediante la simbología xDSL se agrupan un conjunto de tecnologías, que manejan técnicas de modulación y códigos los cuales permiten realizar la transferencia de grandes cantidades de información mediante el par telefónico. En la Tabla 2 se muestra un resumen general de las variantes de la tecnología de acceso.

Tabla 2: Variantes xDSL.

TECNOLOGIA	FRECUENCIA	VELOCIDAD	ESTANDAR
POTS	300 Hz - 3.4 kHz	56 kbit/s	
RDSI	0 Hz - 80 kHz	144 kbit/s	
HDSL	80 Hz - 240 kHz	2 Mbit/s	IUT-G.991.1
HDSL2	80 Hz - 240 kHz	2 Mbit/s	IUT-G.991.1
SDSL	0 Hz - 386 kHz	2 Mbit/s	ITU-TG.991.2
ADSL	25 kHz - 138 kHz/ 138 kHz - 1,1 MHz	648 kbit/s 8 Mbit/s	ITU G.992.1
ADSL Lite	1,1 MHz	1.544 kbit/s 384 kbit/s	ITU G.992.2 (G.Lite)
ADSL 2	25 – 500 kHz /	3 Mbit/S	ITU G.992.4
ADSL 2+	2,2 MHz	24 Mbit/s	ITU G.992.5
VDSL	200 kHz - 20 MHz	52 Mbit/s	ITU G.993.1

RDSI (Red Digital de servicios integrados), desarrollada para utilizar el par de cobre maneja velocidades de 144 Kbit/s en las mejores condiciones, utilizada una modulación inicial 4B3T (4 Binario 3Ternario) y usualmente utiliza modulación 2B1Q (2Binario 1 Cuaternario) con una banda frecuencia de operación que llega a los 80Hz.

HDSL (High Speed Digital Subscriber Line), para países que se rigen por la norma ANSI presente enlaces T1 de 1.5 Mbit/s y para los demás en norma ETSI presentan enlaces E1 de 2Mbit/s utilizando el par telefónico convencional con

distancias que van desde los 2 a 3.6 Km desde el la central de datos, mantiene una codificación 2B1Q, utilizando un común de 2 o 3 pares.

SHDSL (Symmetric High speed Digital Subscriber Line), a diferencia de HDSL utiliza un único par de cobre para la comunicación, es completamente compatible con ADSL, los rangos de caudal de tráfico llegan hasta los 2.3 Mbit/s, una de las novedades que utilizada el código de línea TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation).

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), pese al creciente incremento en la tecnología de acceso en las diferentes regiones como lo es FTTH (FTTH Council Europa, 2008), ADSL sigue siendo el medio de acceso más difundido y utilizado, (Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2011-2016), ADSL y sus variantes permite la conectividad para usuarios de hogar alcanzando velocidades asimétricas de 8 Mbit/s de bajada y 684 bit/s de subida utilizando únicamente un par de cobre, mediante uso compartido de la línea telefónica para ADSL mientras que para ADSL2+ puede llegar hasta 24 Mbit/s de Bajada y 3 Mbit/s de subida, una de las desventajas muy considerables es la afectación de la distancia en las velocidades de transmisión, el código de línea utilizado es DMT en todas sus variantes.

VDSL (Very high speed Digital Subscriber Line), presenta grandes ventajas respecto a la velocidad que puede alcanzar, porque puede utilizar un canal de frecuencia de 11Mhz pero esto afecta su alcance, por lo cual la visión de uso se reduce en su ambiente geográfico y es compensado con el uso de Fibra Óptica para el alcance de la tecnología a usuarios dispersos en la geografía. Puede llegar a

velocidades de 51.54 Mbit/s de Bajada y una subida de 19.2 Mbit/s en las mejores condiciones, el esquema de codificación utilizado varia de DMT³ o QAM⁴, requiere un único par de cobre para sus comunicaciones.

2.1.2.2 Estándar ITU G.992.5 ADSL2 Plus.

A principios del 2003 la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) aprobó dos nuevos estándares, el G.992.3 y el G.992.4 para el desarrollo de lo que sería la nueva generación de ADSL. Las principales características de estos avances son la velocidad de conexión y un ahorro de energía. Posteriormente la ITU aprobó el estándar G.992.5, lo que hoy en día se conoce como ADSL2+ cuya principal novedad es su velocidad que alcanza los 24 Mbps de bajada.

El rango de frecuencia utilizado es de:

- 0 – 4 KHz. para el canal de voz.
- 25 – 500 KHz. para el canal de subida de datos.
- 550 KHz. – 2,2 MHz. para el canal de bajada de datos.

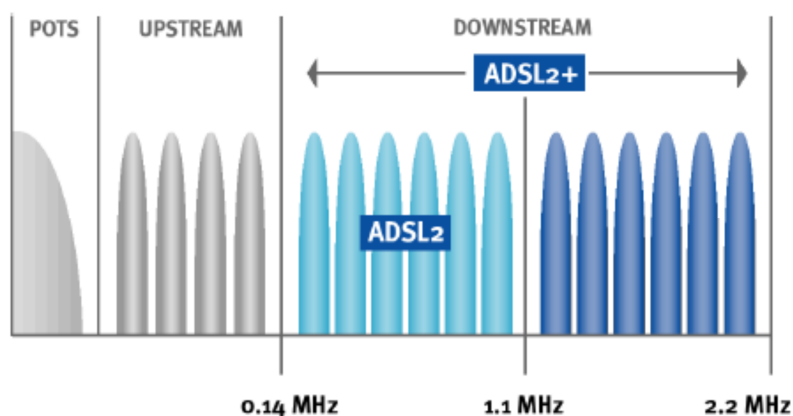


Figura 3: Rango de Frecuencias para ADSL2+ (UIT-T, 2005)

³ DMT: Discrete Multi-Tone

⁴ QAM: Quadrature Amplitude Modulation

Las consideraciones planteadas por el estándar ITU G 992.5 (UIT-T, 2005) establecen que los rangos de velocidades son severamente afectados por la distancia entre el data center y el abonado, para usuarios en el rango de 1.5 Km se considera que gozan de velocidades diferenciadoras de la variante ADSL2+, pero cuando las distancias superan los 4 Km la diferencia entre las tecnologías ADSL no son percibidas.

El proceso de funcionamiento y operación del estándar ITU G 992.5 ADSL2+ es similar para todas las variaciones ADSL, la marca diferenciadora es la velocidad de conexión, por lo cual es importante que se entienda el funcionamiento de ADSL convencional, ADSL utiliza como medio de transmisión el par telefónico convencional, por este medio se transmite voz y datos de forma simultánea, esto se logra debido a que la transferencia de datos se realiza en rangos de frecuencia diferente al de la voz, del lado del cliente se encuentra un separador de frecuencia (Splitter), el cual se encarga de separar la voz telefónica del servicio de datos como se muestra en la Figura 4, la separación se establece mediante un filtro pasa bajo y pasa alto, este separa las frecuencias bajas (Frecuencias de Voz) y Frecuencias altas (Frecuencias de Datos).



Figura 4: Splitter Divisor de Voz - ADSL (ADSL, 2013).

Para conseguir altas velocidades el ADSL2 tiene una modulación/codificación más eficiente (codificación Trellis de 16 estados y modulación QAM con constelación de 1 bit) junto con una serie de algoritmos mejorados para el tratamiento de la señal.

En la Figura 5. Se presenta un esquema general de operación de una RED xDSL, la cual mantiene una operación similar en todas las variantes ADSL.

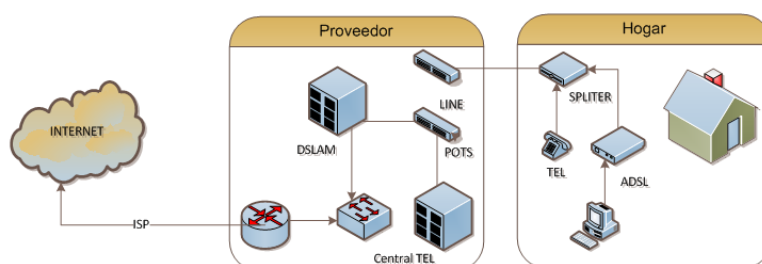


Figura 5: Esquema General de la Red DSL.

2.1.3 Marco conceptual.

Para efectos del desarrollo de la presente Tesis de investigación se plantea el siguiente marco conceptual, el cual es requerido para entender las medidas de transmisión así como herramientas estadísticas requeridas en la manipulación de la información y resultados.

2.1.3.1 Cantidad de Datos Perdidos

Es la fracción (normalmente expresada en porcentaje) del total de paquetes enviados en relación con el total de ACKs recibidos en un período de tiempo definido. Una de las causas más importantes de pérdida de paquetes es la utilización completa de una cola de un enrutador. En este caso los paquetes son desechados y se produce la pérdida de paquetes.

2.1.3.2 Latencia.

La latencia es la definición del rango temporal en el que sucede un acontecimiento. La medida más común de latencia se hace mediante el tiempo de viaje redondo (en inglés “Round Trip Time” o RTT), que es el tiempo que hay entre el envío de un paquete y la recepción del ACK (del diminutivo en inglés “Acknowledge”). Nótese que el RTT incluye el tiempo de propagación del paquete y del ACK así como el tiempo de procesamiento para la generación del ACK. La latencia puede variar por las siguientes razones:

- Un “host” destino con poca carga responderá más rápido que uno altamente cargado.
- Si la red posee poca carga, entonces los paquetes tardarán menos tiempo en las colas de los enrutadores.
- Modificaciones por los enrutadores intermedios según la configuración de la red.

2.1.3.3 Ancho de Banda.

En redes de computadores el término Ancho de Banda es la referencia a la velocidad de datos soportada por una conexión de red o interface, es expresado en bits por segundo bps, también es conocido como: throughput.

En telecomunicaciones Ancho de Banda es el rango de frecuencias que se transmiten por un medio de transmisión guiado o no. Es planteado como BW, uno de los ejemplos más comunes es el ancho de banda de un par telefónico (BW) el cual se encuentra entre 300 Hz y 3.400 Hz. Por lo general al usar este término se hace

referencia a la velocidad en que puede ser transmitido a través de un medio de transmisión.

2.1.3.4 Tiempo de Ida y Vuelta RTT.

En telecomunicaciones RTT es el tiempo que le toma a una señal en ser enviado a lo largo del medio hasta el extremo y su retorno hasta el punto de inicio.

2.1.3.5 Variación del Retardo Jitter.

Es una variación en cortos períodos de la posición ideal en el tiempo de una señal digital a través de una red.

2.1.3.6 Medidas Estadísticas para la Cuantificación.

2.1.3.6.1 Promedio o Media Aritmética.

El Promedio o Media se define como la suma total de los datos observados divididos entre el número total de observaciones, “Promedio” comúnmente se utiliza sobre los datos de una muestra mientras que “Media” referencia a parámetros de una población (Runger, 1996).

Ecuación (3.1)

$$\text{Media Aritmetica} = \frac{\text{Suma de Datos Observados}}{\text{Numero Total de Observaciones}}$$

2.1.3.6.2 Mediana.

Permite conocer el datos que se encuentra en la mitad de todos los valores obtenidos luego de haber sido ordenados, este valor permite conocer los datos que se encuentran por debajo y arriba de la mitad de las muestras obtenidas (Wikipedia, 2013).

Ecuación (3.2)

$$Mediana = \frac{n + 1}{2}$$

2.1.3.6.3 Varianza.

Determina la diferencia promedio que hay entre cada uno de los datos y la media. Se calcula elevando al cuadrado cada una de las diferencias y posterior se calcula un promedio (Runger, 1996)

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x(\text{Media}))^2}{n - 1}$$

2.1.3.6.4 Desviación Estándar.

Permite identificar el promedio aritmético de la oscilación de los datos respecto a su media, está definido por la raíz cuadrada de la varianza (Runger, 1996).

Ecuación (3.4)

Desviacion Estandar =

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

2.1.3.5 Calidad del Servicio y Desempeño de la Red – ITU Y1564.

Para el desarrollo del proceso de investigación es importante entender los conceptos relacionados con Calidad y Calidad de Servicio, ya que estos son abarcados en la recomendación Y.1564.

2.1.3.5.1 Calidad.

En la norma ITU E.800 se define como: *“La totalidad de las características de una entidad que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas.”* (ITU, Calidad de los servicios de telecomunicación, 2008).

2.1.3.5.2 Calidad de Servicio.

En la norma ITU E.800 se define como: *“La totalidad de las características de un servicio de telecomunicaciones que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas del usuario del servicio.”* (ITU, Calidad de los servicios de telecomunicación, 2008).

2.1.3.5.3 Calidad de Servicio Experimentada Por el Cliente.

En la norma ITU E.800 se define como: *“Declaración del nivel de calidad que los clientes/usuarios consideran haber experimentado.”* (ITU, Calidad de los servicios de telecomunicación, 2008). En esta cláusula se establece que el nivel de calidad experimentada por el cliente puede ser expresado mediante el uso de encuestas de opinión, esta referente es cualitativa y cuantifica, y puede verse afectado por las condiciones del usuario, cultural psicológicos ambientales etc.

2.1.3.5.4 Desempeño de la Red.

En la norma ITU E.800 se define como: *“la habilidad de una red o una porción de red para proveer funciones relativas a comunicaciones entre usuarios.”* (ITU, Calidad de los servicios de telecomunicación, 2008).

2.1.3.5.5 Recomendación ITU Y1564.

Es una de las metodologías para evaluación del desempeño más difundidas en los últimos tiempos, fue desarrollada por ITU por su siglas en inglés (International Telecommunication Union) y aprobada en el 2011 mes de Marzo (ITU, Y.1564, 2011), es una de las recomendaciones recientes que para la evaluación del desempeño para redes Ethernet que permite validar la adecuada configuración y desempeño de la red, tiene el objetivo principal estandarizar la forma de validar el desempeño de una red.

La presente metodología define perfiles de ancho de banda para la evaluación del desempeño, en estos perfiles se identifican las características del servicio que será evaluado en las pruebas, el estándar de prueba define parámetros mínimos de cumplimiento, estos parámetros identifican el desempeño de un perfil definido para una prueba específica, en la Tabla 3, se presentan los parámetros mínimos a validar.

Tabla 3: Parámetros Principales ITU Y1564 (ITU, 2011).

Parámetro	Descripción
Ancho de banda	Cantidad total de tráfico enviada durante un periodo de medición de 1 segundo
“Frame delay” (latencia)	Es el tiempo transcurrido entre el envío de un paquete y su recepción.
Pérdida de tramas	Se refiere al porcentaje de tramas que tuvieron que haber sido redirigidas por la red en estado estacionario y que no lo fueron.
“Frame Delay Variation” (“Jitter”)	Es una variación en cortos períodos de la posición ideal en el tiempo de una señal digital a través de una red.

A continuación se presente el esquema básico de pruebas de alto nivel planteado para la validación de servicios de la red, Figura 6. Es importante considerar la especificación del Perfil.

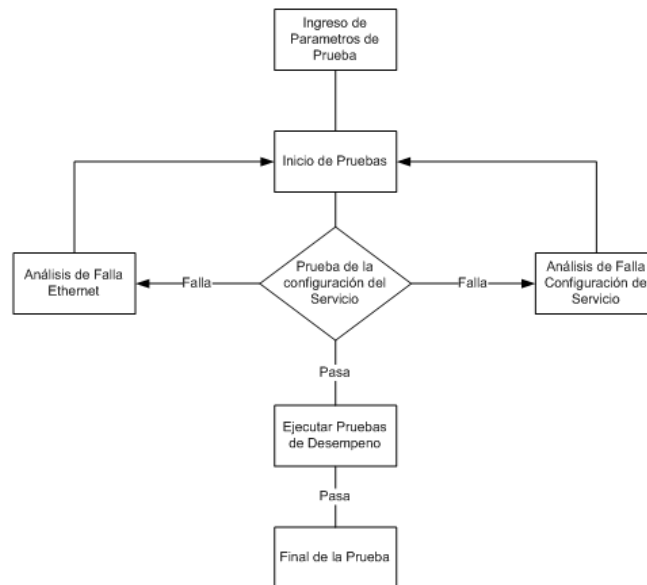


Figura 6: Arquitectura de alto Nivel para la Prueba (ITU, Y.1564, 2011).

CAPITULO III

3.1 Desarrollo de la Metodología Aplicada.

El presente trabajo está direccionado por una investigación de tipo Cualitativa y Cuantitativa teniendo un diseño experimental de investigación, la cual plantea cinco objetivos específicos (Capítulo I, Sección 1.7):

- **(A)** Presentar un marco teórico y estado del arte referente a las redes de acceso basada en telefonía fija convencional en Ecuador.
- **(B)** Evaluar el desempeño del esquema red mediante un ambiente simulado.
- **(C)** Evaluar el desempeño de la red actual en el ambiente real, basado en puntos específicos identificados de acuerdo a la distancia del distribuidor principal.
- **(D)** Evaluar los niveles de satisfacción del servicio recibido a través de la red acceso.
- **(E)** Identificar relaciones entre los niveles de satisfacción del usuario y el desempeño de la red.

Para el objetivo (A), se realizó una investigación bibliográfica, basado en estudios locales e información en fuentes internacionales.

Para el objetivo (B), se utilizó la herramienta OPNET IT Gurú (OPNET, 2013) la cual permite la simulación de redes xDSL cumpliendo los requerimientos para obtener los resultados.

Para el objetivo (C), se utilizó la herramienta de generación de tráfico D-ITG (D-ITG, 2011) la cual permite evaluar el desempeño de redes de datos, ajustando los resultados a las métricas de desempeño para el estándar aplicado.

Para el Objetivo (D), al ser un tipo de investigación cualitativa Se utilizó la encuesta como herramienta de investigación de campo, con lo cual se pudo identificar la percepción del usuario basado en los niveles de satisfacción respecto al servicio recibido.

Para el Objetivo (E), se utilizó un modelo comparativo directo para relacionar los objetivos (B) y (C), mientras que para establecer las relaciones del Objetivo (B) y (D) se Utilizó la relación de la Variable Independiente y las dependientes (Capítulo I, Sección 1.5).

3.1.1 Modelo de Investigación Establecido.

A continuación se describe el modelo de investigación que se estableció para el desarrollo del objeto de estudio, el cual está definido por la variable dependiente y las independientes como se muestra en la Figura 7.

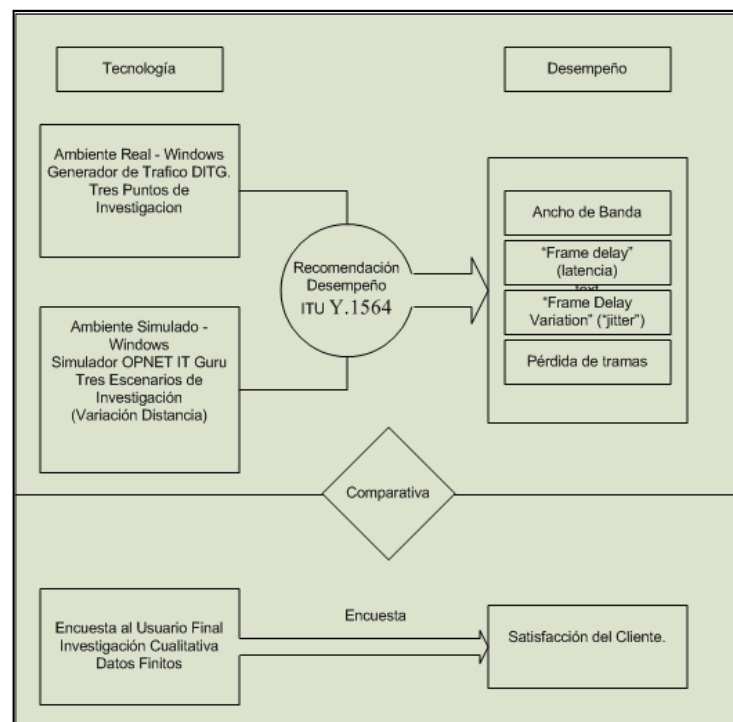


Figura 7: Modelo de Investigación Aplicado.

3.1.2 Herramientas Utilizadas.

A continuación se detalla las herramientas que se utilizaron para el desarrollo de las pruebas tanto a nivel de real como simulado.

D-ITG, por sus siglas en inglés “Distributed Internet Traffic Generator” (D-ITG, 2011), es una herramienta de software destinada a la evaluación del rendimiento de redes de comunicaciones, permitiendo evaluar cuatro variables: Throughput, packet loss, delay y jitter. Con la capacidad de correr sobre, PC, Laptops, Smart Phone, y otros dispositivos, plantea el uso de algoritmos de enrutamiento, ingeniería de tráfico, y análisis de protocolo.

DITG analiza las redes inyectando tráfico a través de las mismas, permitiendo generar archivos de datos resultantes los cuales pueden ser graficados. DITG corre en sistema Operativo Windows y toda la familia Linux, mantiene una arquitectura de 4 componentes: ITGSend, ITGRecv, ITGManager, ITGLog y una herramienta para decodificación de archivos ITGDec.

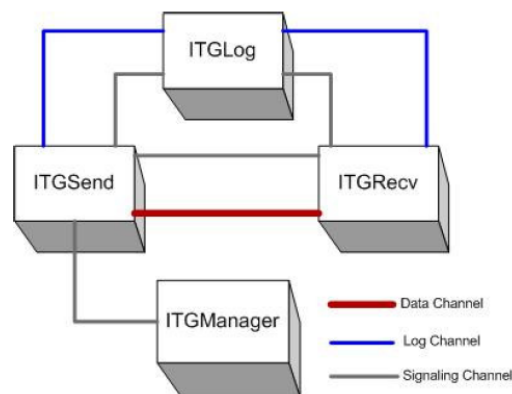


Figura 8: Arquitectura DITG (D-ITG, 2011).

Una de las características importantes de la aplicación es el aspecto de análisis de resultados, DITG genera archivos independientes por cada una de las variables que intervienen en el desempeño de la red, permitiendo realizar un estudio detallado de los resultados obtenidos.

La versión que se utilizó para las pruebas en los puntos seleccionados para los usuarios finales es D-ITG 2.8.0 rc1 (r459).

OPNET IT Guru, Academic Edition (OPNET, 2013). Es una herramienta de simulación de redes de comunicaciones, con una gran gama de opciones y utilidades para ambientes de pruebas. Permite modelar un entorno real de red en una aplicación de computador, en los elementos incluidos constan: Servidores, Routers, Switch, Puentes, Equipos terminadles, Modem, Enlaces, etc. La versión que se utilizó en el presente proyecto es: **OPNET IT Gurú, Academic Edition 9.1**

Esta aplicación permite entender y dimensionar una red real, así como prever su comportamiento, identificar problemas y ciertos errores de la arquitectura utilizada para la red en estudio.

3.1.3 Estructura y descripción del Ambiente de Pruebas.

Para la ejecución de las pruebas de evaluación de desempeño del Estándar G.992.5, se identificó el esquema específico de operación para la red del Cantón Francisco de Orellana, el cual se muestra en la **Figura 9**.

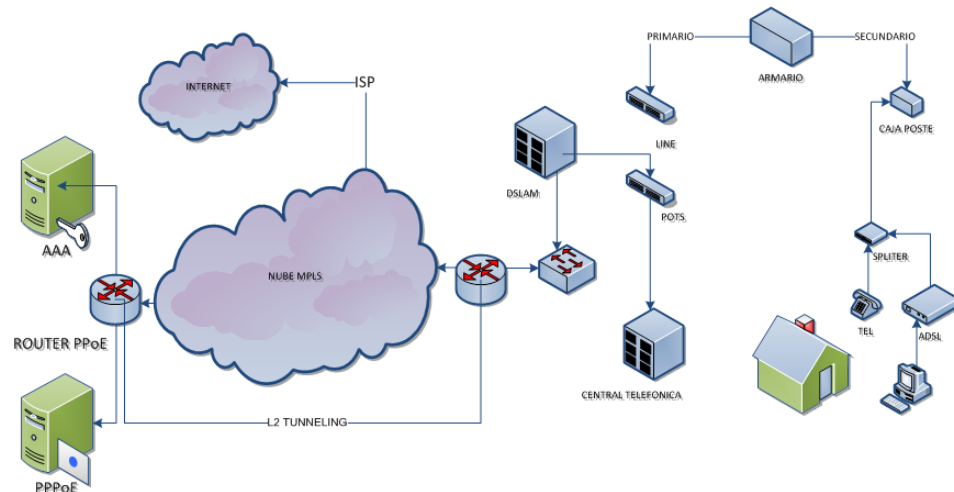


Figura 9: Esquema de Operación Red ADSL2+ (CNT, 2013).

Una vez identificado el esquema de red, se procedió a establecer una ruta para las pruebas, planteando tres puntos de testeo respecto del distribuidor principal; Cercano P1, Intermedio P2 y Lejano P3 de acuerdo a la relación distancia como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Distribución de Puntos de Pruebas.

CODIGO UBICACIÓN	DESCRIPCION	DISTANCIA
DP	DISTRIBUIDOR P.	NA
P1	PUNTO 1	280m
P2	PUNTO 2	1850m
P3	PUNTO 3	3150m

Los puntos de investigación están seleccionados de forma aleatoria, observando el criterio de ubicación de los usuarios sobre la red de abonados, además de la trayectoria del cableado que tiene la red primaria para los armarios de distribución, debido a que la ciudad tiene una geografía longitudinal Norte-Sur, esta selección da la cobertura completa para el análisis del servicio desde el punto inicial hasta el borde del enlace, donde cada usuario elegido pertenece a un armario distinto, la Figura 10 representa los puntos de prueba:



Figura 10: Ubicación Geográfica de Pruebas. (Maps., 2013).

3.1.3.1 Ambiente Real.

3.1.3.1.1 Parámetros Reales y Teóricos.

Para la ejecución de las pruebas en cada uno de los tres puntos, se seleccionó un usuario de tipo cliente-home para cada sitio. Las pruebas fueron ejecutadas de acuerdo a recomendaciones de la metodología Y.1564.

En primera instancia se estableció el perfil de prueba a cada punto, este dato se lo obtuvo de la velocidad con la que el modem ASDL se engancha, tomando en cuenta la relación SNR^5 (Señal Ruido), considerando como mínimo requerido 11dB para que dicha relación pueda tener una conexión estable, con este parámetro se obtuvo los valores entregados por el proveedor en cada punto, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: Perfil de prueba para los puntos.

C. UBICACIÓN	PERFIL	CIR – Medido en Usuario (Downstream/Upstream)	DISTANCIA
P1	CERCANO	11523 kbps / 886 kbps	280m
P2	MEDIO	6405 kbps / 637 kbps	1850m
P3	LEJANO	967 kbps / 324 kbps	3150m

⁵ SNR: Signal-to-Noise Ratio

Con el objetivo de comparar los valores de velocidad registrados en el ambiente real, se realizaron los cálculos para identificar la tasa de velocidad teórica esperada para cada punto de acuerdo al estándar.

Para realizar este cálculo teórico se requiere conocer la atenuación, la Tabla 6 presenta los registros de atenuación identificados en cada sitio, los cuáles fueron tomados del modem instalado en el usuario.

Tabla 6: Atenuación identificada en los puntos.

C. UBICACION	DISTANCIA	ATENUACION MEDIDA
P1	280m	13 dB
P2	1850m	30.8 dB
P3	3150m	50.5 dB

Por otro lado, el cable utilizado en el tendido de la red cantonal es el 26 AWG⁶ de 0.40mm con una atenuación característica de 13.81 dB/Km (Guide, 2013), la Tabla 7 muestra los resultados de atenuación, aplicando la fórmula para calcular la atenuación teórica basada en la distancia:

$$DS_{Atenuacion} = Atenuacion\ Caracteristica\ (dBm) * Distancia\ (m)$$

Tabla 7: Atenuación teórica calculada.

C. UBICACIÓN	DISTANCIA	ATENUACIÓN TEÓRICA
P1	280m	3,87 dB
P2	1850m	25,55 dB
P3	3150m	43,50 dB

⁶ AWG: American Wire Gauge

La Tabla 8 muestra la comparación entre atenuación medida en el modem y la atenuación teórica calculada en base a la distancia.

Tabla 8: Comparativa atenuación registrada-teórica.

C. UBICACIÓN	DIST.	A. MEDIDA EN EL MÓDEM	A. TEÓRICA	DIFERENCIA
P1	280m	13 dB	3,87 dB	9,13 dB
P2	1850m	30.8 dB	25,55 dB	5,25 dB
P3	3150m	50.5 dB	43,50 dB	7,00 dB

Se observa que el valor de atenuación medida, que presenta el modem, no solamente toma en cuenta el valor de atenuación por distancia, sino que intervienen otros parámetros como pérdidas en conectores, atenuación por presencia de elementos activos y otros. La Tabla 9 presenta valores CIR medidos en el usuario y CIR teórico, tomando en consideración la pérdida en la línea que fue obtenida del modem en la Tabla 6.

Tabla 9: Velocidad Real - Teórica.

C. UBICACIÓN	DISTANCIA	CIR – Medido en Usuario (Downstream/Upstream)	CIR teórico Downstream
P1	280m	11523 kbps / 886 kbps	23000 kbps
P2	1850m	6405 kbps / 637 kbps	14400 kbps
P3	3150m	967 kbps / 324 kbps	5500 kbps

Los valores de CIR teórico se han encontrado en la Tabla 10, sección: basada en el valor práctico de pérdida de línea, como se muestra a continuación, la tabla presenta una relación de pérdida de línea para el estándar evaluado.

Tabla 10: Relación pérdida de la línea y velocidad (Heath, 2013)

Pérdida en la Línea	Longitud de la Línea	Velocidad ADSL2/2+	Velocidad ADSL
En base a valor teórica de pérdida de línea			
3 dB	0.22 km	24.0 Mbps	8.0 Mbps
4 dB	0.29 km	24.0 Mbps	8.0 Mbps
26 dB	1.88 km	17.6 Mbps	8.0 Mbps
43 dB	3.11 km	8.0 Mbps	6.5 Mbps
44 dB	3.19 km	7.5 Mbps	6.2 Mbps
En base a valor práctico de pérdida de línea			
13 dB	0.94 km	23.0 Mbps	8.0 Mbps
30 dB	2.17 km	15.0 Mbps	8.0 Mbps
31 dB	2.25 km	14.4 Mbps	8.0 Mbps
50 dB	3.62 km	5.3 Mbps	4.8 Mbps
51 dB	3.69 km	5.0 Mbps	4.6 Mbps

La Tabla 11 presenta una comparativa del CIR registrado en el usuario del servicio y la velocidad teórica esperada, en relación a al valor de pérdida en la línea práctica.

Tabla 11: Comparación entre velocidad real y teórica.

C. UBICACIÓN	CIR – Medido en Usuario (Downstream/Upstream)	CIR teórico Downstream	% Downstream
P1	11523 kbps / 886 kbps	23000 kbps	50,5 %
P2	6405 kbps / 637 kbps	14400 kbps	43,5 %
P3	967 kbps / 324 kbps	5500 kbps	19,5 %

Se observa que la velocidad real, en el mejor de los casos llega al 50% de la velocidad teórica para este tipo de enlaces, y este valor decrece conforme aumenta la distancia.

3.1.3.1.2 Pruebas con DITG.

DITG permite la inyección de tráfico en la red de comunicaciones, mediante sus módulos de operación: ITGSend, ITGRecv y para el registro de eventos del tráfico generado ITGLog. Estos componentes son aplicaciones modulares los cuales se ejecutan y configuran en los equipos terminales de prueba

La generación de tráfico con DITG presenta características muy amplias para la configuración de los usuarios de envío como es: la definición del tipo de datos a generarse, tamaño de los paquetes y tiempo salida entre paquetes, además que permite establecer la configuración que se requiere para la distribución de paquetes, entre las más importantes están: Normal, Poisson, Gama, Constante, Uniforme, Exponencial.

Para el presente estudio DITG en cada punto fue configurado a un tamaño de paquete de 512 Kbyte y una distribución de tipo Constante, además el registros de los eventos mediante ITGLog fue configurado para el almacenamiento del lado del cliente que estuvo operando en dicha prueba, es decir, cuando se genera tráfico de un extremo a otro el equipo que recibió el tráfico es el que registra los eventos.

En el proceso de inyección de tráfico en la red se ha considerado cargar al enlace a un 100% de la capacidad para valorar y evaluar el rendimiento de la misma de acuerdo a los valores aceptables en el enganche de la red, y a un 125% con el objetivo de saturar el enlace, lo cual permite valorar la estabilidad de la red en estudio y su comportamiento con sobrecarga.

Una vez identificados los parámetros que se registran de forma real en el usuario, se configuran los dispositivos terminales en ambos extremos, siguiendo las premisas para validar la capacidad entregada por el Proveedor con una carga al 100% - CIR, es decir 11583 kbps/886 kbps (P1), 6405 kbps / 637 kbps (P2) y 967 kbps / 324 kbps (P3) .

Todo el tráfico es encaminado en la red en una VLAN que conecta al cliente y servidor de prueba, como se muestra en la Figura 11, con el fin de medir solamente el tráfico de ese usuario, sin que exista tráfico cursado por los otros clientes de CNT.

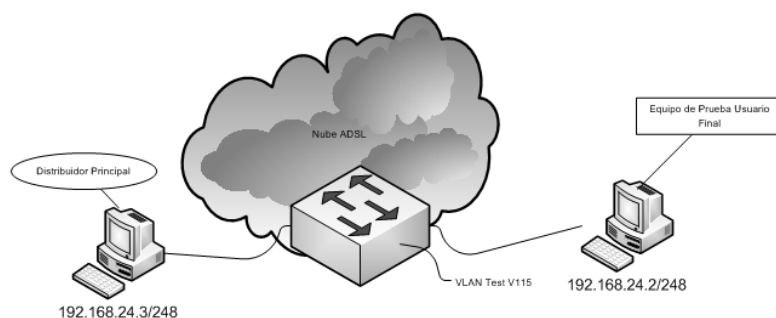


Figura 11: Configuración de los extremos - Ambiente Real.

Luego de haber configurado los equipos terminales se ejecutan las pruebas con DITG en los períodos de tiempo establecidos por la recomendación ITU Y1564, los cuáles son de 15 min y 2 Horas.

De forma consecutiva se repite la prueba estableciendo la validación para EIR (Excess Information Rate) cargando al canal con un 25% adicional al CIR, es decir con 14479 kbps/1107 kbps (P1), 8006.25 kbps / 796.25 kbps (P2) y 1208.75 kbps /

405 kbps (P3), con lo cual se busca la saturación del enlace. En la Figura 12 se identifica el esquema de pruebas.

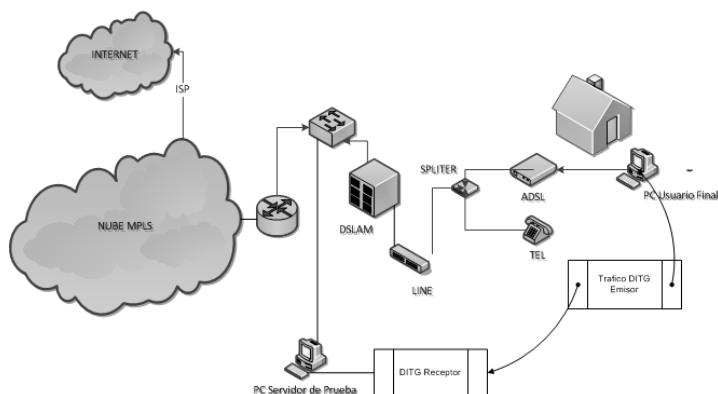


Figura 12: Diagrama de Pruebas para el Ambiente Real.

Para la sincronización del componente de red Cliente – Servidor, se utilizó un servidor de tiempo SNTP, el cual permite mantener el sincronismo en el envío de paquete para realizar los cálculos de Latencia. La métrica de “Latency” se calcula basándose en el ONE-WAY-LATENCY o latencia en una vía. Es importante considerar que para mejorar la exactitud en el servidor de tiempo se utilizó la línea libre al momento de la prueba, es decir, cuando se testeó la velocidad de Downstream la línea de Upstream sirvió para el envío de tiempo de sincronismo y viceversa al testeo de Upstream, esto con el objetivo de tener valores mucho más exactos para el cálculo de latencia.

Debido a que las pruebas realizadas fueron para un enlace ADSL donde las velocidades de subida y bajada son diferentes, se ejecutaron las pruebas en ambas direcciones Upstream y Downstream, la Tabla 12 presenta la secuencia de pruebas realizadas para obtener las métricas de desempeño en ambos sentidos.

Tabla 12: Secuencia de pruebas DITG.

Prueba	Dirección del Tráfico		ITGLog	Tiempo
	ITGSend	ITGRecv		
Downstream	Data Center	Usuario	Usuario	15min - 2Horas
Upstream	Usuario	Data Center	Data Center	15min - 2Horas

En la generación de tráfico con DITG como se muestra en la Tabla 12, para la evaluación de downstream, el equipo en el data center es activado el módulo ITGSend con las configuraciones de envío como: Tamaño de Paquete, Tipo de distribución, y la carga del enlace que se ejecutará, mientras que en el cliente se activa el módulo ITGRecv en modo escucha para el puerto 5554 y el módulo ITGLog para el registro de los eventos de la prueba. Una vez terminada cada prueba ITGLog genera un archivo de nombre “itgrecv.log” el cual contiene todos los registros de la prueba en modo codificado.

Para obtener las variables a evaluar es requerido decodificar el archivo, esto se lo realiza mediante el módulo de ITGDec, obteniendo cuatro archivos: Bitrate.txt, Jitter.txt, Packetloss.txt y Delay.txt, estos archivos contienen los valores de cada eventos por unidad de tiempo.

La secuencia presentada en la Tabla 12 fue ejecutada para cada uno de los tres lugares evaluados P1, P2 y P3. Se consideró estas mismas pruebas para CIR y EIR teniendo un total de ocho pruebas para cada sitio y un Grand Total de treinta y dos pruebas para la evaluación completa del estándar ADSL.

3.1.3.1.3 Hardware utilizado para DITG.

Para la evaluación de la red real, se utilizaron dos equipos en los cuales se ejecutó la aplicación DITG, un equipo en el Data Center y el segundo equipo en el usuario, las siguientes fueron las características de hardware de cada equipo.

Hardware equipo data center:

- Procesador: Core 2 Extreme X6800 (2.93 GHz, 1066 MHz FSB)
- Memoria: 4 GB.
- Tarjeta de Red: TG-3269 Gigabit 10/100/1000 PCI

Hardware equipo Usuario:

- Procesador: Core 2 Duo Conroe E6600 (2,4 GHz).
- Memoria: 4 GB.
- Tarjeta de Red: Conceptronic Gigabit Pci 10/100/1000

3.1.3.1.4 Sistema Operativo utilizado.

Para la ejecución de las pruebas en ambiente real, los equipos utilizados fueron instalados con el Sistema Operativo Windows XP Profesional Service Pack 3, para la optimización en el rendimiento de los equipos de pruebas únicamente se les cargo el software de pruebas DITG y el Servidor de Tiempo SNTP.

3.1.3.2 Ambiente Simulado.

La simulación se ha desarrollado en OPNET IT Guru, software especializado en representación virtual de ambientes de redes, permite plantear un esquema de red con sus diferentes nodos y equipos terminales así como la configuración requerida

para cada uno, este software está basado en escenarios, en los cuales se representan los esquemas de red que se desean probar. OPNET presenta los resultados estadísticos por cada punto de evaluación, para esto es necesario realizar la selección de los enlaces que se requieren obtener su estadística, luego de la ejecución de la prueba estos datos pueden ser graficados en el software de visualización interno del simulador.

Para el modelo simulado se tomaron las mismas consideraciones que el ambiente real, se plantea un esquema basado en un host del lado del usuario y un Servidor que recibe las peticiones de parte del Cliente, para lo cual se establece un perfil de usuario y una aplicación de servicio.

En el perfil de usuario se identifica los servicios que serán ejecutados durante la simulación, y en la aplicación se define qué tipo de datos y servicios serán solicitados para el servidor, el modelo de simulación mantiene tres partes, Usuario, Data Center, y en lace DSL como se describe en la Figura 13.

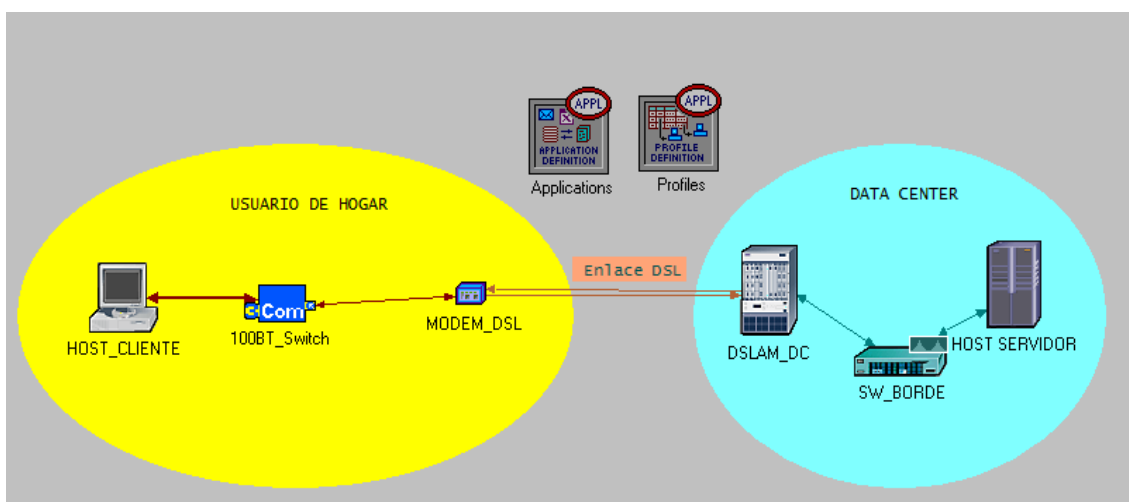


Figura 13: Esquema para ambiente Simulado, OPNET Gurú.

Para relacionar los tres puntos de pruebas se plantean tres escenarios basados en el esquema de la Figura 9 La variación se da en función de las distancias empleadas (280m, 1850m y 3150m), esto define los perfiles de usuario, donde se realiza el cambio de la carga para cada punto (CIR).

A nivel del enlace ADSL se configura los límites de la velocidad en concordancia a la Tabla 5, para Upstream link y Downstream link.

Los perfiles que se han aplicado para cada escenario están basados en la Tabla 5, esta identificación es marcada en el elemento “Profiles” del esquema de simulación como establece la Figura 13 para cada escenario, los perfiles de pruebas están relacionados con el elemento “Application” en el cual se describe a nivel de capa de aplicación que tipo de flujo será transmitido en el enlace desde el Host cliente hasta el host servidor.

La inyección de tráfico en el ambiente simulado es configurada en los perfiles y se enlazan con los host: cliente y servidor. La ejecución de las pruebas para cada escenario requiere solo una ejecución para cada intervalo de tiempo de testeo, a diferencia que el ambiente real, cuando se ejecuta la simulación ambos host envían y reciben tráfico, con lo cual se obtienen las mediciones tanto de Upstream y Downstream en un solo proceso, la Figura 14 presenta el modelo de ejecución del escenario de prueba.

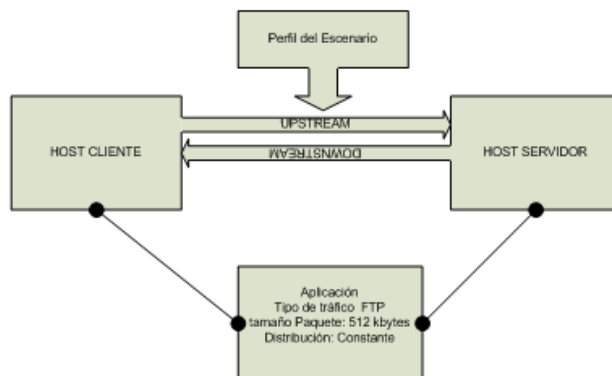


Figura 14: Relación Perfil y Aplicación.

Los resultados de la simulación son presentados mediante tablas de resumen de datos y las gráficas de la simulación son generadas en el software de visualización de OPNET Gurú.

3.1.3.2.1 Hardware utilizado.

El hardware del equipo utilizado para el ambiente simulado con Opnet IT Gurú Academic Edition se presenta a continuación:

Computador de Simulación:

- Procesador: Core i7-4610Y (2.90 GHz)
- Memoria: 8 GB.
- Tarjeta de Video: NVIDIA: nForce4 Ultra/SLI X16 p

3.1.3.2.2 Sistema Operativo utilizado.

Para la ejecución de las pruebas en ambiente simulado, el equipo fue instalado con el Sistema Operativo Windows XP Profesional Service Pack 3, para la

optimización en el rendimiento del equipo de prueba únicamente se instaló el software de simulación IT Gurú Academic Edition.

3.1.4 Planteamiento de la Encuesta.

Como parte del proceso de investigación se consideró la aplicación de encuestas para la evaluación del desempeño percibido por parte del usuario en los puntos evaluados.

En la formulación de la encuesta se han considerado tres aspectos importantes como son: Situación General, Calidad del Servicio, Satisfacción del Usuario. Los cuales permitieron identificar la situación del servicio percibida por parte del usuario, además de validar y establecer las relaciones con las pruebas reales de la red, efectuadas para identificar el desempeño.

3.1.4.1 Calculo de la Muestra.

Para la aplicación de la encuesta al universo de estudio, se ha considerado un muestreo de tipo no probabilístico (Stephens., 2009), para datos finitos de tipo cualitativo, ya que es necesario identificar a los usuarios que pueden proveer la información necesario como parte del estudio.

En la distribución de las pruebas se consideraron tres puntos como parte del estudio, estos puntos están enlazados de forma directa con el distribuidor principal, y están considerados en base a su distancia respecto al distribuidor como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13: Distribución de la Población.

CODIGO	UBICACIÓN	POBLACION	DISTANCIA
DP		NA	NA
P1		138	280m
P2		144	1850m
P3		135	3150m

La población se refiere a la cantidad de clientes que se conectan al armario o distribuidor secundario respectivo.

Se realizó el cálculo de la muestra para cada uno de los puntos establecidos, basados en la fórmula para poblaciones finitas (Stephens., 2009) de tipo cualitativo.

(m1)

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}}$$

Donde n es la muestra y N la población, n' se define por la siguiente ecuación.

(m2)

$$n' = \frac{s^2}{\sigma^2}$$

s^2 y σ^2 se define por:

(m3)

$$S^2 = p(1 - p).$$

(m4)

$$\sigma^2 = (se)^2$$

Dónde:

s^2 : Varianza muestral

σ^2 : Varianza poblacional

Se: error estándar

p: % de confiabilidad

De acuerdo a los datos planteados en la Tabla 13 se expresan los siguientes parámetros con los cuales se desarrolló el cálculo de la muestra para esta investigación, con un error estándar de 5% al 90% de confiabilidad.

Datos:

$$se = 5 \% = 0.05$$

$$p = 90 \% = 0.9$$

Aplicando (m3)

$$S^2 = p(1 - p)$$

$$S^2 = 0.95(1 - 0.9) = 0.00225$$

Aplicando (m4)

$$\sigma^2 = (se)^2$$

$$\sigma^2 = (0.015)^2 = 0.00225$$

Resultante n' Aplicando (m2)= 36

Para el cálculo de cada una de las muestra se emplea el dato de la Tabla 13, para los puntos de estudio.

Aplicando (m1) con los datos obtenidos, se presentan los resultados en la Tabla 14.

Tabla 14: Resultado de cálculo de la Muestra.

C. UBICACION	POBLACION	MUESTRA
P1	138	29
P2	144	29
P3	135	29

En base a los resultados de cálculo de muestra, se completó el proceso de investigación en campo, ejecutando las encuestas a los grupos segmentados de usuarios.

3.1.4.2 Esquema de la Encuesta Aplicada.

Para el desarrollo de las encuestas en campo, se realizó la segmentación de los usuarios de acuerdo a los puntos seleccionados para la ejecución de las pruebas reales, realizando una selección aleatoria de usuarios en cada punto de investigación, al grupo de usuarios identificados como muestra necesaria para el proceso investigativo que se detalla en la Tabla 14, a continuación se presenta el esquema básico de la encuesta aplicada, la cual se encuentra agrupada por cada sector.

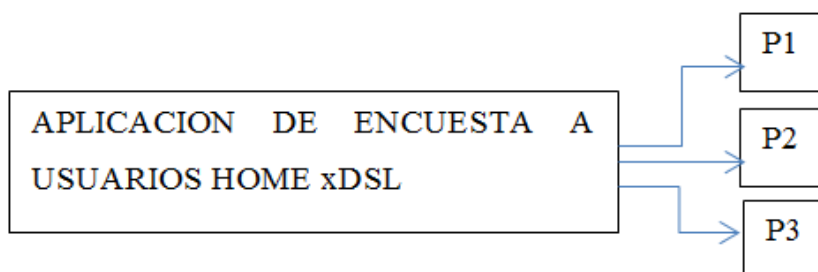


Figura 15: Esquema – Encuesta.

Una vez completada la recolección de los datos mediante las encuestas en cada uno de los puntos se procede con la tabulación de la información y agrupación por cada segmento de estudio.

A continuación se presenta las preguntas establecidas en las encuesta aplicada y la aportación para el proceso investigativo.

La Encuesta se la dividió en tres secciones General, Servicio y Satisfacción con el fin de cubrir información requerida para relacionar los datos resultantes con las pruebas en el ambiente real.

Para la sección General:

Pregunta	Resultado
¿Cuál es su Tipo de Usuario? Permite identificar el tiempo que mantiene con el servicio y sus destrezas al momento de calificar el servicio recibido.	Nuevo – Regular - Con Experiencia.
¿Cuál es la finalidad del uso de Internet? Permite relacionar necesidad de los usuarios	Estudios-Entretenimiento-Negocios.
¿Cuál es el uso Frecuente del Servicio? Permite identificar tipo de tráfico principal que en la red.	Mensajería–Redes-Sociales- Navegación-Videos (Youtube).Otro.

Para la sección Servicio:

Pregunta	Resultado
¿Cuál la disponibilidad del servicio durante el día? Identifica la disponibilidad percibida del servicio por parte del usuario	Nunca - Casi Nunca - Casi Siempre. Siempre con Limitaciones -Siempre.
¿Cuál es su percepción de la velocidad de conexión?	Muy Lenta – Lenta - Normal Rápida

Identifica la velocidad percibida en el usuario	
¿Cuándo Considera usted que el servicio es más lento? Identifica periodo de tiempo donde la baja el rendimiento.	Mañana – Tarde - Noche.

Para la sección Servicio:

SATISFACCION	
¿Cuál es su grado de satisfacción general con el servicio recibido? Identifica el nivel de Satisfacción del Usuario del servicio ADSL	Muy Satisfecho – Satisfecho -Algo Satisfecho - No Satisfecho
¿Cuál es su grado de satisfacción del soporte técnico recibido? Identifica el nivel de soporte provisto por la empresa	Muy Satisfecho – Satisfecho -Algo Satisfecho - No Satisfecho
¿Cuál es la impresión general de la compañía proveedora del servicio? Identifica la satisfacción del usuarios con la compañía y los efectos que provoca la satisfacción del servicio sobre la empresa	Muy Satisfecho – Satisfecho -Algo Satisfecho - No Satisfecho

Para referencia de la Plantilla aplicada en la presente encuesta, acceda al **Error!**

Reference source not found.

3.2 Evaluación de Resultados.

Con la finalización del proceso de pruebas requeridas para el desarrollo de la investigación se ha completado con los elementos planteados dentro de la metodología.

Esta sección presenta los resultados obtenidos de las pruebas en el ambiente real y simulado para el estándar G 992.5 en la red de Francisco de Orellana en los tres

segmentos de estudio, así como resultados de las encuestas de satisfacción aplicadas a los usuarios finales.

La segmentación y agrupación de los tres puntos de investigación permite identificar los hallazgos en referencia al desempeño de la red para cada punto. A continuación se presenta un análisis por cada ambiente de prueba y satisfacción para posteriormente realizar una relación de resultados basados en la metodología.

3.2.1 Resultados Ambiente Real.

Las pruebas desarrolladas en el ambiente real están basadas en el esquema de pruebas planteadas en la metodología Sección 3.1.1. En el desarrollo y análisis de los resultados para el ambiente real, las pruebas se presentan en primera instancia por cada punto investigado, para luego realizar una correlación de los resultados entre los puntos.

Resultados en ambiente real son presentados en graficas correlacionadas para las interacciones en ambos sentidos (subida y bajada).

3.2.1.1 Resultado Punto cercano P1.

El resumen de resultados basados en las pruebas de CIR y EIR, con una duración de 15 minutos y 2 horas, se presenta en las siguientes tablas, pruebas ejecutadas en “One Way Delay” para el cálculo de latencia.

3.2.1.1.1 Resultados Basados en CIR- P1:

El resumen de los resultados obtenidos para las pruebas ejecutadas en modo CIR, en configuración OWD se presente a continuación en la Tabla 15.

Tabla 15: Resumen de resultados CIR - OWD P1.

P1 – CIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	886 kbit/s	11523 kbit/s
BITRATE	612.37 kbit/s	9275.50 kbit/s
DELAY	0.31807 s	0.04045 s
JITTER	0.007924 s	0.000809 s
PACKETLOSS	49896 pkt (27.04 %)	362126 pkt (15.09 %)

En las próximas gráficas se representan los resultados de las pruebas en función de una línea de tiempo especificada de acuerdo a la metodología, se muestra de forma individual cada variable en sus dos direcciones upstream y downstream.

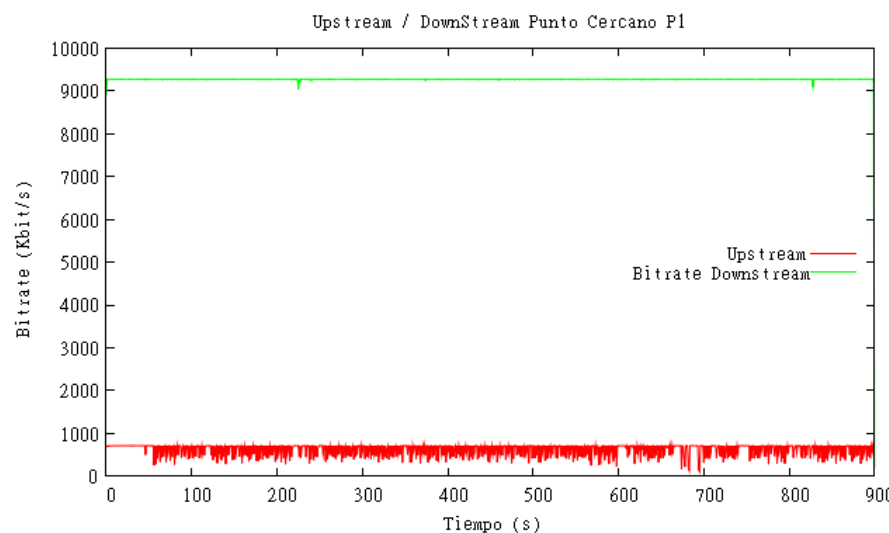


Figura 16: Bits transmitidos (Up/Down).

Los resultados de “Bitrate” para el primer punto P1 en modo CIR con una carga al 100% de capacidad, muestran como la velocidad de bajada se encuentra estable en toda la línea de tiempo, arriba de los 9 Mbps y para la bajada 612 kbps. Se puede

notar que de la capacidad teórica de bajada es 11523 Kbps y que esta puede llegar en el sitio solo con un 80.5% de velocidad efectiva, mientras que para la velocidad de bajada la capacidad efectiva esta en un 70%.

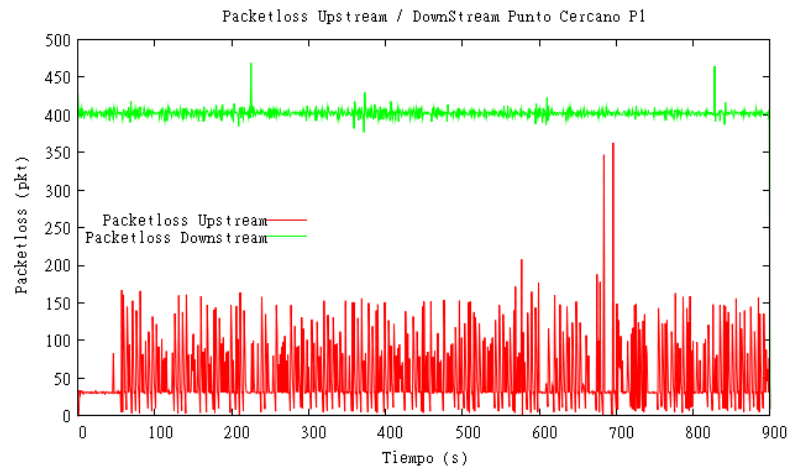


Figura 17: Paquetes perdidos (Up/Down).

Los resultados de “Packetloss”, están representados en base al número de paquetes perdidos en la unidad de tiempo en referencia a la carga CIR al 100% de la capacidad. Para downstream se identifica una perdida estable alrededor del 15%, mientras que para upstream existe una perdida media del 27% con una alta fluctuación.

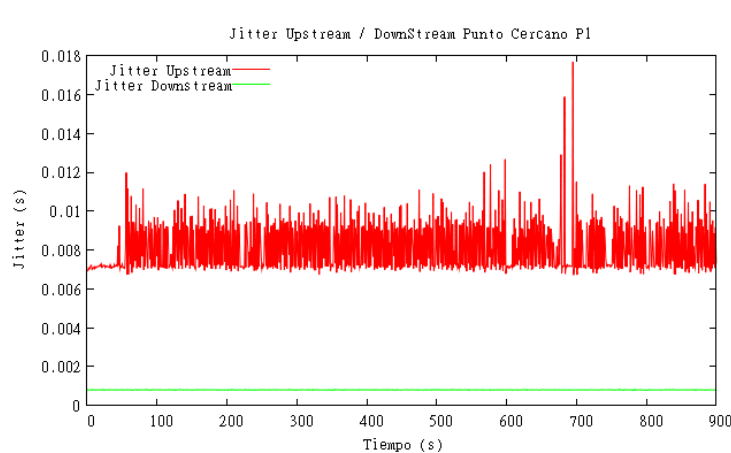


Figura 18: Jitter (Up/Down) en Función del Tiempo.

Para el “Jitter” respecto al downstream se puede notar estabilidad en la línea de tiempo por debajo de 1ms mientras que para el upstream está en casi 7ms, estos resultados están directamente relacionados con la capacidad del canal y la distancia en cada dirección.

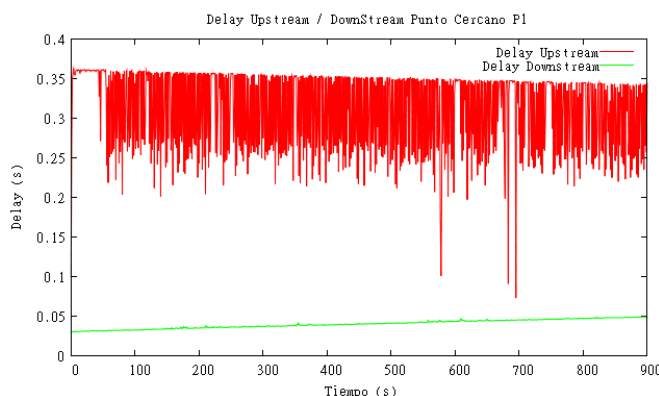


Figura 19: Delay (Ups/Down) en Función del Tiempo.

Para el “Delay” se muestra tiempos superiores en el Upstream respecto al downstream, con una desviación estándar de 0.006s.

3.2.1.1.2 Resultados Basados en EIR – P1:

Para las pruebas de validación EIR se aplicó un 25% adicional del CIR a la carga del canal ADSL, teniendo los siguientes resultados para el punto P1, los cuales se describen en la Tabla 16, prueba ejecutada en OWD.

Tabla 16: Resumen de resultados EIR - OWD P1.

P1 – EIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	886 kbit/s	11523 kbit/s
BITRATE	624.43 kbit/s	9267.72 kbit/s
DELAY	0.323965 s	0.051232 s
JITTER	0.007849 s	0.000819 s
PACKETLOSS	93145 pkt (40.43 %)	964241 pkt (32.15 %)

Los resultados de la pruebas demuestran una pérdida de paquetes del 32.15% la cual representa una pérdida de casi el 200% en relación al porcentaje de pérdida cuando se ejecuta en CIR. A continuación se presentan las gráficas distribuidas por cada variable de investigación.

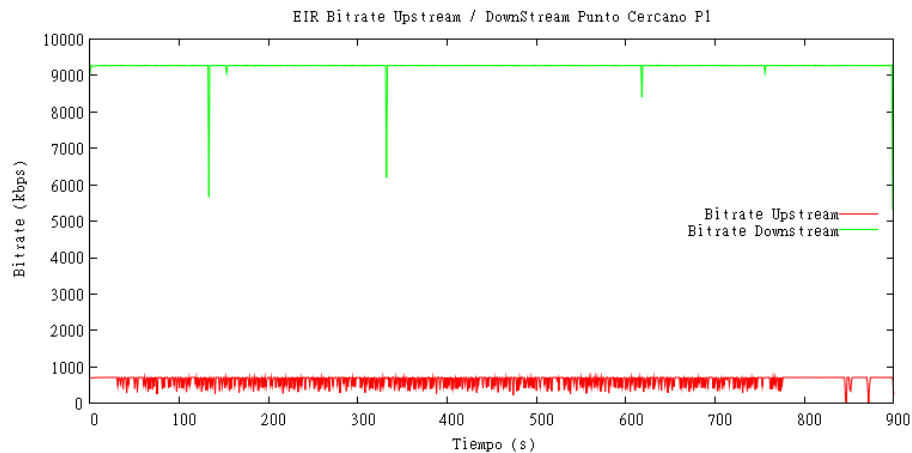


Figura 20: Bits transmitidos (Up/Down), Carga EIR.

Para el "Bitrate" en Downstream la velocidad alcanza un 80.42% de la capacidad teórica del canal mientras que en Upstream llega a un 70.42%.

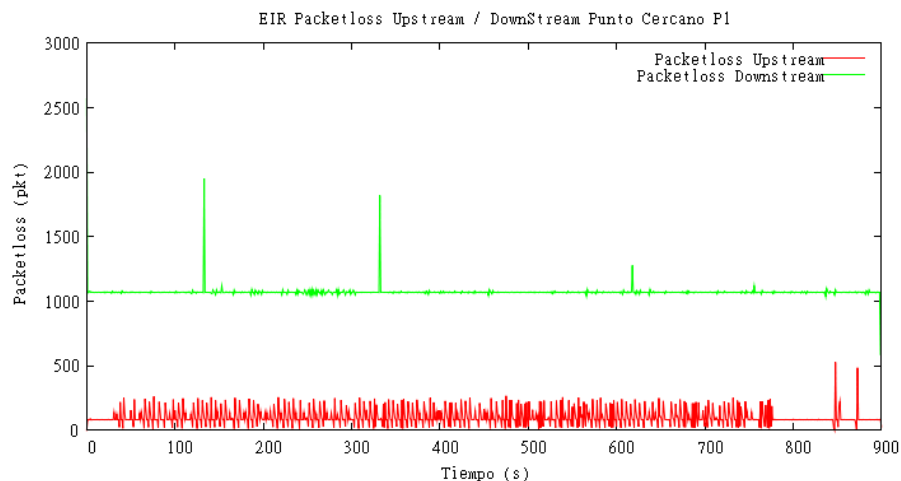


Figura 21: Paquetes perdidos (Up/Down), Carga EIR.

Los resultados "Packetloss" representa una pérdida de paquetes del 40.43% para upstream mientras que para el downstream un 32.15%.

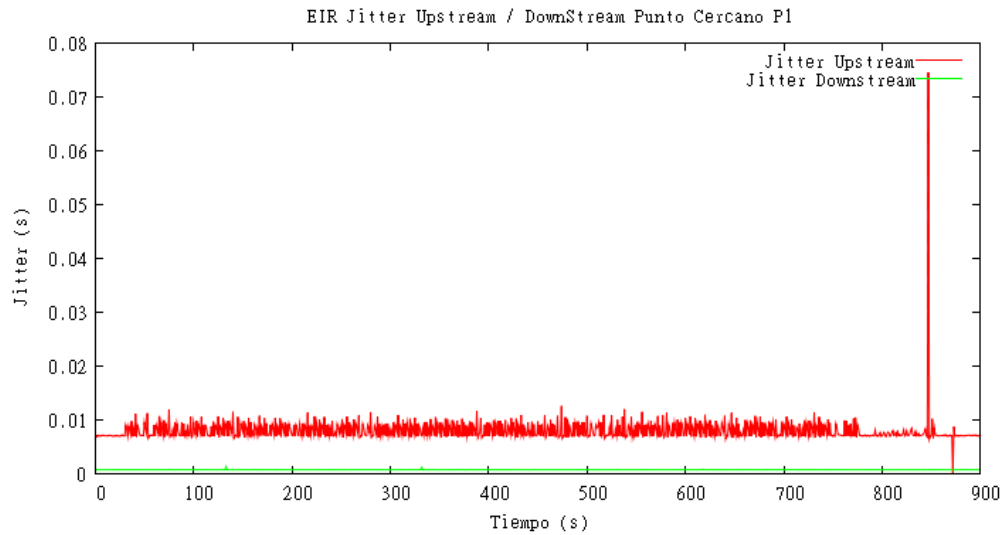


Figura 22: Jitter (Up/Down), Carga EIR.

Los resultados en “Jitter” mantiene el mismo comportamiento en relación a las pruebas basadas en CIR, estabilidad para Downstream que llega a 1ms y Upstream por debajo de los 7ms.

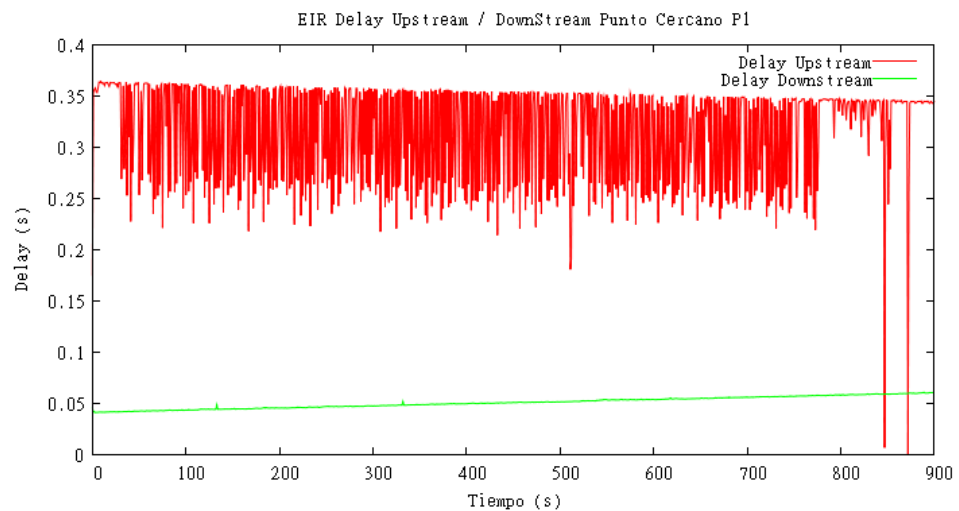


Figura 23: Delay (Up/Down), Carga EIR

Los resultados en base al “Delay” se mantienen con una relación del 85% menor el downstream respecto al upstream con la aplicación del EIR.

3.2.1.1.3 Relación de Resultados CIR-EIR P1.

A continuación se presenta una comparativa de resultados de CIR y EIR para el primer punto P1.

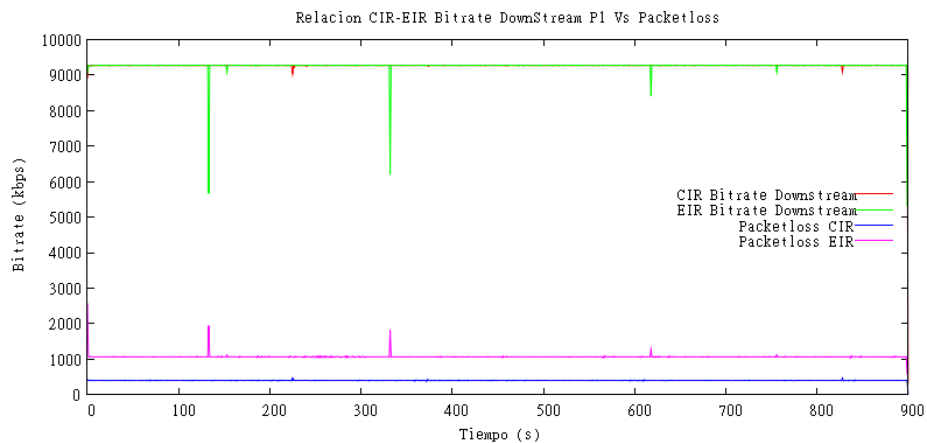


Figura 24: CIR-EIR Bitrate Vs Packetloss en Downstream.

Los resultados relacionando la Variable “Bitrate” Vs “Packetloss” en Downstream para el escenario en el Punto 1 muestra que la velocidad tanto para el CIR y EIR se mantienen constantes, pero se duplica el porcentaje de pérdida de paquete respecto del CIR.

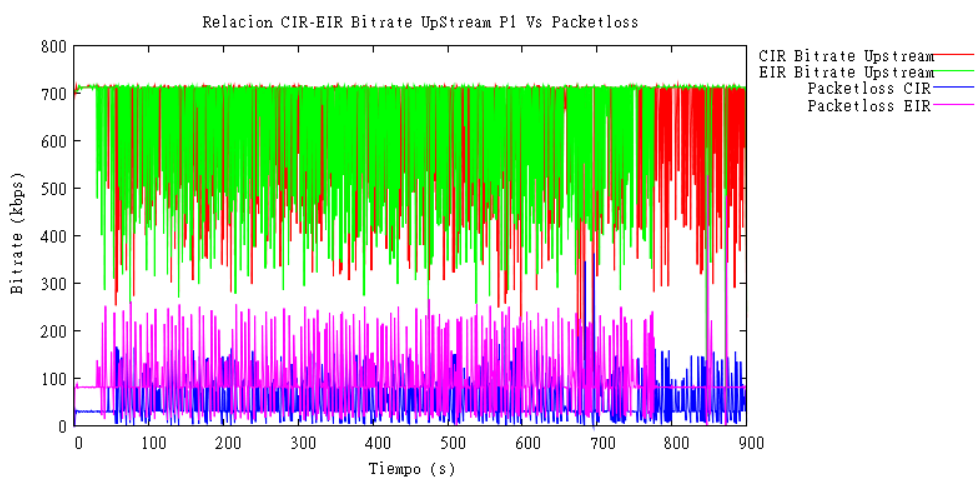


Figura 25: CIR-EIR Bitrate Vs Packetloss en Upstream.

Los resultados relacionando la Variable “Bitrate” Vs “Packetloss” en Upstream muestran limites iguales respecto a Bitrate mientras que existe un incremento superior al 100% de paquetes perdidos del EIR respecto del CIR.

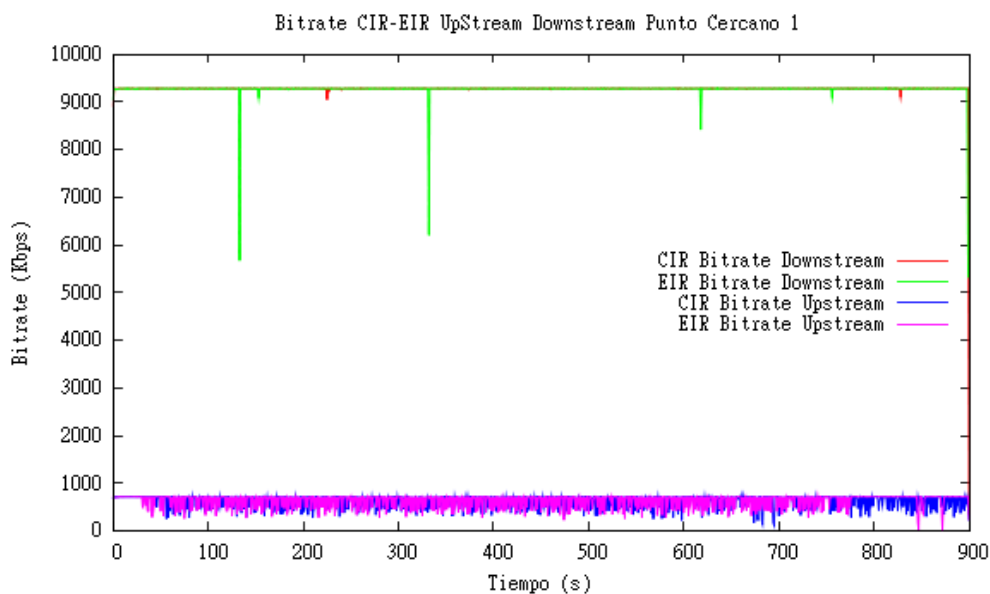


Figura 26: CIR_EIR respecto al Bitrate en Up-Down.

La grafica describe la velocidad del Bit en ambas direcciones de la transmisión, aplicando una carga al 100% CIR y una carga al 125% EIR. Los resultados con respecto a esta variable se muestran relativamente similares.

3.2.1.2 Resultado Punto Intermedio P2.

El resumen de resultados basados en las pruebas de CIR y EIR, con una duración de 15 minutos y 2 horas se presenta en la siguiente tabla de datos, considerando valores de latencia en OWD.

3.2.1.2.1 Resultados Basados en CIR – P2.

El resumen de los resultados obtenidos para pruebas ejecutadas en modo CIR, OWD se describe a continuación en la Tabla 17.

Tabla 17: Resumen de resultados CIR - OWD P2.

P2 – CIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	637 kbit/s	6405 kbit/s
BITRATE	389.10 kbit/s	5145.78 kbit/s
DELAY	0.047195 s	0.128133 s
JITTER	0.008366 s	0.001441 s
PACKETLOSS	374421 (35.38 %)	1624834 (15.23 %)

En las próximas gráficas se representan los resultados de las pruebas en función de una línea de tiempo especificada de acuerdo a la metodología, se presenta de forma individual cada variable en sus dos sentidos upstream y downstream.

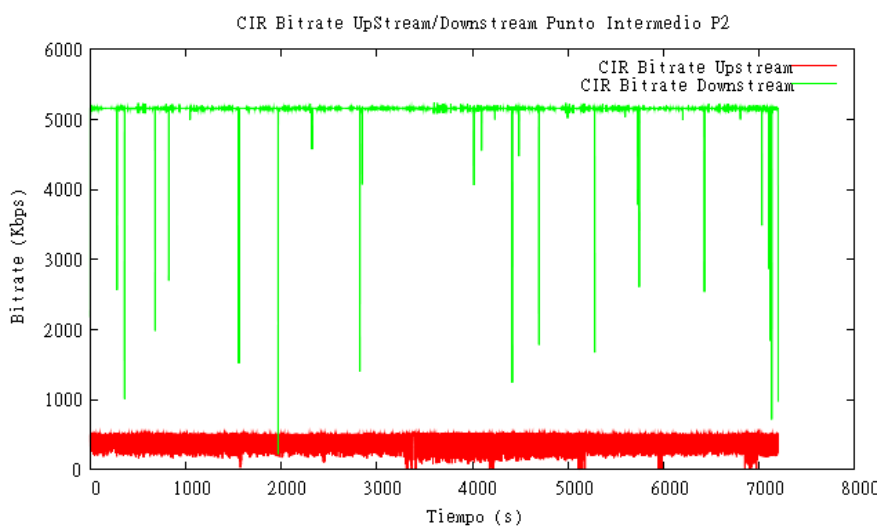


Figura 27: Bitrate Up/Down, CIR P2.

La variable “Bitrate” en relación al tiempo en el punto intermedio P2 muestra rasgos de inestabilidad, mantiene una estabilidad representativa con una pérdida de

velocidad del 19.7% en downstream y 39% en upstream, basado en el ancho de banda máximo en el punto de medición.

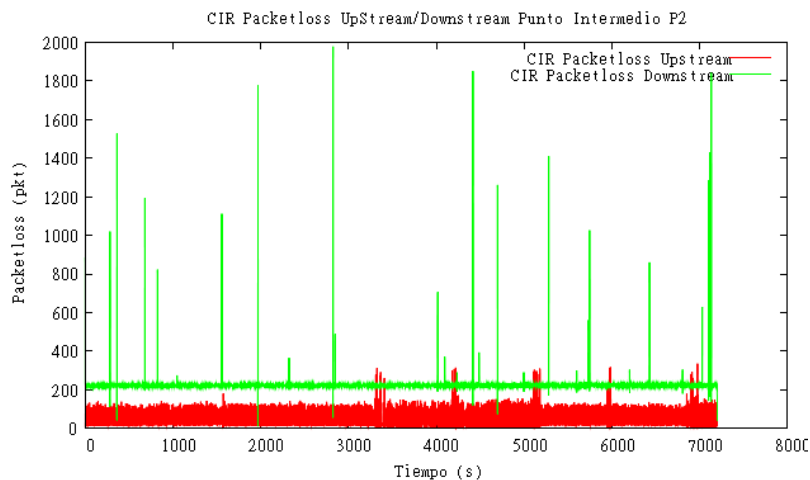


Figura 28: Packetloss Up/Down, CIR P2.

Los resultados de paquetes perdidos “Packetloss” reflejan que para el presente punto el porcentaje de pérdida para Upstream llega 35% y Downstream al 15% del total de paquetes enviados.

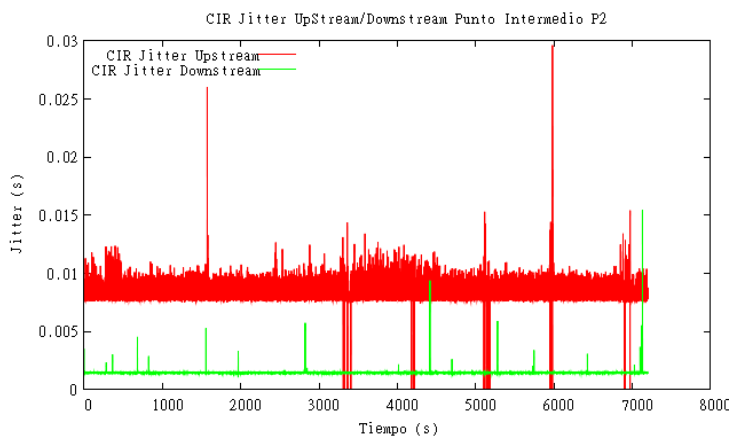


Figura 29: Jitter Up/Down, CIR P2.

Los resultados para el “Jitter” muestran una diferencia del 100% superior para el Upstream respecto del jitter en Downstream.

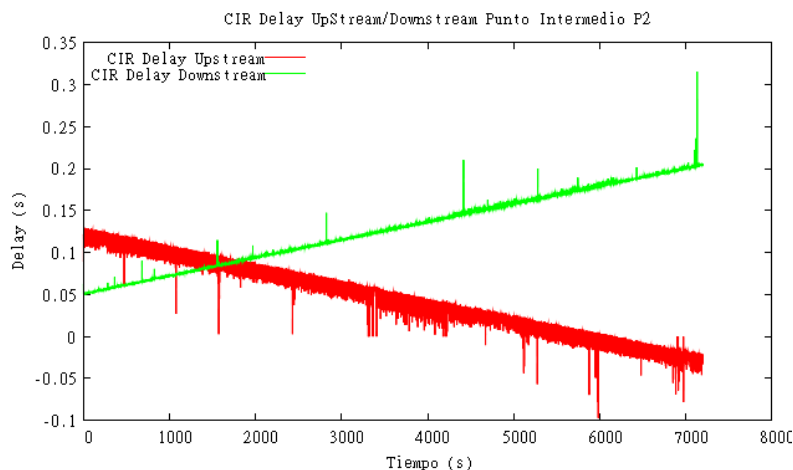


Figura 30: Delay Up/Down, CIR P2.

Los resultados del retardo calculado en OWD “Delay”, reflejan que la media resultante para Downstream es el 33% del retardo para Upstream, la figura muestra un incremento y decremento constante en la línea de tiempo en ambas direcciones con una desviación estándar de (0.046018s).

3.2.1.2.2 Resultados Basados en EIR – P2.

Para estos resultados las pruebas fueron ejecutadas incrementado en un 25% la carga del canal respecto al CIR inicial, en la Tabla 18 se muestra un resumen de resultados.

Tabla 18: Resumen de resultados EIR - OWD P2.

P2 – EIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	637 kbit/s	6405 kbit/s
BITRATE	379.76 kbit/s	5139.65 kbit/s
DELAY	0.045575 s	0.109182 s
JITTER	0.008383 s	0.001432 s
PACKETLOSS	657248 (49.61 %)	4306805 (32.28 %)

A continuación se presentan las gráficas separadas por variables de investigación en downstream y upstream para el Punto P2.

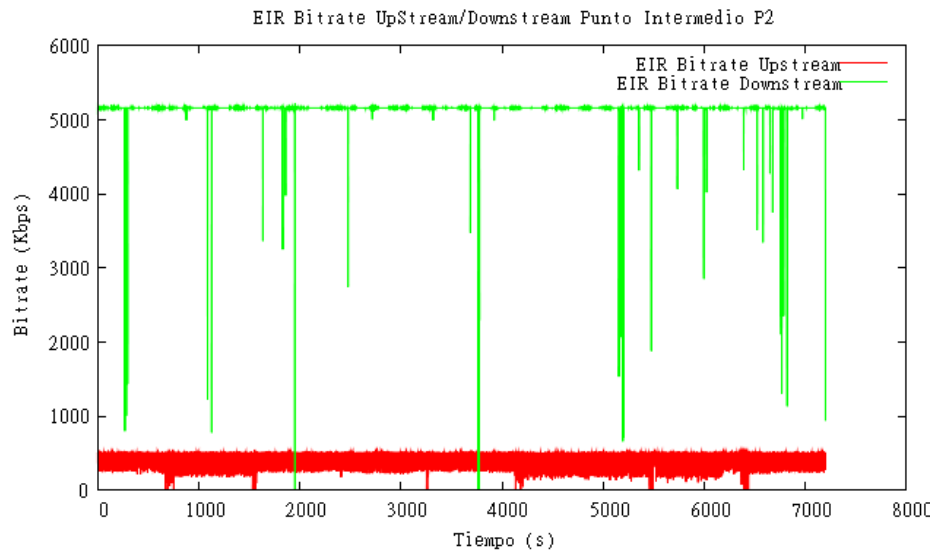


Figura 31: Bitrate Up/Down, EIR P2.

Resultados de velocidad de Bit “Bitrate” reflejan que en Downstream la velocidad del canal alcanza un 80% mientras que en upstream un 59.5%, se observa un leve reflejo de caída de velocidad en la línea de tiempo.

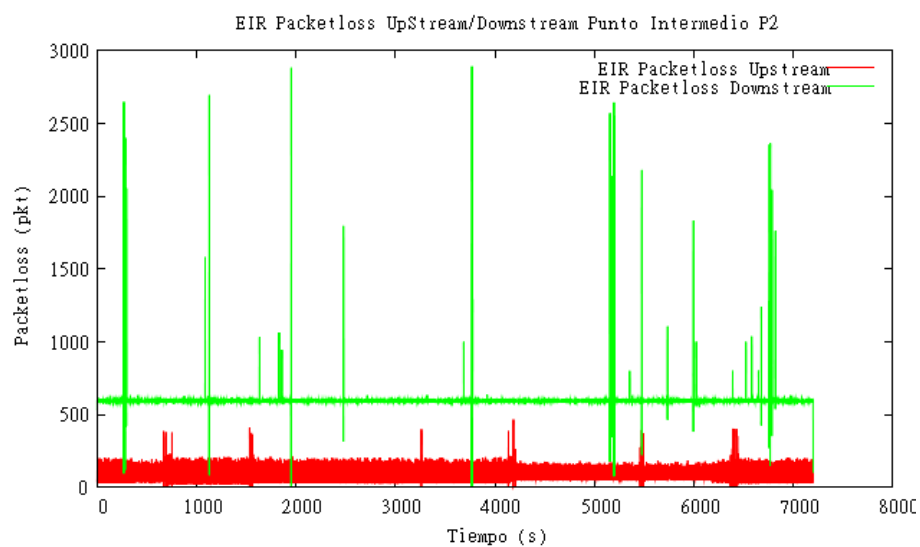


Figura 32: Packetloss Up/Down, EIR P2.

Para la pérdida de paquetes “Packetloss” en Downstream tenemos un 32% y 49.61% en Upstream del total de paquetes enviados.

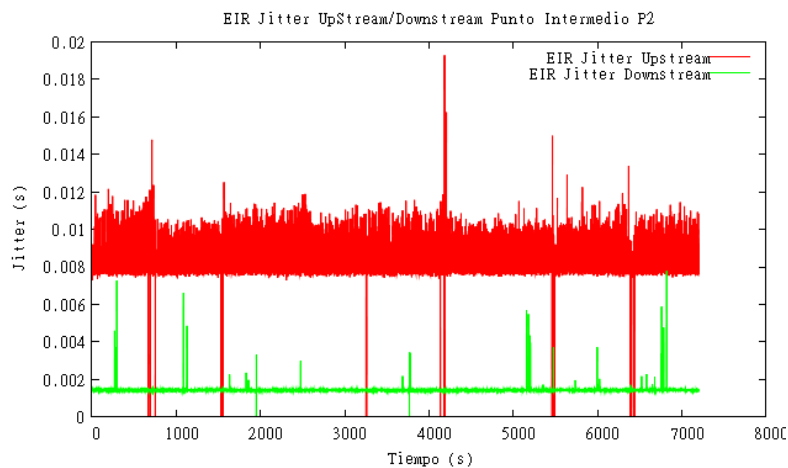


Figura 33: Jitter Up/Down, EIR P2.

Los resultados en “Jitter” muestran un rango más amplio de variación en Upstream el cual bordea los 10ms en relación a 1ms de downstream con una relación del 10%.

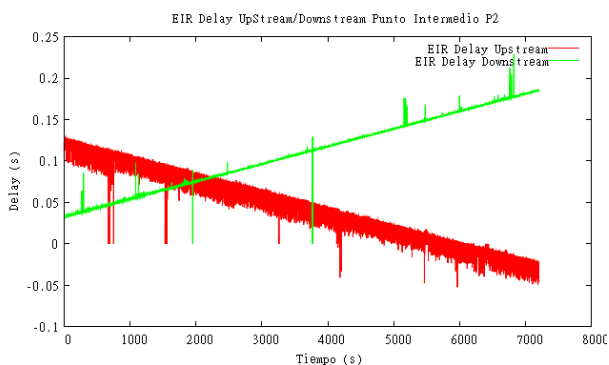


Figura 34: Delay Up/Down tiempo, EIR P2.

Los resultados en “Delay” reflejan una media 0.05s en Downstream respecto a 0.109 en upstream, se puede notar que ambas líneas en el tiempo incrementan y decremento respectivamente con una desviación estándar de 0.047s para ambas direcciones.

3.2.1.2.3 Relación de Resultados CIR- EIR P2.

Se realiza una comparativa de resultados para los registros obtenidos en CIR y EIR punto P2.

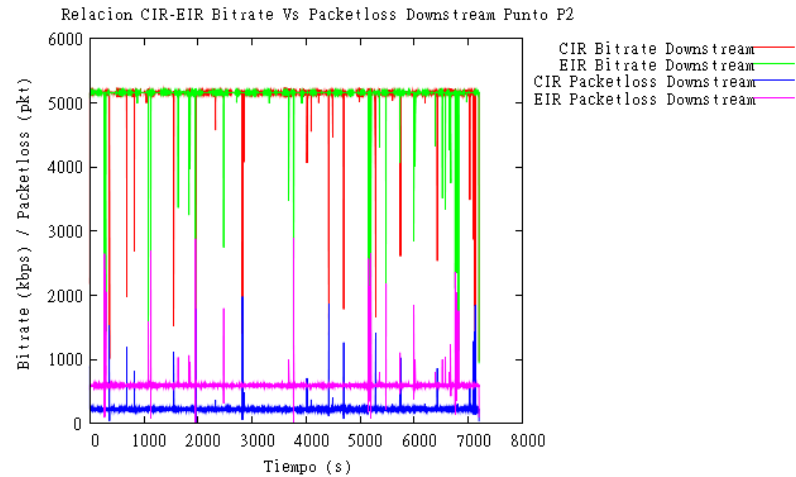


Figura 35: CIR-EIR Bitrate/Packetloss – Downstream P2.

Los resultados muestran que la velocidad tanto para CIR como EIR son constantes y relativamente similares, mientras que la relación en pérdida de paquetes varía consistentemente teniendo una diferencia porcentual de 100% en relación al total de paquetes enviados.

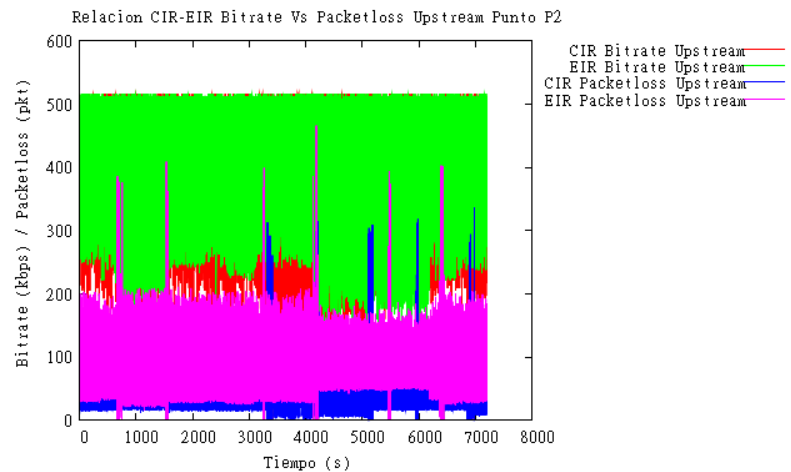


Figura 36: CIR-EIR Bitrate/Packetloss – Upstream P2.

Los resultados comparativos muestran que el nivel de pérdida de paquetes es superior cuando al canal se expone a una mayor saturación en este caso EIR, y en su defecto refleja alta consistencia en la subida de paquetes EIR.

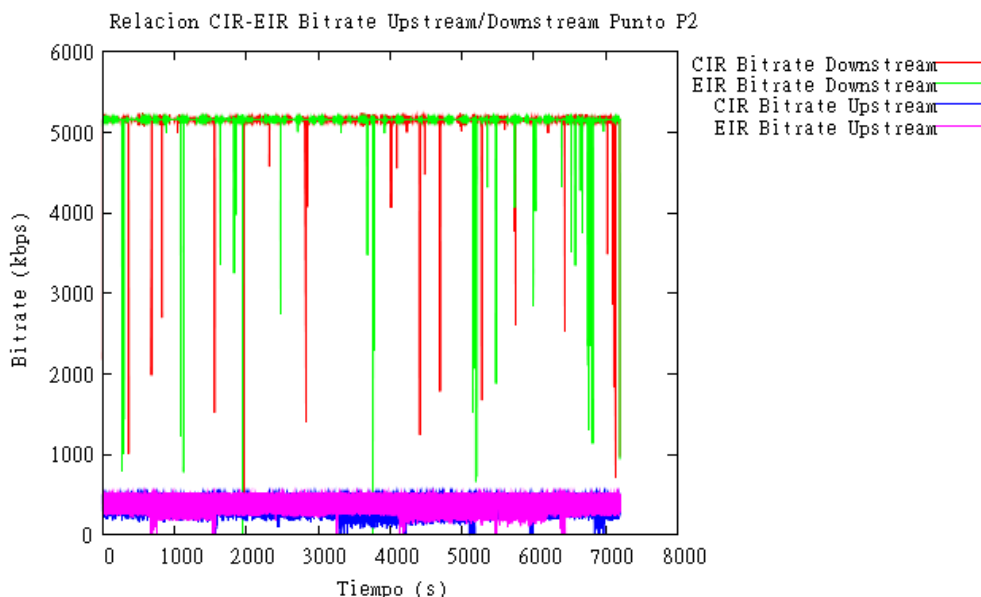


Figura 37: CIR-EIR Bitrate Up/Down en P2.

Los resultados basados en la velocidad, relacionando una carga CIR o EIR se muestran estrechamente similares en la línea de tiempo la diferencia sustancial está en la pérdida de paquetes generados por la carga EIR en el canal.

3.2.1.3 Resultado Punto Lejano P3.

El resumen de resultados basados en las pruebas de CIR y EIR para el punto lejano P3 con una duración de 15 minutos y 2 horas, las siguientes tablas representan resultados para cada interacción en “One Way Delay”.

3.2.1.3.1 Resultados Basados en CIR – P3.

El resumen de los resultados obtenidos para pruebas ejecutadas en el punto P3 a 3150m del distribuidor principal, en modo CIR, OWD se describe a continuación en la Tabla 19.

Tabla 19: Resumen de resultados CIR - OWD P3.

P3 – CIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	324 kbit/s	967 kbit/s
BITRATE	229.85 kbit/s	624.81 kbit/s
DELAY	0.175119 s	0.383396 s
JITTER	0.00454 s	0.010013 s
PACKETLOSS	135960 (25.18 %)	514427 (31.90 %)

En las próximas gráficas se representan los resultados de las pruebas en función de una línea de tiempo especificada de acuerdo a la metodología, se presenta de forma individual cada variable, en sus dos direcciones upstream y downstream.

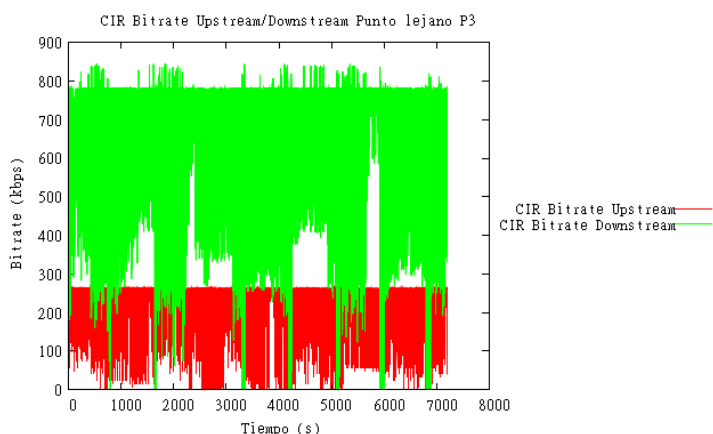


Figura 38: Bitrate Up/Down, CIR P3.

Los resultados para “Bitrate” muestran una reducción considerable en la velocidad de bajada, el rango de fluctuación para esta variable se ha incrementado

considerablemente y se muestra inestable con mayor énfasis en downstream de 780 kbps a 370 kbps, acercándose a velocidades de upstream.

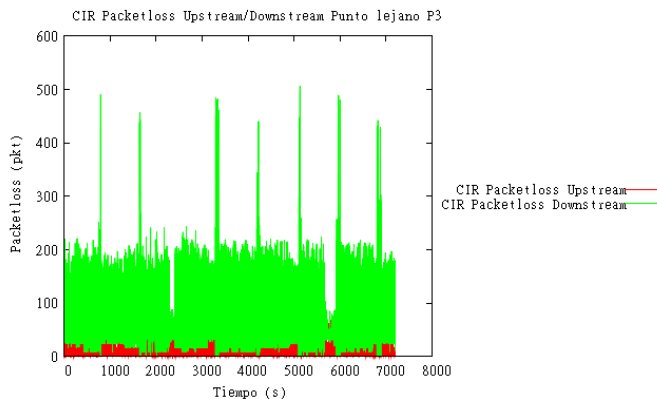


Figura 39: Packetloss Up/Down, CIR P3.

Para los resultados de “Packetloss” en contraste con los puntos anteriores medidos P1 y P2 existe un incremento que llega al 32% de pérdida en Downstream (100% incremento para CIR) a 25% en Upstream del total de paquetes enviados.

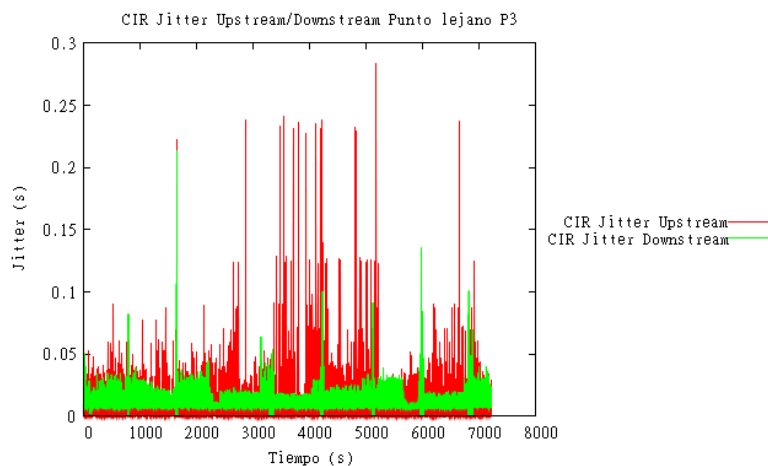


Figura 40: Jitter Up/Down, CIR P3.

En “Jitter” los resultados reflejan una alta inestabilidad del tiempo de retador entre paquetes para Upstream y downstream fluctúa de 0.01s a 0.28s,

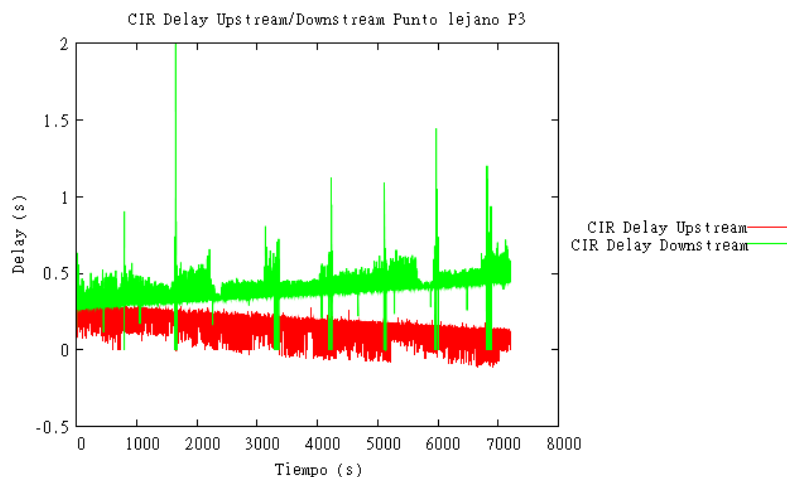


Figura 41: Delay Up/Down, CIR P3.

Para los resultados de “Delay” se muestran valores similares a 280ms con una fluctuación de 170ms a 500ms, presenta una desviación de 0.06s en la línea de tiempo en OWD.

3.2.1.3.2 Resultados Basados en EIR – P3.

Para las pruebas de EIR se ejecutaron con una carga de 25% adicional al CIR, a una distancia del distribuidor principal de 3150m, a continuación se presenta un resumen de resultados en la Tabla 20.

Tabla 20: Resumen de resultados EIR - OWD P3.

P3 – EIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	324 kbit/s	967 kbit/s
BITRATE	227.05 kbit/s	606.57 kbit/s
DELAY	0.159967 s	0.407223 s
JITTER	0.004652	0.010916 s
PACKETLOSS	277683 (41.03 %)	949701 (47.11 %)

A continuación se presenta la gráfica de los resultados en la línea de tiempo en variables individuales en relación al Downstream y Upstream.

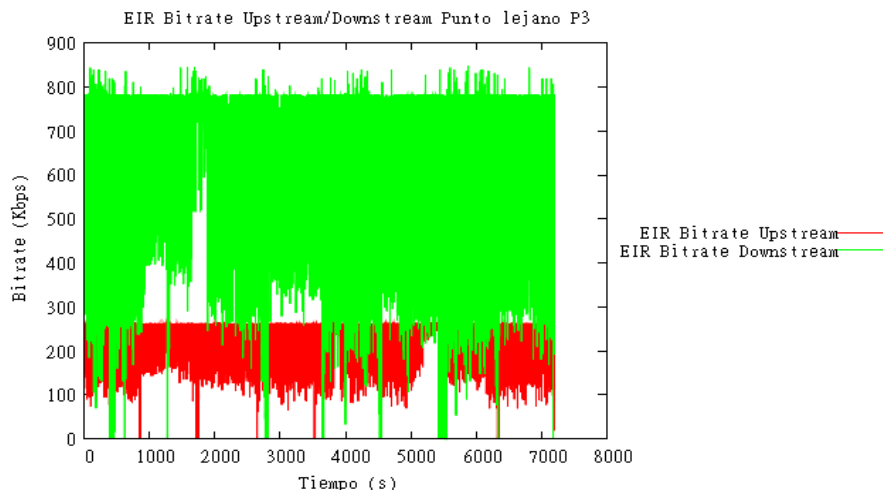


Figura 42: Bitrate Up/Down, EIR P3.

“Bitrate” con EIR muestran una caída de la velocidad en un 39 % en Downstream y un 30% en Upstream de total en capacidad del canal.

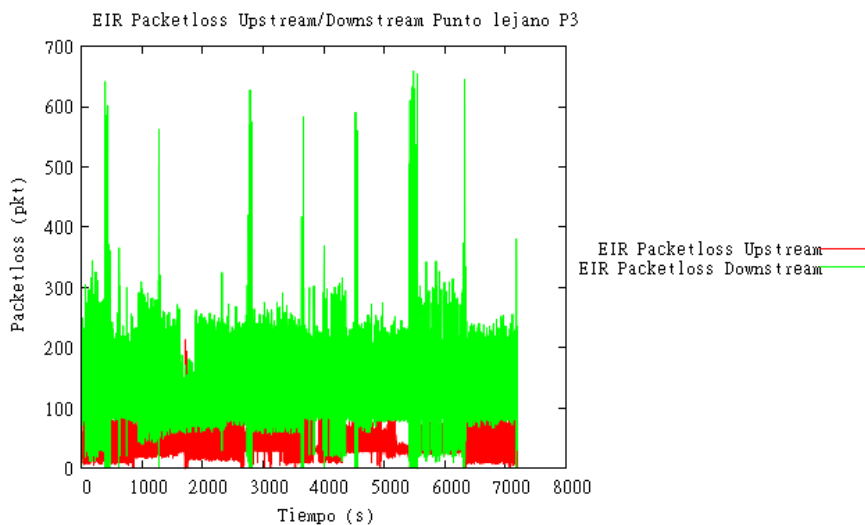


Figura 43: Packetloss Up/Down, EIR P3.

Para la pérdida de paquetes “Packetloss” se muestra que el porcentaje de pérdida del downstream en relación al Upstream se incrementó en 8%, teniendo alta cantidad de paquetes perdidos en ambas direcciones.

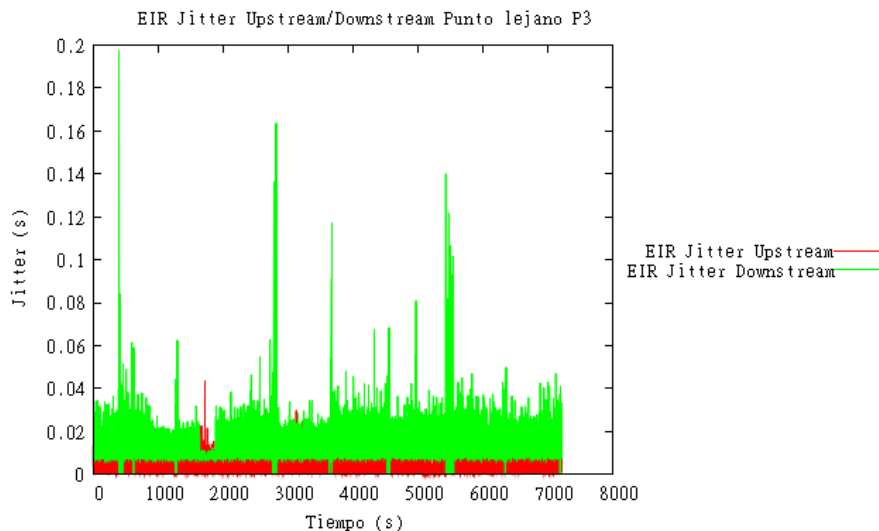


Figura 44: Jitter Up/Down, EIR P3.

Los niveles de “Jitter” se mantienen con una gran fluctuación en este punto en ambas direcciones, en un 50% superior Downstream versus Upstream.

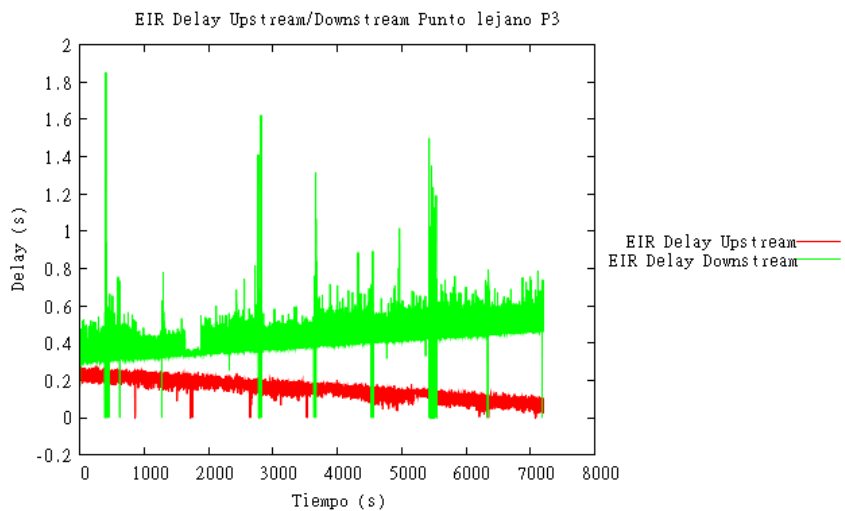


Figura 45: Delay Up/Down, EIR P3.

Los valores para “Delay” se muestran constantes en una media de 283ms para ambas direcciones con una desviación de 0.065s.

3.2.1.3.3 Relación de Resultados en CIR-EIR P3.

En las siguientes gráficas se muestra la relación existente para CIR-EIR del punto P3 evaluado.

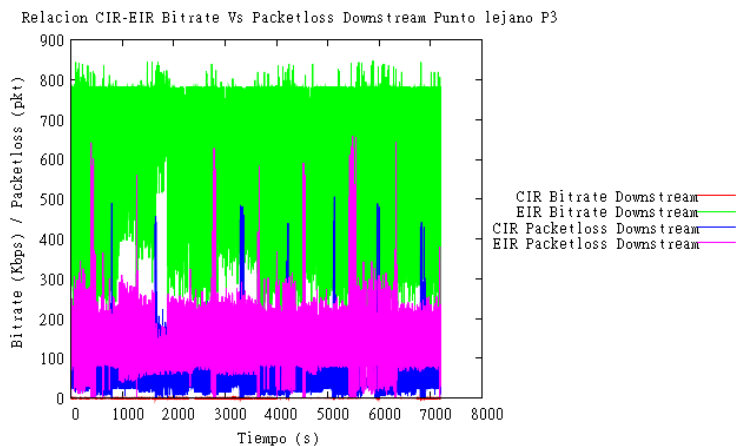


Figura 46: CIR-EIR Bitrate/Packetloss, Downstream- P3.

Los resultados muestran un decremento en un 2% de la velocidad de bajada en EIR con respecto al CIR, y un incremento en la pérdida de paquetes del 16% del EIR con respecto al CIR.

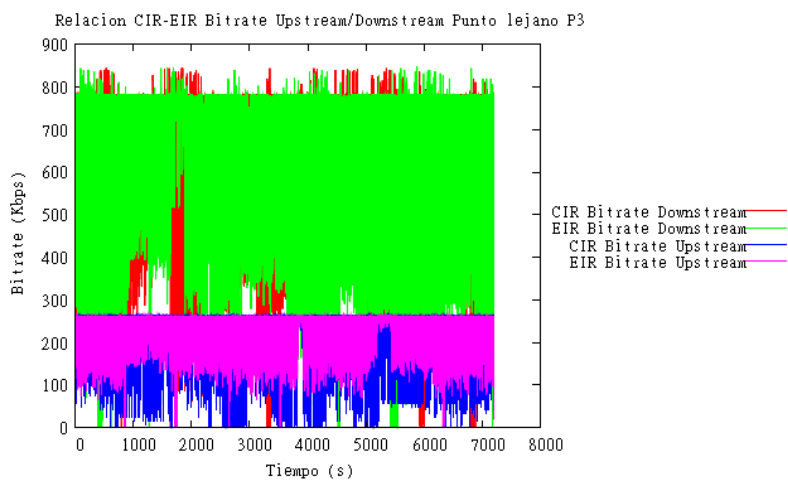


Figura 47: RCIR-EIR Bitrate/Packetloss, Upstream- P3.

Bitrate en Upstream se redujo en 1% en EIR respecto a CIR, y la pérdida de paquetes se incrementó en un 16% del EIR con respecto al CIR, esta pérdida de paquete con respecto al downstream son iguales en 16%.

3.2.1.4 Relación para Resultados P1, P2 y P3.

Para la valoración de resultados se realiza una comparación en conjunto de los tres puntos de investigación para las variables establecidas.

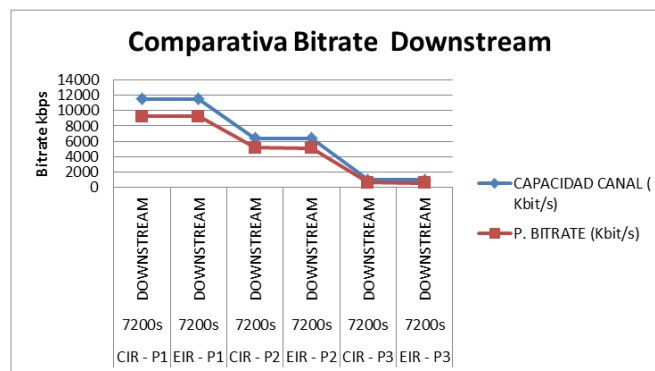


Figura 48: Comparativa Bitrate-Downstream.

Los resultados comparados para los tres puntos investigados muestran alta reducción de la velocidad respecto a la capacidad del canal en 19.65% para Downstream en el Punto P1 y finaliza en 32.4% de reducción para el Punto P3.

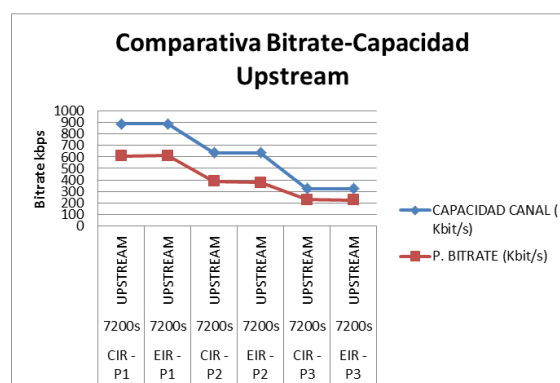


Figura 49: Bitrate Upstream-Capacidad del canal.

Los resultados comparados para los tres puntos investigados muestran alta reducción de la velocidad respecto a la capacidad del canal en 31.25% para Downstream en el Punto P1 y finaliza en 30% de reducción para el Punto P3.

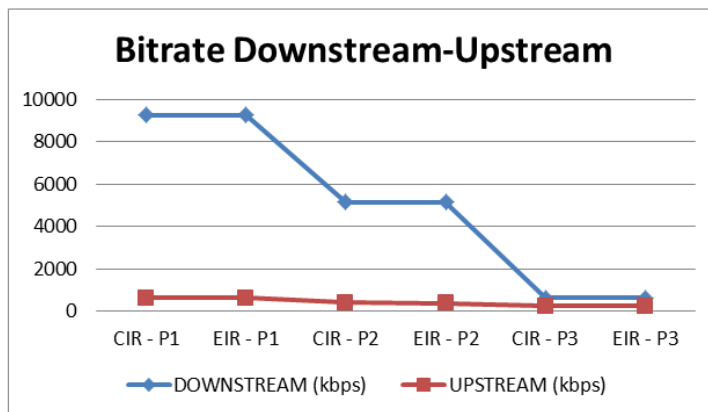


Figura 50: Bitrate Downstream-Upstream.

Los resultados comparados para los tres puntos investigados muestran alta reducción de la velocidad a medida que la distancia se incrementa, la reducción llega al 93.3% en Downstream y 37% en Upstream de P1 a P3 respectivamente en cada variable.

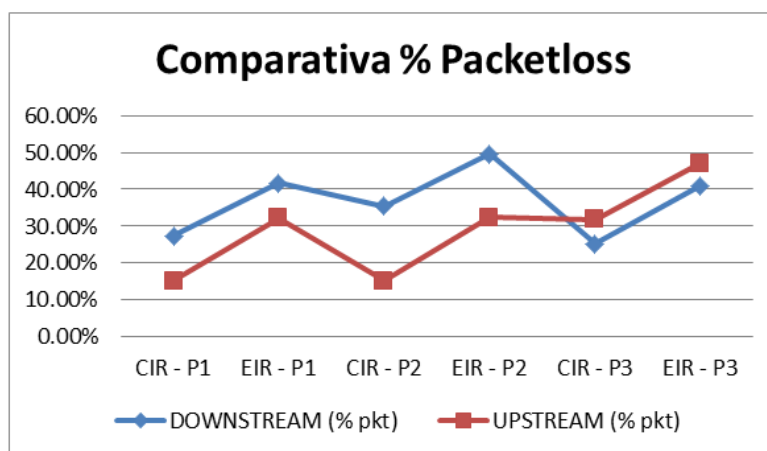


Figura 51: %Packetloss Downstream-Upstream.

El porcentaje de paquetes perdidos crece a medida que la distancia se incrementa, con un mayor reflejo sobre la carga de paquetes en EIR, se considera que los paquetes excedidos en su totalidad son descartados.

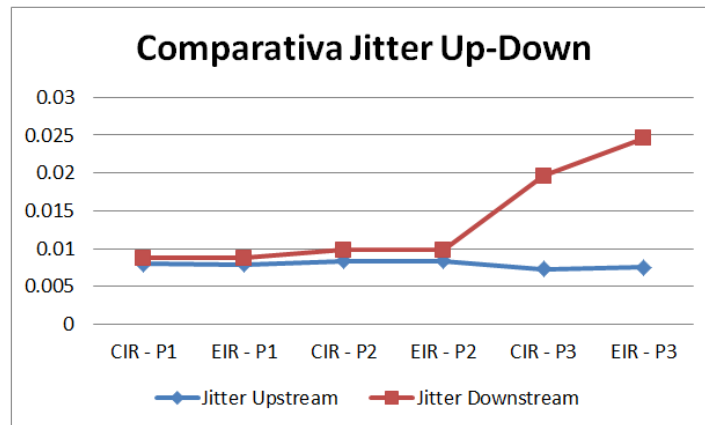


Figura 52: Jitter Downstream-Upstream.

Los valores de “Jitter” muestran un crecimiento leve y constante del P1 hasta el Punto P2, mientras que para el Punto P3 el valor se dispara en un 49% y en un 100% para EIR, causado por la caída de Velocidad e inestabilidad del enlace en este punto.

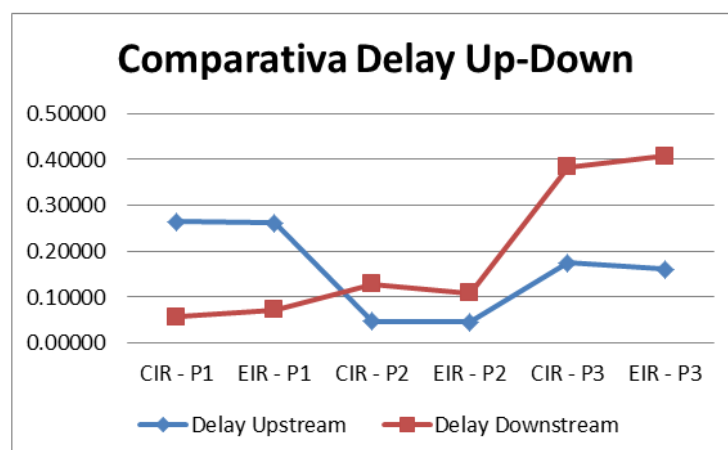


Figura 53: Delay Upstream - Downstream.

Los valores en Delay como a medida que la distancia se incrementa los retardos en los Paquetes son más altos para Downstream mientras que en upstream se mantiene constante.

3.2.2 Resultados Ambiente Simulado.

Para la presentación de resultados del ambiente simulado las pruebas son graficadas en el propio software de Opnet Guru Academic Edition, se muestran los resultados por cada escenario con un resumen general, para luego realizar una correlación de los resultados entre los escenarios investigados.

3.2.2.1 Resultados Simulación.

Los resultados para las pruebas del ambiente simulado son presentados en el siguiente resumen en cada uno de los escenarios como se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21: Upstream – Downstream Simulado.

ESCENARIO	UPSTREAM	DOWNSTREAM
ESCENARIO P1	1048 kbit/s	12568 kbit/s
ESCENARIO P2	554 kbit/s	5182 kbit/s
ESCENARIO P3	294 kbit/s	873 kbit/s

En las próximas gráficas se representan los resultados de las pruebas en función de una línea de tiempo especificada de acuerdo a la metodología, se presenta de forma individual sus dos direcciones upstream y downstream.

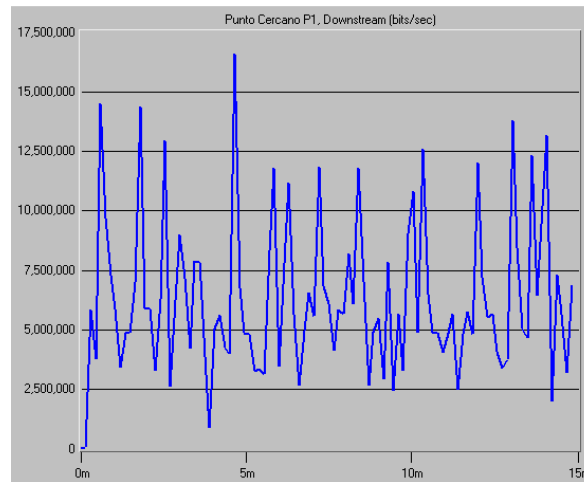


Figura 54: Escenario Simulado P1, Downstream.

Para los valores simulado a nivel de enlace en el P1 se estable que la velocidad máxima que alcanza la transmisión se considera la capacidad al que puede llegar la transmisión con este perfil de usuario. Llegando a un Bitrate de 12.5 Mbps. Se considera el tipo de transferencia exponencial a 30.

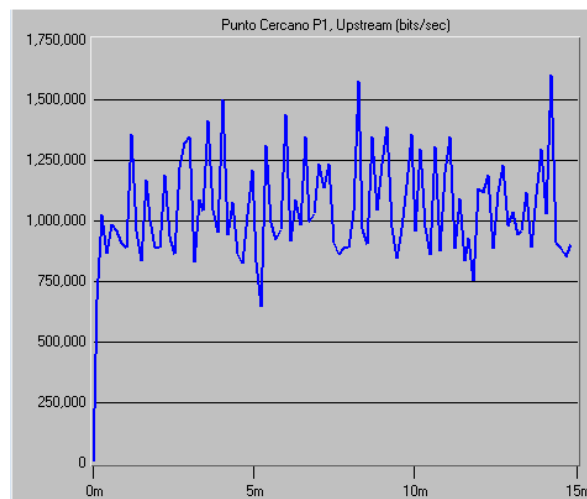


Figura 55: Escenario Simulado P1, Upstream.

Los valores en Upstream simulado muestran un comportamiento estable en los alcances de velocidad sobre 1 Mbps para el perfil aplicado en el Punto P1.

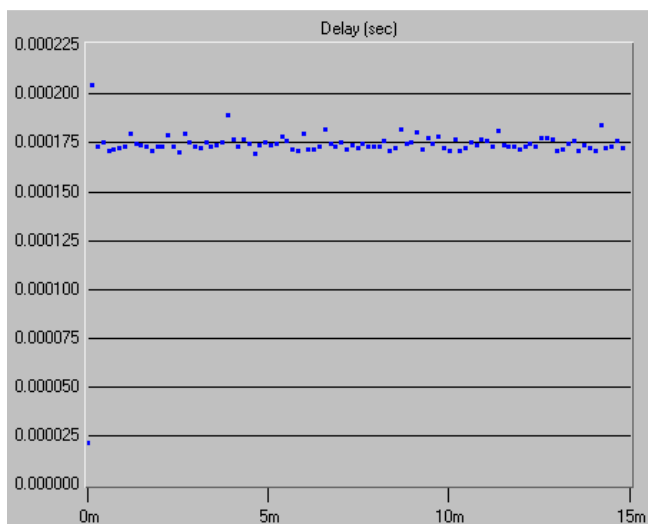


Figura 56: Escenario Simulado P1, Delay.

Para los valores en “Delay” representan el retardo entre envíos de bloques de paquetes para el escenario, considerando la carga en el canal se puede observar valores constantes en el retardo con un bajo Delay.

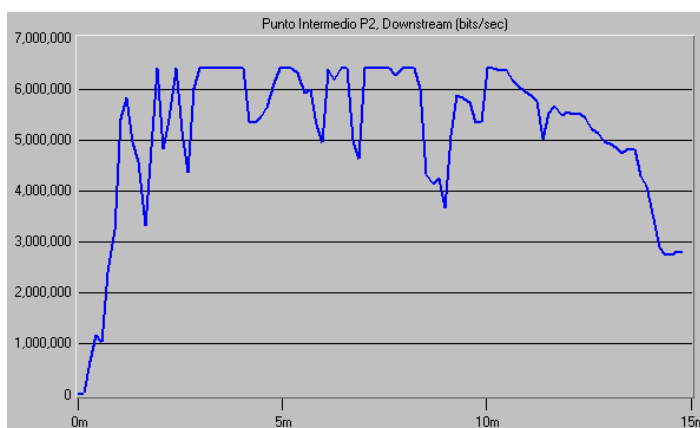


Figura 57: Escenario Simulado P2, Downstream.

Los valores en “Downstream para el Escenario P2 muestran velocidades que llegan al límite en la capacidad del canal, con una estabilidad del enlace, los valores que decaen están presentes debido a la estadística de envío de tramas establecido, uniforme (1.2).

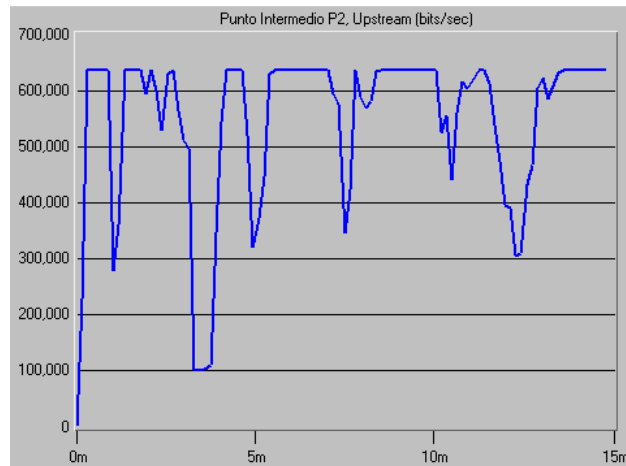


Figura 58: Escenario Simulado P2, Upstream.

Valores en “Upstream” muestran que en condiciones de simulación la velocidad de subida alcanza los límites de conexión establecidos para este punto, con los parámetros establecidos se observa leves intermitencia a baja velocidad que no comprometen el desempeño de la red.

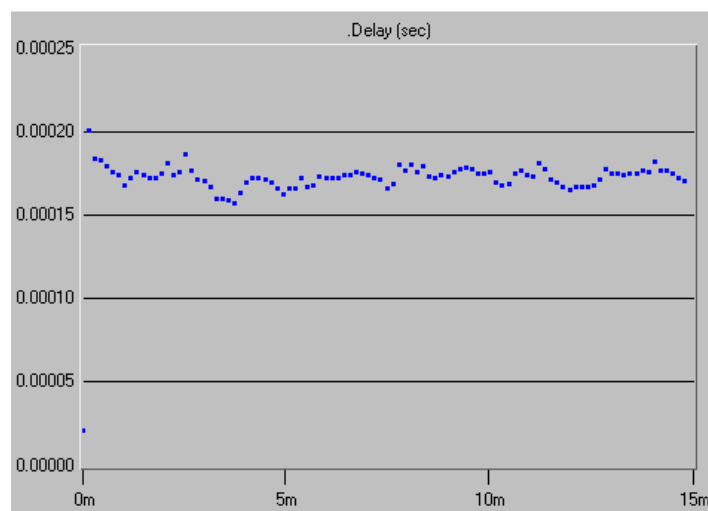


Figura 59: Escenario Simulado P2, Delay.

Los valores representados para Delay en el escenario P2 describen bajos valores en el retardo entre los frames enviados en el canal ADSL 2+,

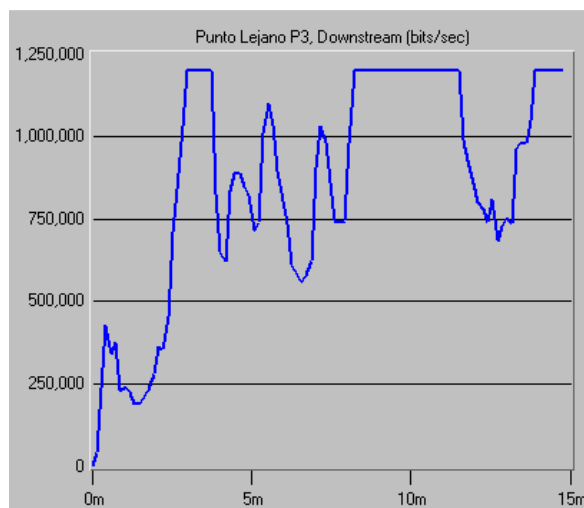


Figura 60: Escenario Simulado P3, Downstream.

Velocidades en Downstream para el Escenario P3 muestran bajos alcances en la velocidad de bajada con niveles de variación fluctuantes en $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ de la capacidad del canal, con picos de velocidad que superan 1 Mbps.

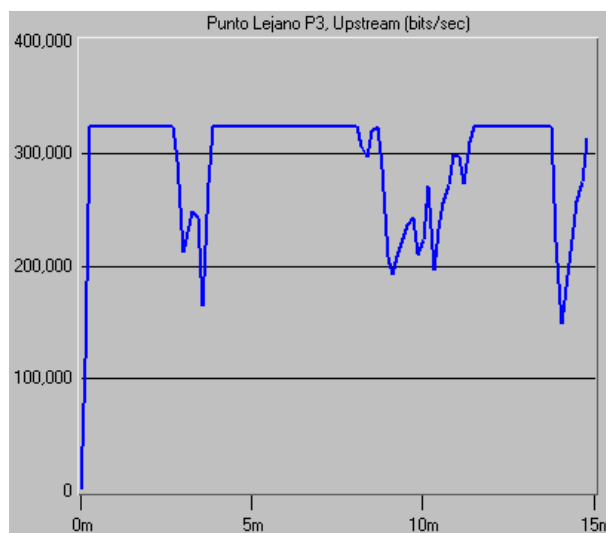


Figura 61: Escenario Simulado P3, Upstream.

Para velocidades en “Upstream” el enlace se comporta de forma estable a 320 kbps en subida con leves niveles de intermitencia que llegan al 30% de la capacidad total del canal.

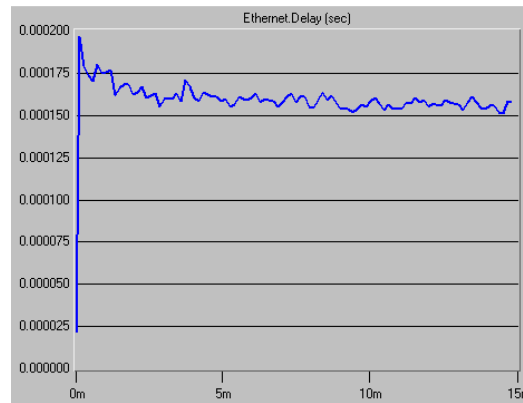


Figura 62: Escenario Simulado P3, Delay.

Los registros de retardo entre en el envío de paquetes para la presente simulación se muestran estables los niveles presentando picos ligeros de retardo en la transmisión.

3.2.3 Resultado Encuestas Aplicadas.

Las encuestas de satisfacción del servicio, fueron aplicadas a los grupos de usuarios de cada punto de investigación, basados en el total de muestras requeridas las cuales fueron planteadas en la Tabla 14 de la sección 3.1.4.1. A continuación se presenta los resultados individuales para cada elemento de la investigación, cada pregunta se encuentra agrupada para las tres áreas geográficas analizadas.

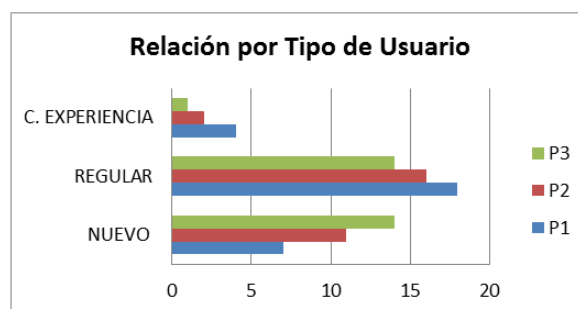


Figura 63: Resultado Encuesta - Tipo de Usuario

Los resultados basados en tipo de usuario, referencia a usuarios NUEVO los cual tienen al menos por un año el servicio, usuario REGULAR los cuales mantienen el servicio entre uno a dos años y los usuarios CON EXPERIENCIA aquellos usuarios por más de tres años. Los resultados nos muestran que los servicios de internet mediante ADSL se han incrementado en los Puntos Intermedio P2 y Lejano P3.

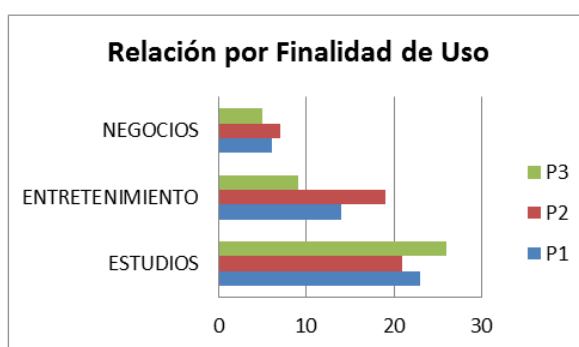


Figura 64: Resultado Encuesta - Finalidad de Uso

Los resultados derivados por la finalidad de Uso del servicio nos revelan que la utilidad del servicio obtenida por el usuario en los puntos de investigación prioriza los estudios con actividad principal seguida por el entretenimiento en las actividades secundarias y en bajo porcentaje el uso para negocios.

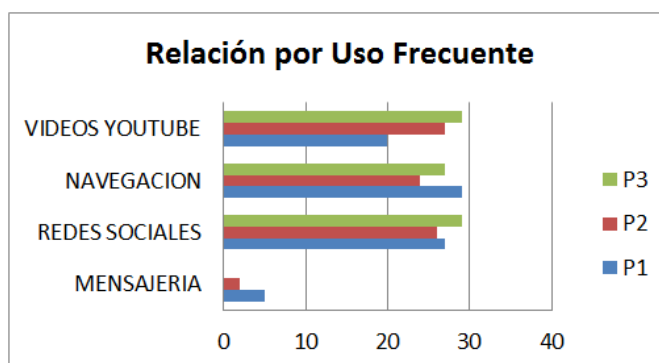


Figura 65: Resultado Encuesta - Uso Frecuente

Los Resultados basados en el uso frecuente hace referencia a la relación del tiempo invertido en determinada actividad mientras se ocupa el servicio segmentado para cada punto de investigación, revelando que existe una tendencia alta y similar del 90% para Navegación, Videos y Redes Sociales en los tres puntos investigados.

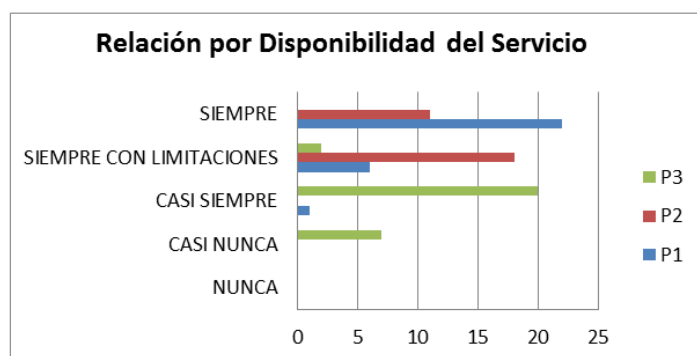


Figura 66: Resultado Encuesta –Disponibilidad.

La disponibilidad percibida por el usuario está caracterizado por lo que el usuario considera como una disponibilidad completa, y si esta se ha visto afectada cuando ha intentado utilizar el servicio. Los resultados revelan que los usuarios del Punto Cercano P1 perciben un alto nivel de disponibilidad con un 79%, en Contraste a un 0% de los Usuarios del Punto lejano P3.

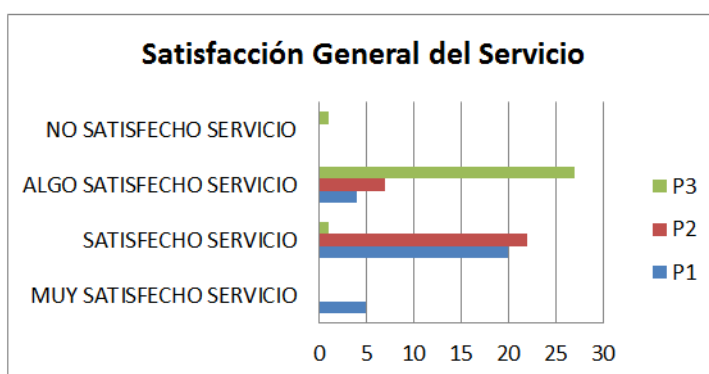


Figura 67: Satisfacción General del Servicio.

Los resultados de satisfacción general describen la calidad del servicio recibido por el usuario, nos muestra que La satisfacción de los usuarios se reduce en cada Punto de Investigación teniendo su punto más bajo P3 Lejano, donde el usuario de forma general se siente satisfecho de forma parcial mostrando una inconformidad con el servicio.

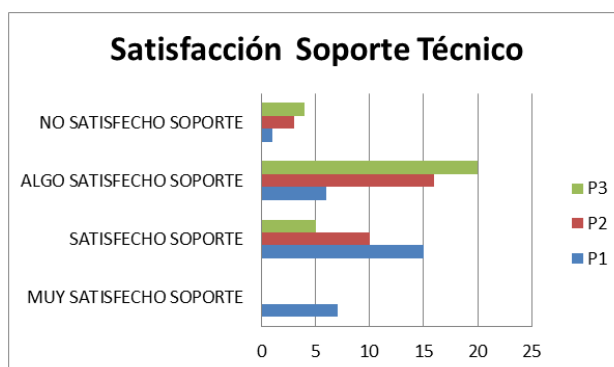


Figura 68: Satisfacción Soporte técnico

La Satisfacción por soporte técnico hace relación a la calidad del soporte para la solución de un problema por las diferentes vías, Telefónica, Web, Visita técnica, y el tiempo de respuesta para restablecer el servicio, los resultados revelan que los usuarios del punto cercano P1 en un 51% se sienten satisfecho en contraste con el 34% de satisfacción para usuarios lejanos del Punto P3.

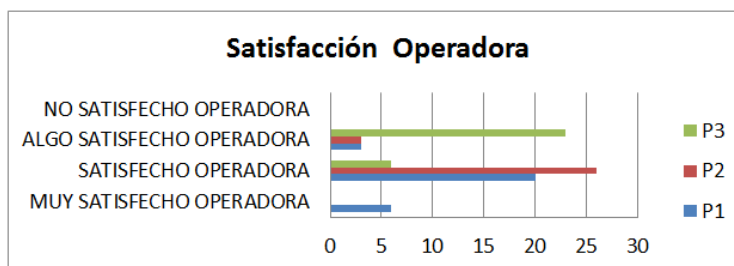


Figura 69: Satisfacción Operador de servicio.

Los resultados de satisfacción con la Operadora muestra la percepción que el usuario tiene respecto a la compañía prestadora de servicio de internet, de forma General se observa que los usuarios se encuentran satisfechos En los Puntos Cercano P1 e Intermedio P2 que va desde un 68% al 89%, mientras que para el Punto lejano P3 se existe una satisfacción parcial del servicio que llega al 79%.

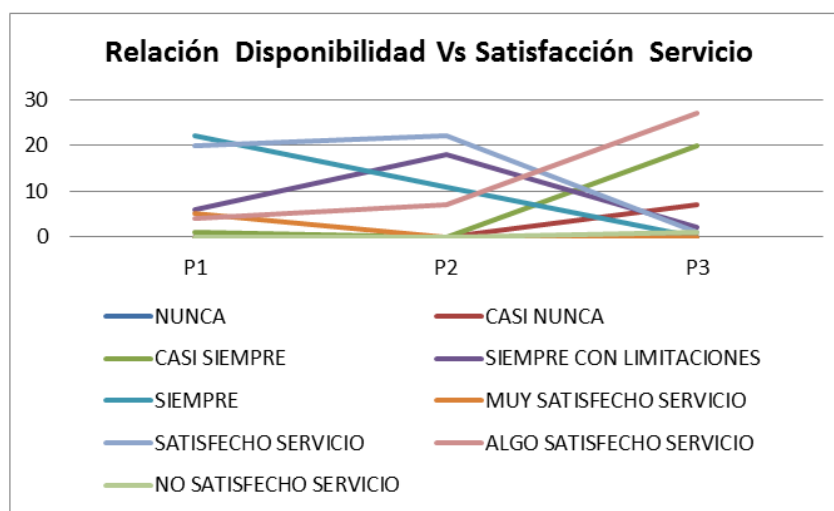


Figura 70: Disponibilidad Vs Satisfacción en el Servicio.

Basados en los resultados obtenidos se puede identificar que la satisfacción del usuario en el servicio recibido está ligado de forma directa al grado de disponibilidad percibido, como se muestra en la Figura 70, cuando se tiene alto el grado de disponibilidad el nivel de satisfacción crece, dando así valores de satisfacción aceptables para los Puntos Cercano P1 e intermedio P2, mientras que para el punto lejano P3 la disponibilidad baja de forma directa el grado de satisfacción se ve afectado.

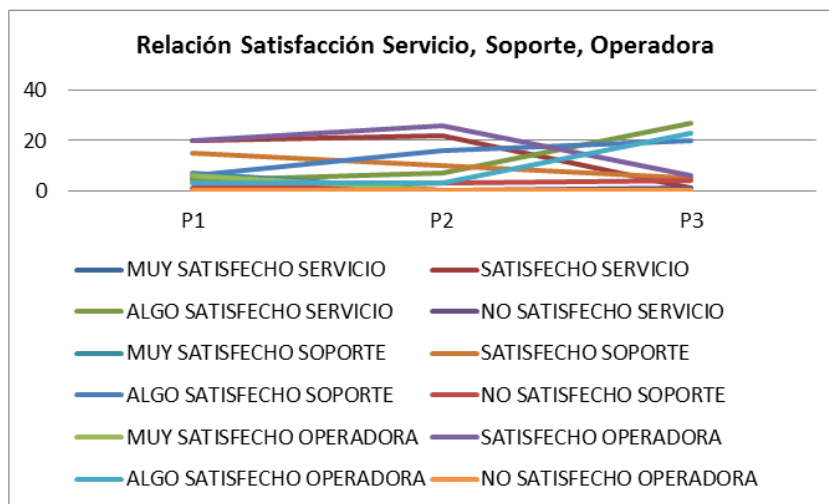


Figura 71: Satisfacción Servicio, Soporte y Operadora.

La satisfacción de los usuarios basados en la empresa prestadora del servicio tiene relación directa con el grado de satisfacción en el soporte y servicio recibido, como se muestra en los resultados el grado de satisfacción con la operadora se ve reducido cuando la satisfacción con el soporte y servicio decae, de P1(Cercano) a P3(Lejano).

3.2.4 Establecimiento de Relación en los Resultados.

De acuerdo a la metodología planteada, para el análisis de resultados, se establece la relación para el ambiente real y satisfacción del usuarios, ambiente real y resultados del ambiente simulado.

3.2.4.1 Relación Ambiente Real - Satisfacción del Usuario.

Para la identificación de relación existente entre la calidad del servicio basado en la velocidad del canal en cada punto y la satisfacción del usuario se realiza la representación de en la línea de distancia versus los niveles obtenidos. Satisfacción, Investigación.

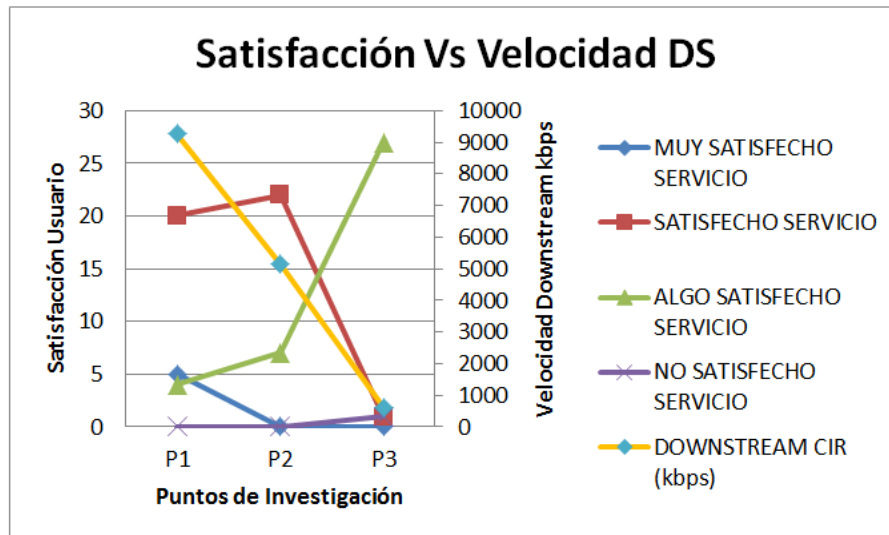


Figura 72: Satisfacción del Servicio Vs Velocidad Down.

La gráfica comparativa muestra que cada vez que la velocidad de red en un punto (Distancia Incremental) disminuye la satisfacción del usuario se ve afectada y su nivel de satisfacción también decae.

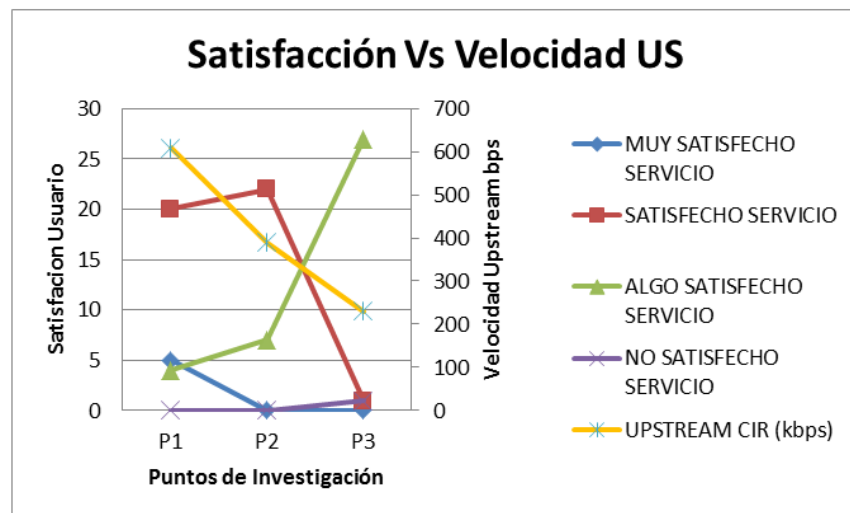


Figura 73: Satisfacción del Servicio Vs Velocidad Up.

La gráfica muestra un comportamiento recurrente al anterior, mientras que la velocidad disminuye el grado de insatisfacción aumenta en los usuarios.

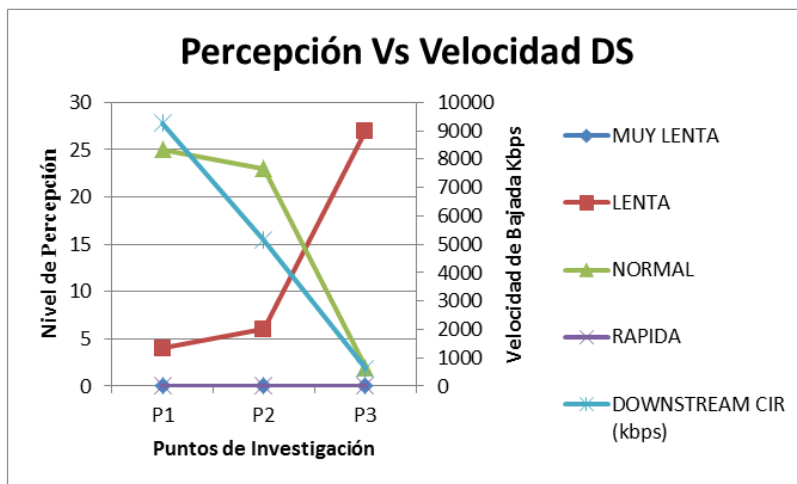


Figura 74: Velocidad Percepción Vs Downstream Ambiente Real.

La imagen en Downstream y Upstream muestra una clara valoración por parte del usuario respecto a la velocidad recibida, teniendo al punto P3 como punto de quiebre, donde la velocidad decae considerablemente.

3.2.4.2 Relación de Resultados Ambiente Real – Ambiente Simulado.

Para la relación de resultados en los ambientes real y simulado se ha considerado la presentación de gráfica en resumen de resultado para cada ambiente en los puntos y escenarios de investigación establecida.

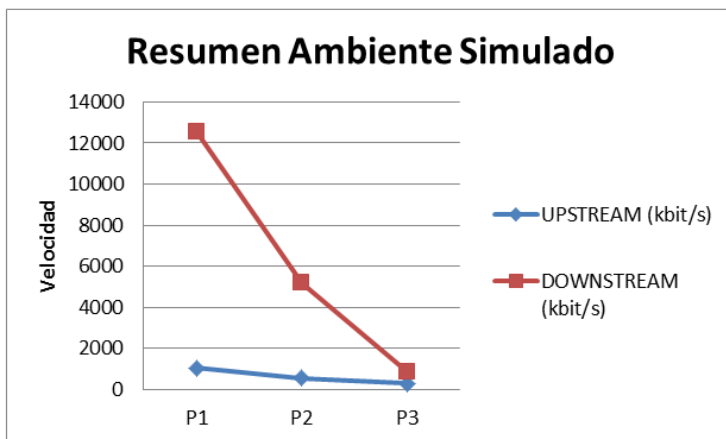


Figura 75: Ambiente Simulado – Upstream/Downstream.

La velocidad de bajada identificada para el ambiente simulado se encuentra por debajo de los niveles teóricos para el estándar pero mantiene las características del ambiente real sobre el cual se ha ejecutado.

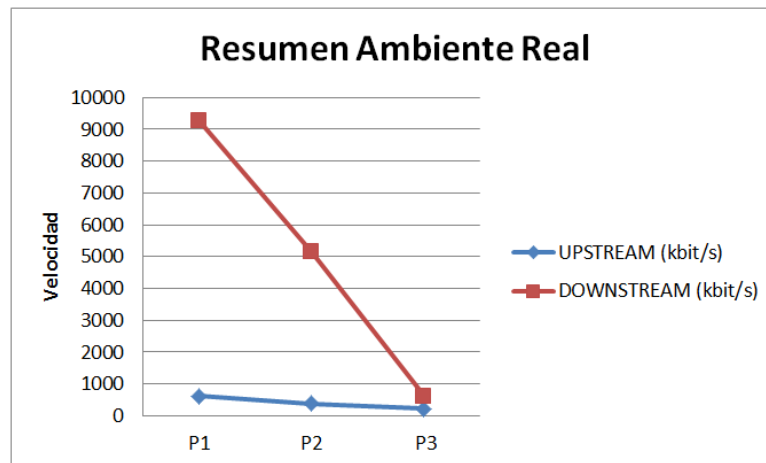


Figura 76: Ambiente Real – Upstream/Downstream.

Los resultados para el ambiente real en downstream y upstream muestran una fuerte caída de la velocidad para cada punto investigado en relación a lo supuesto para para las distancias alcanzadas.

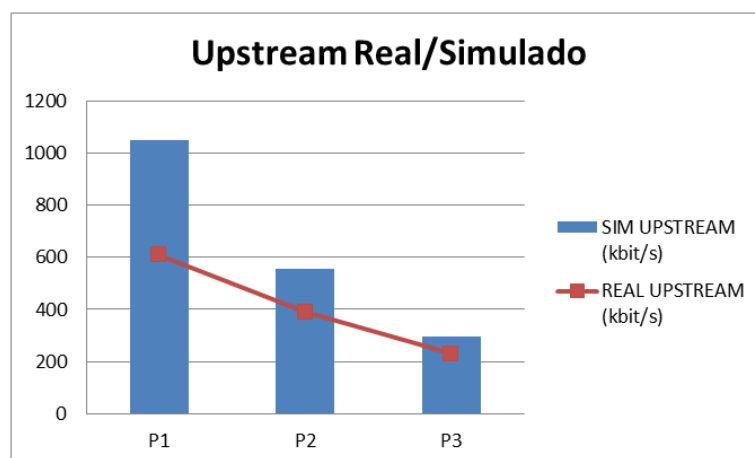


Figura 77: Resultados Real - Simulado Upstream.

Los resultados comparativos para el ambiente real y simulado en Upstream muestran una diferencia en casi 25% de la simulación respecto al ambiente real, obteniendo velocidad de subida superior a 1 Mbps.

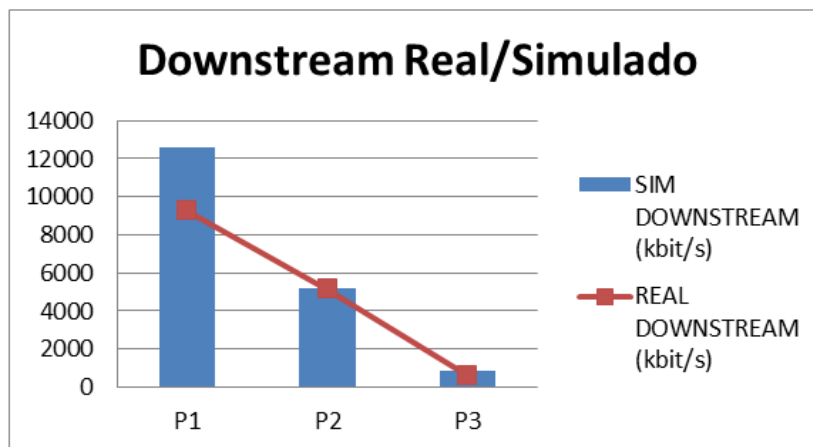


Figura 78: Resultados Real - Simulado Downstream.

La tendencia de la velocidad en simulación y ambiente real muestra ser similar a medida que la distancia crece, mientras que en el punto cercano P1 la velocidad de bajada mantiene una velocidad superior en 25% de la velocidad real.

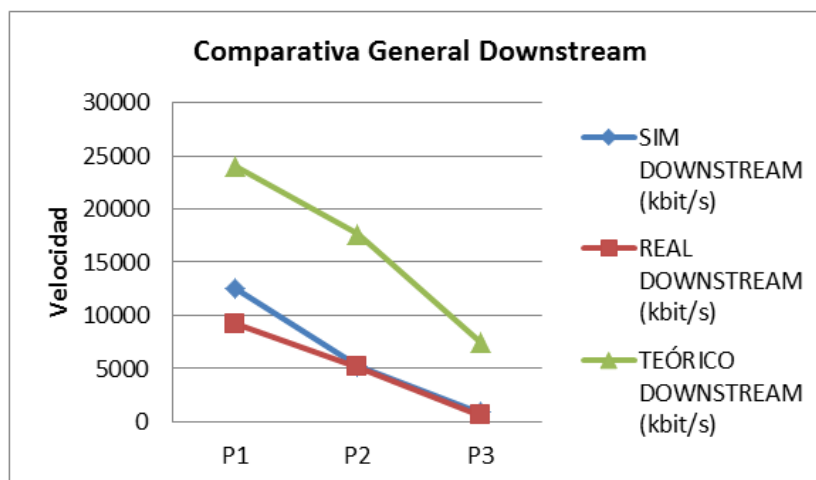


Figura 79: Comparativa General en Downstream.

La variación de la capacidad del canal para Downstream muestra una clara diferencia para los resultados de la simulación en referencia a los valores teóricos que aplican al Estándar G992.5 en la velocidad de bajada.

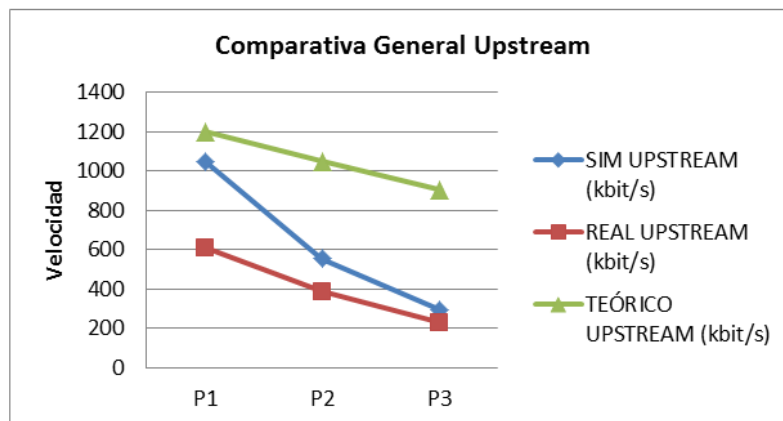


Figura 80: Comparativa General en Upstream.

El porcentaje en referencia a la variación de subida para el ambiente real y simulado muestran que la capacidad del canal en un ambiente real presenta una amplia diferencia de los valores teóricos establecidos.

3.2.5 Identificación de Hallazgos.

Una vez completado el proceso de la investigación en el presente proyecto, se ha podido establecer relaciones entre los elementos de estudio. Las cuales son presentadas a continuación.

- Las velocidades alcanzadas para el ambiente real se encuentran por debajo del estándar teórico para las distancias identificadas, aun cuando para el punto P1 y P2 se encuentran valores aceptables a nivel de usuario, fluctuando en un 30% de la capacidad registrada.

- El acceso a las tecnologías y la amplia difusión de Internet se ven reflejado en los usuarios, los cuales muestran un alto nivel al momento de emitir un juicio sobre el servicio que reciben, en este caso, la calidad de servicio percibida por los usuarios está acorde con los niveles de servicio del ambiente real, lo cual muestran el nivel de inmersión en la tecnología por parte de los usuarios.
- El sobredimensionamiento de los recursos de red para la provisión de servicios a usuarios masivos puede provocar una reacción adversa a la deseada, en los cuales puede verse afectada la imagen de la empresa y la calidad de los servicios prestados, por ende existen usuarios insatisfechos que buscan otras alternativas para los servicios requeridos.
- Para la prestación de nuevos de servicios sobre los recursos de red existentes, hay una gran limitación para los usuarios que superan los 2 Kilómetros en distancia desde la Central (P2) los cuales quedarían con limitación para el acceso, ya que el desempeño de la red es severamente afectado por la distancia, provocando un servicio de muy baja calidad.

Capítulo IV

4.1 Resumen de Resultados.

Una vez completado el proceso de evaluación de desempeño del estándar ITU G 992.5 en la red del cantón de Francisco de Orellana, se considera la presentación de una propuesta de mejora a la red actual, tomando en cuenta los puntos críticos identificados. La Tabla 22 siguiente muestra los resultados reales para cada uno de los puntos evaluados.

Tabla 22: Resultados Evaluación de desempeño Adsl2plus.

ENLACE	P1 280[m]	P2 1850[m]	P3 [3150m]
DOWNSTREAM	9276 kbps	5146 kbps	625 kbps
UPSTREAM	612.18 kbps	389 kbps	230 kbps

A continuación se describe el rango de cobertura de acuerdo al desempeño de la red basado en el ancho de banda para cada segmento.



Figura 81: Esquema de cobertura de la red actual.

4.1 Propuesta de Mejora.

En base a los resultados obtenidos en la evaluación de desempeño de la red de acceso se presenta una propuesta de mejora, la cual contempla la ampliación de la cobertura de alto desempeño para los segmentos de usuarios de la red identificados con problemas en el acceso, considerando los rangos de distancia que fueron evaluados en el Capítulo III, en la tabla a continuación se describen los niveles de cobertura basado en identificadores de color.

Tabla 23: Identificadores de nivel de cobertura.

Color Identificador	Descripción	Alcance desde el Nodo de Distribución [m]
Verde	Desempeño Alto	0 – 336
Amarillo	Desempeño Aceptable	337 – 2220
Rojo	Desempeño Bajo	2220 – 3780

Los valores de alcance se plantearon considerando un 20% adicional a las distancias registradas donde se realizaron las evaluaciones, la zona urbana mantiene una distancia de forma longitudinal de 4700m iniciando desde el distribuidor principal, el cual se encuentra en el borde Sur de la ciudad y teniendo como limite la vía de salida E45 al borde norte.

La propuesta de mejora, comprende hacer que en el mayor de los casos los usuarios accedan a la red de alto desempeño, en los casos más críticos puedan estar conectados a una red con desempeño aceptable (velocidad superior a 4 Mbps), para lo cual se considera la creación de nuevos nodos de acceso conectados por fibra óptica hasta el distribuidor principal.

En la Tabla 26 se describe la ubicación de los distribuidores secundarios en relación al Nodo de conexión y la distancia hacia cada punto.

Tabla 24: Nodos y Distribuidores Secundarios.

NODO	DISTRIBUIDOR SECUNDARIO	UBICACIÓN	D. DESDE NODO [m]	D. DESDE DP [m]
DP - CNT	D03	Eloy Alfaro y 9 de Octubre	50	50
DP - CNT	D01	Enrique Castillo y 9 de Octubre	715	715
DP - CNT	D7B	Dayuma y 9 de Octubre	1500	1500
P. AMAZONICO	105	Cuyabeno y 9 de Octubre	1325	2550
P. AMAZONICO	104	Huano y 9 de Octubre	765	3260
P. AMAZONICO	103	Rio Sumaco y 9 de Octubre	100	3725

El nodo identificado como “P. AMAZONICO” se encuentra enlazado al nodo principal “DP - CNT” mediante fibra óptica canalizada a través de ductos subterráneos, al momento dichos ductos se encuentran saturados por lo cual para los enlaces requeridos serán planteados sobre los postes que se encuentran en la calles.

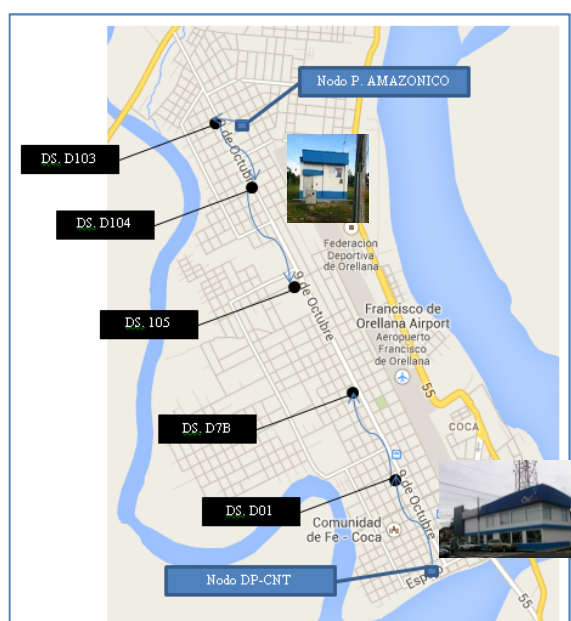


Figura 82: Descripción de Nodos y distribuidores secundarios.

4.2.1 Esquema de conexión para nuevos Nodos.

Para completar la cobertura en un nivel aceptable de desempeño se requiere la creación de 5 nuevos nodos, los cuales estarán ubicados en los distribuidores secundarios existentes, la siguiente figura presenta el diagrama de interconexión.

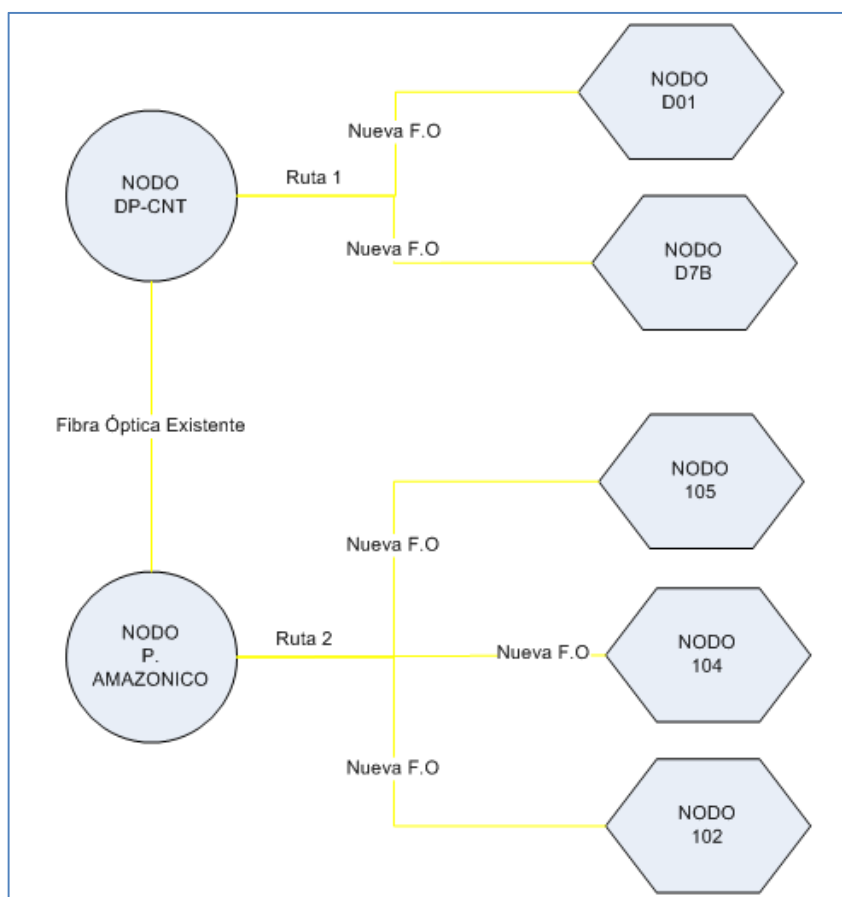


Figura 83: Esquema de interconexión de nuevos nodos.

Para el cableado de Fibra Óptica se ha considera dos rutas, cada una llevara fibra de 12 hilos del tipo ADSS G652D de 12 Hilos, con una distribución de 4 hilos por cada nodo, para cada nuevo nodo se ha considerado la separación del servicio de datos mientras que la voz seguirá enlazada a su distribuidor original, en la tabla siguiente se describe la ubicación de los nuevos nodos.

Tabla 25: Distribución de nuevos nodos.

NODO PRIMARIO	NUEVO NODO	UBICACIÓN	D. EL NODO [m]	D. EL DP [m]
DP – CNT	D01	Enrique Castillo y 9 de Octubre	715	715
DP – CNT	D7B	Dayuma y 9 de Octubre	1500	1500
P. AMAZONICO	105	Cuyabeno y 9 de Octubre	1325	2550
P. AMAZONICO	104	Huano y 9 de Octubre	765	3260
P. AMAZONICO	102	Borde y 9 de Octubre	850	4575

La Figura 84 representa el trazado de fibra óptica para los nuevos nodos, en cada nuevo punto se considera 30 m de respaldo en la FO.

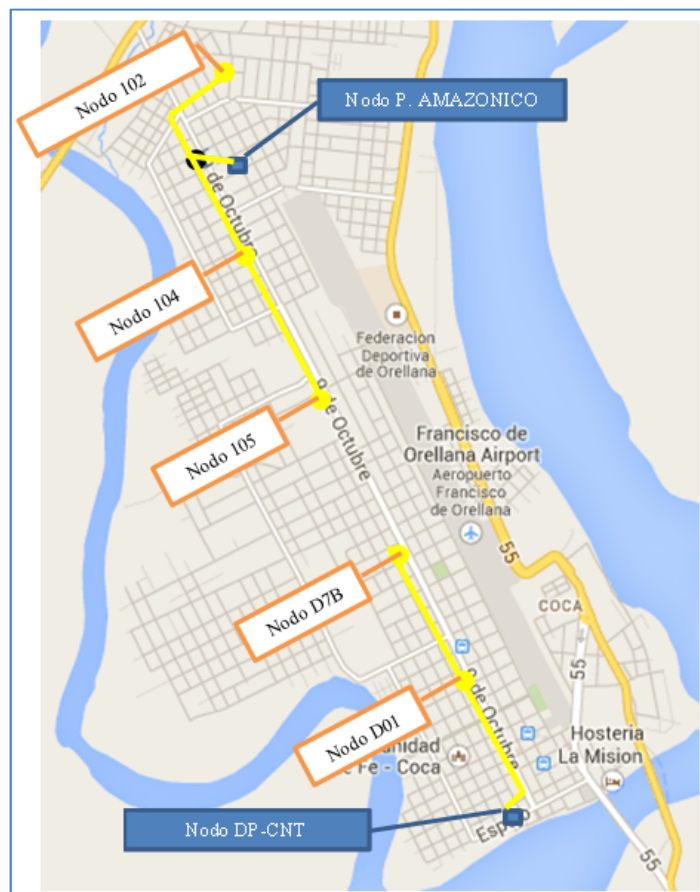


Figura 84: Trazado de Fibra Óptica para nuevos nodos.



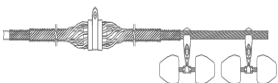
La longitud total del tendido de fibra óptica para los dos tramos identificados, ruta P. AMAZONICO nuevos nodos y DP-CNT es de 3825m como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 26: Longitud de fibra óptica para los tramos identificados.

NODO PRIMARIO	NUEVO NODO	Reserva [m]	D DESDE EL DP [m]
DP - CNT	D01	30	1560
DP - CNT	D7B	30	
P. AMAZONICO	105	30	1385
P. AMAZONICO	104	30	
P. AMAZONICO	102	30	880
TOTAL			3825

Para el tendido del cable de fibra se identificado la siguiente cantidad de herrajes requeridos para la instalación sobre los postes públicos.

Tabla 27: Herrajes para el tendido de fibra ADSS.

Herraje	Cantidad por sección	Cantidad de Postes	Total
herrajes de retención 	2	12	24
herrajes de suspensión 	1	52	52
Amortiguadores 	4	12	48

4.2.2 Equipamiento Requerido.

Para el equipamiento se considera la creación de cinco nuevos nodos, los cuales están destinados para la separación del tráfico de datos y voz, el dimensionamiento a nivel de DSLAM se plantea en base a la cantidad actual de usuarios por cada distribuidor secundario con una tasa de crecimiento del 5 % anual a 5 años, la siguiente tabla presenta la proyección de usuarios.

Tabla 28: Dimensionamiento DSLAM

NUEVO NODO	Usuarios Actuales	Usuarios Proyectados	Tarjetas de Abonado DSLAM Requeridas	MDF Splitter Braidless
D01	144	180	4 x 48 Puertos	4 x 96 Pares
D7B	135	169	4 x 48 Puertos	4 x 96 Pares
105	118	148	4 x 48 Puertos	4 x 96 Pares
104	97	122	3 x 48 Puertos	3 x 96 Pares
102	105	132	3 x 48 Puertos	3 x 96 Pares

El DSLAM seleccionado para los nodos es el Alcatel-Lucent 7330 ISAM FTTN, con una capacidad total de 384 puertos modular, la figura siguiente representa la conexión sobre el DSLAM de los módulos de Abonado ADSL para usuarios, las tarjetas procesadoras y Uplink.



Figura 85: DSLAM para nodos.

En la siguiente tabla se describe el equipamiento básico requerido para la activación de los nodos.

Tabla 29: Listado de materiales - activación de nodos.

Item	Equipamiento	Cantidad por Nodo	Total
1	7330 ISAM FTTN FD 5/10-slot remote 48V only, including GFC functionality and FAN unit. (DSLAM)	1	5
2	ISAM FD NT-I/O applique, 6 optical GE interfaces with TAUS itf, without SFP's (UPLINK)	1	5
3	ISAM FD High Capacity NT, 1 optical interface plus 1 electrical/optical interface without SFP's (Controladora, se deben utilizar 2)	2	10
4	ISAM FD L3 Central Office Line board MultiDSL/POTS with integrated splitter (48 lines) (tarjeta de abonado.)	D01 – 4 D7B – 4 105 – 4 104 – 3 102 – 3	18
5	ISAM FD Standard VDSL2/MultiDSL MDF Splitter Braidless Cable 96 pair (26 AWG) (Cable para conectar las tarjetas a las regletas)	D01 – 4 D7B – 4 105 – 4 104 – 3 102 – 3	18
6	Rectificador – Valere Power	1	5
7	Arreglo de Baterías 3 KVA	1	5
8	Rack de Piso de 2.2m 44U	1	5
9	ODF 12 Puertos	2	10
10	Climatización – LG 12000 btu	1	5

4.2.3 Presupuesto para la Mejora.

Para cubrir con el desarrollo de la mejora se ha planteado el presupuesto detallado en las siguientes tablas, el cual incluye el equipamiento activo y pasivo, no se ha considerado los costos de obra civil. Los valores representados fueron obtenidos de la lista de precios oficial para el operador de comunicaciones.

Tabla 30: Presupuesto para equipos en Nodo.

Item	Equipamiento	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	7330 ISAM FTTN FD 5/10-slot remote 48V only, including GFC functionality and FAN unit. (DSLAM)	5	346.59	1732.95
2	ISAM FD NT-I/O applique, 6 optical GE interfaces with TAUS itf, without SFP's (UPLINK)	5	78.44	392.2
3	ISAM FD High Capacity NT, 1 optical interface plus 1 electrical/optical interface without SFP's (Controladora, se Deben utilizar 2)	10	464.30	4643
4	ISAM FD L3 Central Office Line board MultiDSL/POTS with integrated splitter (48 lines) (tarjeta de abonado.)	18	556.39	10015.02
5	ISAM FD Standard VDSL2/MultiDSL MDF Splitter Braidless Cable 96 pair (26 AWG) (Cable para conectar las tarjetas a las regletas)	18	109.15	1964.7
6	Rectificador – Valere Power	5	475.15	2375.75
7	Arreglo de Baterías 3 KVA	5	350.12	1750.6
8	Rack de Piso de 2.2m 44U	5	220.31	1101.55
9	ODF 12 Puertos	10	382.18	3821.8
10	Climatización – LG 12000 btu	5	520,15	2600.75
			TOTAL	30398.32

La siguiente tabla presenta los costos relacionados a la fibra óptica y herrajes requerida para la activación de los nodos.

Tabla 31: Presupuesto para fibra óptica y herrajes.

Item	Equipamiento	Cantidad por sección	Costo Unitario	Costo Total
1	Fibra Óptica ADSS G652D	3825 m	3.56	13617
2	herrajes de retención	24	4.5	108
3	herrajes de suspensión	52	2.7	140.4
4	Amortiguadores	48	6.25	300
			TOTAL	14165.4

El costo presupuestado para la mejora llaga a un total de **44563.72 USD**.

4.2.3 Diagrama final de cobertura.

Como resultado de la aplicación de las mejoras se considera obtener un incremento considerable en el desempeño de la red de acceso, reducción en las solicitudes de soporte y sobre todo mejora en la percepción del cliente respecto al servicio recibido.

En la siguiente figura se presenta el esquema actual de cobertura marcado en niveles de desempeño para la red de acceso ADSL2plus.

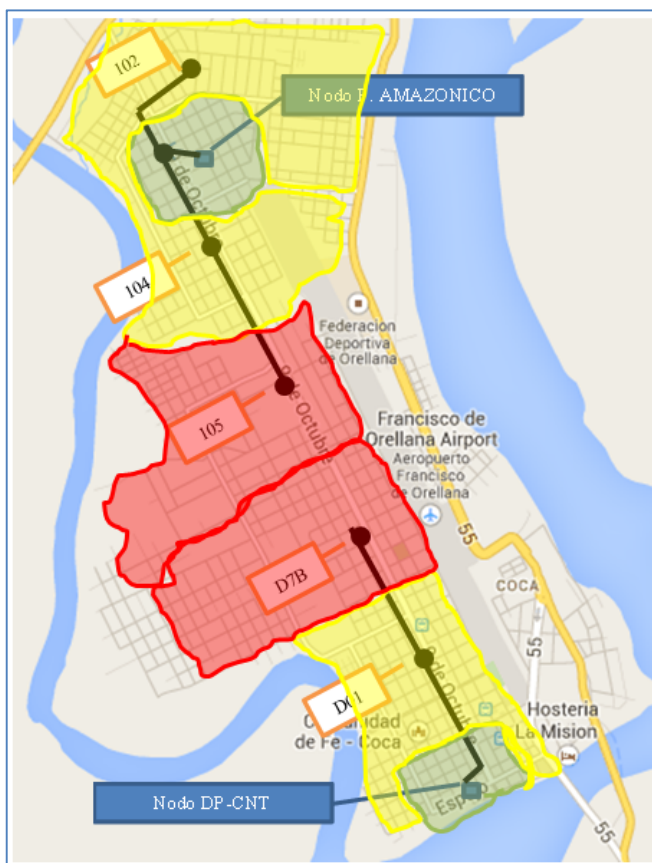


Figura 86: Cobertura red actual Francisco de Orellana.

La Figura 86 describe el mapa de cobertura para clientes ADSL, las áreas donde no se encuentra marcadas al momento no es ofrecido internet por esta vía, los

usuarios utilizan medios alternativos como acceso a internet mediante planes celulares, etc.

A continuación se presenta el esquema de cobertura esperado una vez que se apliquen las recomendaciones de mejoras para la red de acceso del Cantón, incrementando los nodos e interconectándolos mediante fibra óptica.

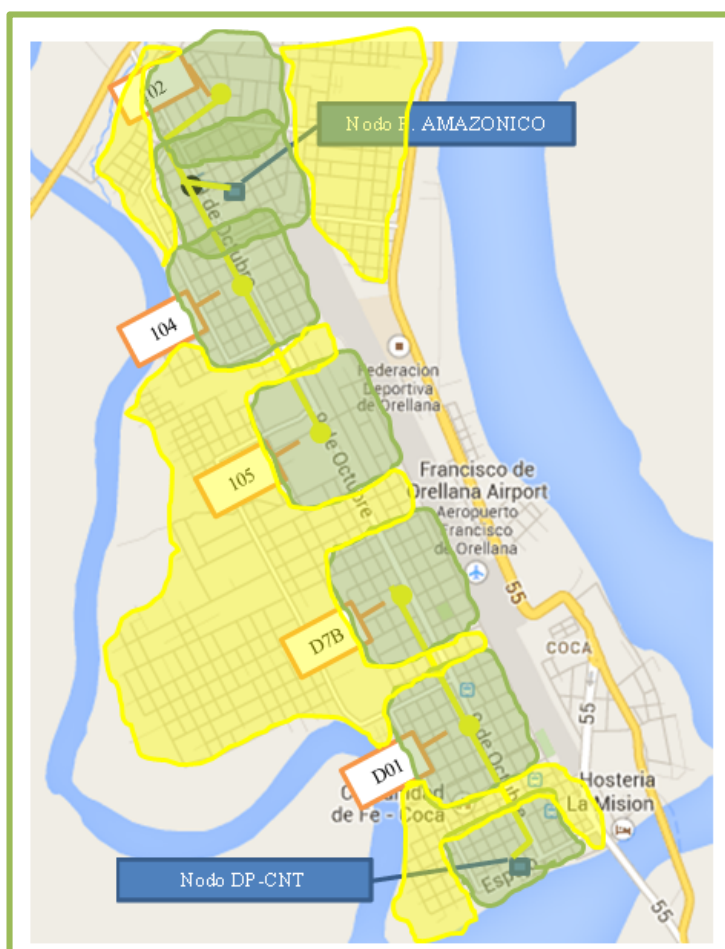


Figura 87: Cobertura prevista aplicando propuesta de mejora.

La Figura 87 muestra el mapa de cobertura esperado una vez implementado la propuesta de mejora, se estima que todos los usuarios gocen de servicios de banda ancha garantizando velocidades superiores a los 4 Mbps de bajada y 600kbps de

subida de acuerdo a los resultados de desempeño obtenidos en el Capítulo III de la presente investigación.

Capítulo V

5. Conclusiones y Recomendaciones.

5.1 Conclusiones.

- El desempeño del estándar G.992.5 (ADSL2plus) en la red del cantón para los puntos evaluados (cercano P1 e intermedio P2) en el rango de 2.2 Km, mantiene un nivel aceptable de velocidad y disponibilidad aun cuando se encuentra por debajo del estándar con una reducción de casi el 60%, pero existe un contraste con respecto al punto P3 lejano, el cual muestra limitaciones en el acceso y un desplome en la velocidad del enlace que llega al 90%, este efecto se encuentra relacionado con la percepción del usuario respecto a la calidad del servicio, la cual muestra un alto nivel de insatisfacción.
- La proyección de uso de nuevos servicios sobre las redes actuales muestra un incremento del 5% como tendencia anual para el acceso ADSL nacional, además existen proyectos en camino para el cambio del acceso a fibra óptica (FTTH), con lo cual se considera una gran cantidad de aplicaciones para cubrir servicios integrados como triple play y nuevas tecnológicas.
- Los resultados del ambiente simulado muestran rasgos en velocidad cercanos a los obtenidos en el ambiente real, considerando que se han introducido valores características similares a los evaluados, la diferencia considerable se encuentra en el punto P1 con una velocidad superior en 25% al ambiente real.
- Los resultados de las pruebas en el ambiente real muestran una severa afectación por parte del factor distancia, considerando que aunque el punto

P1 cercano tienen un buen rendimiento su capacidad a esta distancia ya se ha reducido en un 60% del total de la capacidad teórica del estándar, terminando en el punto Lejano P3 con una reducción del 90% del total teórico del estándar, además se observaron valores estables para el punto P1 y P2 a un rango de 2.2 Km.

- Los niveles de satisfacción respecto al servicio recibido a través de la línea DSL son percibidos claramente por parte del usuario, considerando el estudio de campo, se observó un nivel de satisfacción aceptable para los puntos P1 y P2 donde el servicio tiene una mayor disponibilidad y velocidad, mientras que para los usuarios del punto P3 se refleja que los niveles de insatisfacción crecen lo cual va ligado al desplome de la velocidad para este punto, debido a factores relacionados principalmente por la disponibilidad y velocidad del enlace y en menor proporción por el soporte a usuarios los niveles de satisfacción tienen una mayor afectación.
- Existe una clara relación entre el nivel de satisfacción del usuario para los puntos evaluados y la velocidad del enlace, el mismo que decae a medida que la velocidad y disponibilidad también se reducen. Además presenta una relación entre la calidad recibida mediante ADSL y el grado de satisfacción por parte del usuario, ya que el nivel de satisfacción es superior donde la calidad y disponibilidad son altas (P1/P2) y en su defecto hay un alto número de usuarios insatisfechos donde la calidad y disponibilidad es limitada (P3).

5.2 Recomendaciones.

Se plantean recomendaciones respondiendo a los puntos de mejora identificados como son: Desempeño del enlace de red, Satisfacción del usuario y Calidad del Servicio.

- Con respecto al Desempeño del enlace de red: Para el establecimiento del alcance de la red secundaria en los extremos de los distribuidores, se recomienda establecer los niveles de disponibilidad y capacidad mínimos para la operación, con lo cual se garantiza el servicio y no se corre riesgo de incertidumbre al no saber la performance en el sitio.
- En relación a la satisfacción del usuario: En base a los resultados de la investigación se considera indispensable que los servicios de telecomunicaciones que sean ofrecidos a un segmento de usuarios sean validados previos a la entrega para garantizar la calidad la calidad mínima de servicio ya que al no hacerlo se tienen usuarios insatisfechos los cuales no confían en la empresa operadora y buscan nuevos proveedores de servicio.
- Con respecto a la calidad: Para la provisión de servicios adicionales sobre la red actual es recomendable considerar que para los Puntos P1 y P2 lo valores son aceptables mientras que para el Punto P3 el performance está por debajo de los estándares mínimos, por lo cual se recomienda aplicar la propuesta de mejora descrita en el presente documento, con lo cual el nivel de calidad y la percepción por parte del usuario se incrementaran llegando a niveles aceptables en toda la cobertura de la red.

4.3 Bibliografía.

- A. Botta, A. D. (2012). A tool for the generation of realistic network workload for emerging networking scenarios. *Computer Networks*, Volume 56, Issue 15, pp 3531.
- A. Goldsmith, P. P. (1997). Capacity of fading channels with Channel Side Information. *IEEE Trans. on Information Theory*, 43(6), 1986-1992.
- A. Wiberg, P. P.-M. (2005). Fiber-optic 40-GHz mm-wave link with 2.5-Gb/s data transmission. *IEEE Photonics Technology Letters*, 17(9), 1930-1939.
- ADSL, T. (2013, 06 23). *ADSL*. Retrieved from Técnicos ADSL: <http://www.tecnicosadsl.com/adsl/como-instalar-un-splitter-de-una-linea-adsl/>
- Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology. (2011-2016). *Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2011-2016*. Retrieved from http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html
- CNT, C. N. (2013). *Arquitectura de Red DSL*. Francisco de Orellana: CNT.
- D-ITG. (2011, Agosto 11). *D-ITG*. Retrieved Marzo 1, 2013, from D-ITG, Distributed Internet Traffic Generator: <http://traffic.comics.unina.it/software/ITG/>
- Equipo de Telecommunity. (2008). Redes de fibra hasta el hogar una realidad. *Telecommunity*, 75(2008).
- FTTH Council. (2006). *Fiber To The Home, Advantages of Optical Access*. FTTH Council.
- FTTH Council Europa. (2008). The Growth of Fiber to the Home. FTTH Council Europa.
- G.984, I.-T. (2003). *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON)*. Retrieved from <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/en>
- Guide, S. (2013, 11 20). *Speed Guide*. Retrieved from SG FAQ: http://www.speedguide.net/faq_in_q.php?category=108&qid=373

- Heath, D. M. (2013, 11 20). *ADSL and ADSL2+ speed versus line loss*. Retrieved from <http://www.increasebroadbandspeed.co.uk/graph-ADSL-speed-versus-line-loss-distance>
- INEC. (2011). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censo* . Retrieved from www.inec.gob.ec
- INEC. (2013). *INEC*. Retrieved 2013, from <http://www.inec.gob.ec/home/>
- ITU. (2008). Calidad de los servicios de telecomunicación. In ITU, *ITU-T E.800* (p. 3). Suiza: ITU.
- ITU. (2011, Marzo). In ITU, *Y.1564* (p. 10). Switzerland: ITU.
- M.D. Nava, C. D.-T. (2002). A short overview of the VDSL system requirements. *IEEE Communications Magazine*, 40(12), 80-92.
- Maps., G. (2013, 04 11). *Google Maps - Puerto Francisco de Orellana*.
- N. Genay, P. C. (2007). Solutions for Budget Increase for the Next Generation Optical Access Network. in *Proc. International Conference on Transparent Optical Networks ICTON07*, 1(1), 300-325.
- NetLife. (2013, 02 21). *Cobertura FTTH*. (NetLife) Retrieved 02 23, 2013, from <http://www.netlife.ec/>
- OPNET. (2013, Junio 15). *IT Guru Academic Edition software*. Retrieved Marzo 05, 2013, from [OPNET IT Guru: http://www.opnet.com/university_program/itguru_academic_edition/](http://www.opnet.com/university_program/itguru_academic_edition/)
- P. Chanclou, S. G. (2006). Overview of the optical broadband access evolution: a joint article by operators in the IST network of excellence e-Photon/One., *IEEE Communications Magazine*, 44(8), 22-39.
- R.-J. Essiambre, G. F. (2009). Capacity limits of fiber-optic communication systems. *Optical Fiber Communication Conference OFC09*(paper OThL1).
- Runger, G. M. (1996). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. Mexico: Mc Graw-Hill.
- SENPLADES, S. N. (2009). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Retrieved from <http://plan.senplades.gob.ec/>
- Shumate, P. (2008). Fiber-to-the-Home: 1977-2007. *IEEE Journal of Lightwave Technology*, 29(9), 1051-1121.
- Stephens., M. R. (2009). *Estadística. 4ta edición*. Mexico D.F.: Mc Graw-Hill.

UIT-T, U. I. (2005, 01). *G.992.5 : Asymmetric digital subscriber line 2 transceivers (ADSL2)– Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2plus)*. Retrieved Marzo 10, 2013, from <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5/en>

Wikipedia. (2013, 5 17). *Mediana (Estadística)*. Retrieved from Mediana: [http://es.wikipedia.org/wiki/Mediana_\(estad%C3%ADstica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Mediana_(estad%C3%ADstica))