

# Análisis de Desempeño del Estándar ITU G 992.5 en un ambiente real

## Desempeño real ADSL2+ en Usuarios de Hogar

Orlando Macías S.

Depto. Eléctrica y Electrónica  
Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE  
Sangolquí, Ecuador  
orlandomisael@gmail.com

Rodolfo Gordillo O.

Depto. Eléctrica y Electrónica  
Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE  
Sangolquí, Ecuador  
rxgordillo@espe.edu.ec

**Abstract**— Las tecnologías de acceso han ido evolucionando en los diferentes entornos, con una amplia difusión y utilización para acercar los servicios de internet a usuarios de negocios y hogar, entre ellos la conexión mediante línea telefónica ha sido uno de principales medios para el acceso a los servicios de red. En el presente trabajo se presenta la evaluación de desempeño de la red de acceso en una determinada localidad, la cual mantiene implementado ADSL2+ ITU G992.5, se generan pruebas basadas en diferentes puntos de la red física de los usuarios de hogar seleccionados, considerando cuatro métricas específicas de análisis: Bitrate, Latency, Jitter, Packet loss. Los resultados obtenidos son presentados en un análisis descriptivo y como elemento final se plantean las conclusiones de la investigación.

**Index Terms**—ADSL2+, Redes de acceso, Usuarios de Hogar, Internet. (*key words*)

### I. INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones han evolucionado en las últimas décadas de forma exponencial en todas las áreas y aplicaciones. Las TIC<sup>1</sup> juegan un papel transcendental para el desarrollo social, ya que al momento las mismas se constituyen en uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de los pueblos. La presente investigación desarrolla un estudio de evaluación de desempeño para la red de acceso ADSL2plus (Estándar ITU G.992.5 (UIT-T, 2005)) en una localidad basada en un ambiente real de operaciones.

La primera etapa del trabajo contextualiza la investigación para de forma posterior proceder con las pruebas de desempeño basados en la metodología establecida, utilizando una aplicación de inyección de tráfico se somete a prueba las características de la red actual en los puntos de investigación establecidos, una vez finalizada las pruebas se presente el

<sup>1</sup> TIC: Tecnologías de la Información y Comunicaciones.

análisis de los resultados y el establecimiento de observaciones y hallazgos así como el planteamiento de las conclusiones.

### II. BACKGROUND ESTANDAR

A principios de 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.

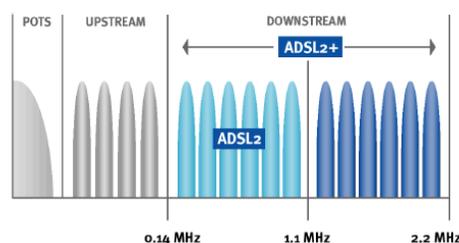


Figura 1: Rango de Frecuencias Utilizadas para ADSL2+ (UIT-T, 2005)

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 la oficina central de y el abonado, para usuarios en el rango de 1.5 km se considera que gozan de velocidades diferenciadoras de las variantes ADSL, pero cuando las distancias superan los 4 km

la diferencia entre las tecnologías ADSL no son identificables ya que las velocidades son similares.

El proceso de funcionamiento y operación del estándar ITU G 992.5 ADSL2+ es similar para todas las variaciones ADSL, la diferencia es la velocidad, ADSL utiliza como medio de transmisión el par telefónico convencional, por este 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 dividir la voz del servicio de datos como se muestra en la Figura 2, la separación se establece mediante un filtro pasa bajo y pasa alto, este aísla las frecuencias bajas (Frecuencias de Voz) y Frecuencias altas (Frecuencias de Datos)



Figura 2: Splitter Divisor de Voz - ADSL (ADSL, 2013).

Para conseguir altas velocidades el ADSL2 tiene una modulación/codificación más eficiente (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 3, Se presenta un esquema general de operación de una red xDSL.

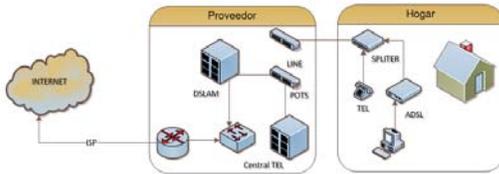


Figura 3: Esquema General Red DSL.

### III. METODOLOGÍA APLICADA

Para realizar la evaluación de desempeño en el ambiente real se utilizó la herramienta de generación de tráfico D-ITG (D-ITG, 2011) la cual permite la inyección de flujos de datos sobre una red IP, obteniendo resultados sobre las métricas de evaluación: Bitrate, Delay, Jitter y Packetloss.

#### A. Modelo de Investigación Establecido.

A continuación se describe el modelo de investigación que se estableció para el desarrollo del estudio, el cual está definido en la siguiente Figura 4.

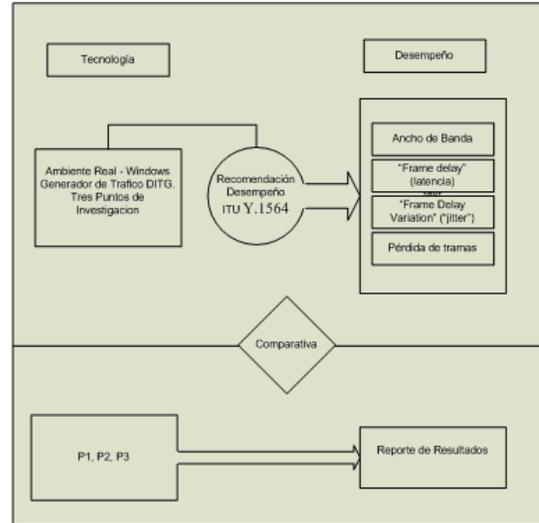


Figura 4: Modelo de Investigación Aplicado

#### B. Herramientas Utilizadas.

A continuación se detalla las herramientas que se utilizaron para el desarrollo de las pruebas en el ambiente real.

**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: Bitrate, Delay, Jitter y Packetloss. DITG genera tráfico con diferente tipo de distribución: normal, uniforme, poisson, Gama, puede correr en sistema operativo Windows y toda la familia Linux. Plantea una arquitectura de 4 Componentes: ITGSend, ITGRecv, ITGManager, ITGLog y una aplicación para decodificación ITGDec.

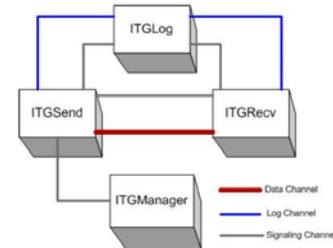


Figura 5: Arquitectura DITG (DITG, 2013).

DITG genera archivos independiente por cada una de las variables, permitiendo realizar un análisis independiente de las pruebas.

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

**C. 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 Cantonal, como se muestra en la Figura 6.

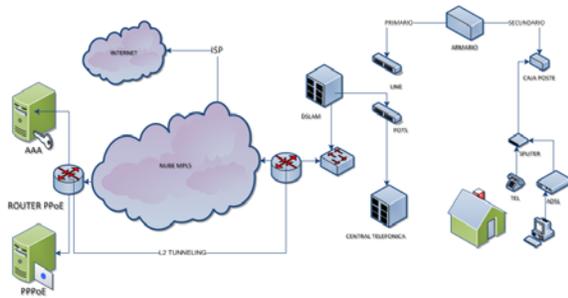


Figura 6: Esquema de Operación Red ADSL2+ En la Red.

Una vez identificado el esquema de red, se procedió a establecer una ruta para las pruebas, estableciendo tres puntos de investigación respecto del distribuidor principal; Cercano P1, Intermedio P2 y Lejano P3 como se muestra en la Figura 7.



Figura 7: Ubicación Geográfica de Los Puntos de Prueba

La relación distancia para cada uno de los puntos evaluados se muestra en la TABLA 1.

TABLA 1: DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE PRUEBAS.

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

Los puntos de investigación fueron seleccionados de forma que cubran el trayecto de tendido de la red secundaria y red de abonado. Para la ejecución de las pruebas se seleccionó un usuario de hogar en cada punto. Las pruebas fueron ejecutadas tomando las recomendaciones de la metodología Y.1564 (UIT-T, 2011).

En primera instancia se estableció el perfil para cada punto, este dato se lo obtuvo de la velocidad con la que el modem ASDL se engancha, tomando en cuenta la relación SN<sup>2</sup>, considerando un mínimo o superior a 11dB para tener una conexión estable, con este parámetro se obtuvo los valores entregados por el proveedor en cada sitio, CIR (Commintment Information Rate) como se muestra en la TABLA 2.

TABLA 2: PERFIL DE PRUEBA PARA LOS PUNTOS DE ESTUDIO

C. UBICACION	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

DITG en cada punto fue configurado a un tamaño de paquete de 512 Kbyte y una distribución de tipo Constante, los registros de los eventos mediante ITGLog fueron configurados para ser salvados en el cliente. 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, 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 Figura 8, con el fin de medir solamente el tráfico de ese usuario, sin que exista tráfico cursado por los otros clientes.

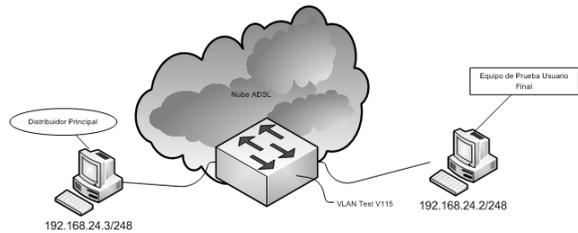


Figura 8: Configuración de los extremos - Ambiente Real.

<sup>2</sup> SNR: Signal-to-Noise Ratio

Luego de haber configurado los equipos terminales se ejecutan las pruebas con DITG en los períodos de tiempo 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 9 se identifica el esquema de pruebas,

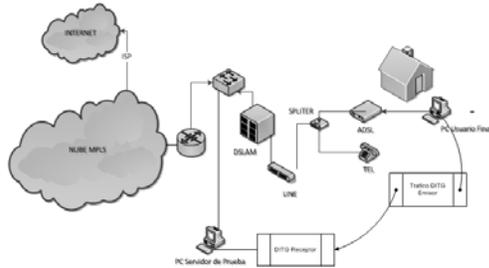


Figura 9: Diagrama de Pruebas para el Ambiente Real.

Para la sincronización del componente de red Cliente – Servidor, se utiliza un servidor de tiempo SNTP, el cual permite mantener el sincronismo en el envío de paquete y realizar los cálculos de Latencia. La métrica de “Latency” es calculada en base al ONE-WAY-LATENCY o latencia en una vía.

Al ser un enlace ADSL se ejecutaron las pruebas en ambas direcciones Upstream y Downstream, la TABLA 3 presenta la secuencia de pruebas realizadas para obtener las métricas de desempeño en ambos sentidos.

TABLA 3: SECUENCIA DE PRUEBAS DITG, UPSTREAM - DOWNSTREAM.

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

#### IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El resumen de resultados basados en las pruebas de CIR y EIR, con una duración de 15 minutos y 2 horas para cada punto de investigación,

##### A. Resultado Punto Cercano P1.

###### 1) Resultados Basados en CIR:

El resumen de los resultados obtenidos para pruebas ejecutadas en modo CIR, OWD se describe a continuación en la TABLA 4.

TABLA 4: RESUMEN DE RESULTADOS CIR - OWD PUNTO 1.

P1 – CIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	886 kbit/s	11523 kbit/s
BITRATE	612.365696 kbit/s	9275.500990 kbit/s
DELAY	0.31807 s	0.04045 s
JITTER	0.007924 s	0.000809 s
PACKETLOSS	49896 pkt (27.04 %)	362126pkt (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,

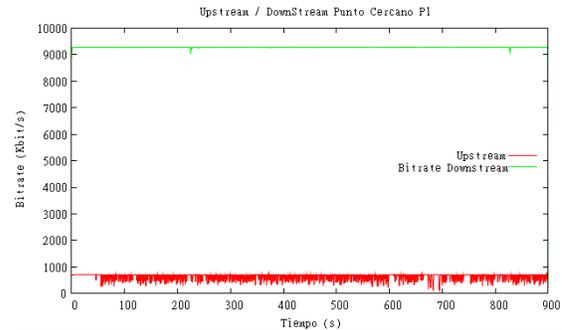


Figura 10: Gráfica de Bits transmitidos (Upstream/Downstream) en Función del Tiempo.

Los resultados de “Bitrate” para el primer punto 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%.

###### 2) Resultados Basados en EIR:

Para las pruebas de validación EIR se aplicó un 25% adicional a la carga del canal ADSL, teniendo los siguiente resultados para el punto P1, los cuales se describen la TABLA 5, prueba ejecutada en OWD.

TABLA 5: RESUMEN DE RESULTADOS EIR - OWD PUNTO 1

P1 – EIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	886 kbit/s	11523 kbit/s
BITRATE	624.425779 kbit/s	9267.721633 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 las pruebas demuestran una pérdida de paquetes del 32.15% lo cual representa una casi el 200% de del canal con una carga basada en CIR.

A continuación se presentan las gráficas distribuidas por cada variable de investigación.

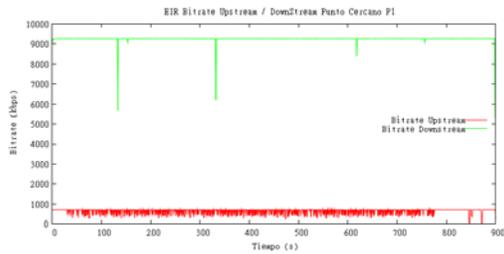


Figura 11: Gráfica de Bits transmitidos (Upstream/Downstream) en Función del Tiempo, Carga EIR

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%.

### B. Resultado Punto Intermedio P2.

#### 1) Resultados Basados en CIR:

El resumen de los resultados obtenidos para pruebas ejecutadas en modo CIR, OWD se describe a continuación en TABLA 6.

TABLA 6: RESUMEN DE RESULTADOS CIR - OWD PUNTO INTERMEDIO P2.

P2 – CIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	637 kbit/s	6405 kbit/s
BITRATE	389.099712 kbit/s	5145.778804 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 basado en upstream y downstream.

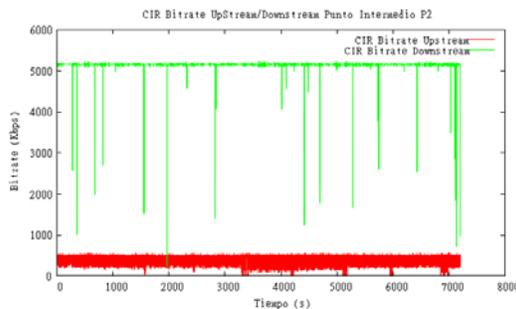


Figura 12: Bitrate Upstream/Downstream en relación al Tiempo, CIR Punto Intermedio P2.

La Velocidad del Bit “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.

#### 2) Resultados Basados en EIR:

Para estos resultados las pruebas fueron ejecutadas incrementado en un 25% la carga del canal respecto al CIR inicial.

TABLA 7: RESUMEN DE RESULTADOS EIR - OWD PUNTO INTERMEDIO P2.

P2 – EIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	637 kbit/s	6405 kbit/s
BITRATE	379.763688 kbit/s	5139.646645 kbit/s
DELAY	0.045575 s	0.109182 s
JITTER	0.008383 s	0.001432 s
PACKETLOSS	657248 (49.61 %)	4306805 (32.28 %)

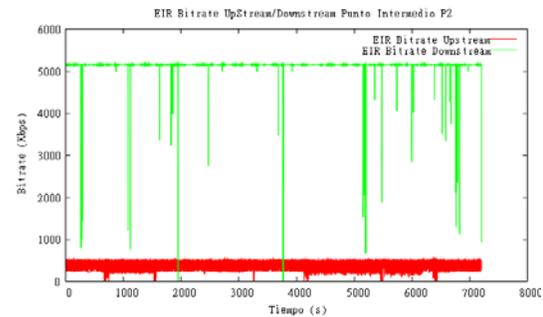


Figura 13: Bitrate Upstream/Downstream en relación al Tiempo, EIR Punto Intermedio P2.

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 una leve caída de velocidad en la línea de tiempo.

### C. Resultado Punto Lejano P3.

#### 1) Resultados Basados en CIR:

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

TABLA 8: RESUMEN DE RESULTADOS CIR - OWD PUNTO 3

P3 – CIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	324 kbit/s	967 kbit/s
BITRATE	229.851472 kbit/s	624.814176 kbit/s
DELAY	0.175119 s	0.383396 s
JITTER	0.00454 s	0.010013 s
PACKETLOSS	135960 (25.18 %)	514427 (31.90 %)

A continuación se presentan los resultados para el punto Lejano P3 en relación al Bitrate en Upstream y Downstream.

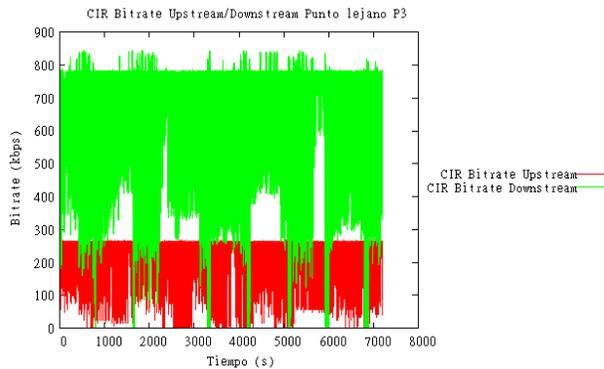


Figura 14: Bitrate Upstream/Downstream en relación al Tiempo, CIR Punto Lejano P3.

Los resultados para “Bitrate” muestran una reducción considerable en la velocidad de bajada, el rango de fluctuación para Bitrate se ha incrementado considerablemente y se muestra inestable con mayor énfasis en downstream de 300kbps a 780Kbps, acercándose a valores de upstream.

## 2) Resultados Basados en EIR:

Para las pruebas se ejecutaron con una carga de 25% adicional al CIR, a continuación se presenta un resumen de resultados:

TABLA 9: RESUMEN DE RESULTADOS EIR - OWD PUNTO 3

P3 – EIR	UPSTREAM	DOWNSTREAM
A. BANDA CANAL	324 kbit/s	967 kbit/s
BITRATE	227.050608 kbit/s	606.567089 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 para Bitrate en relación al Downstream y Upstream.

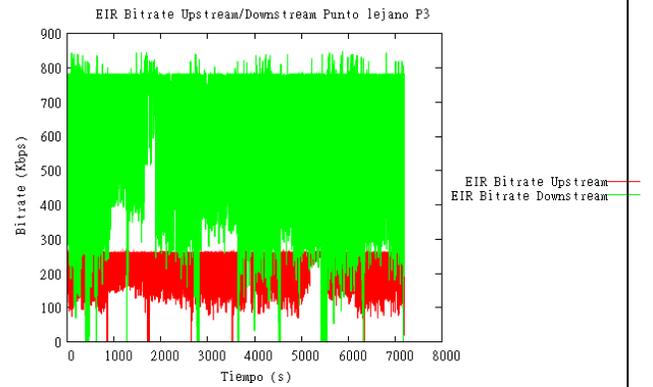


Figura 15: Bitrate Upstream/Downstream en relación al Tiempo, EIR Punto Lejano P3.

“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.

## D. 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.

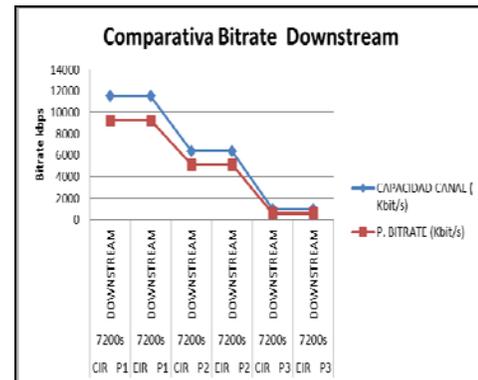


Figura 16: Comparativa Bitrate-Downstream en relación a la capacidad del canal.

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.

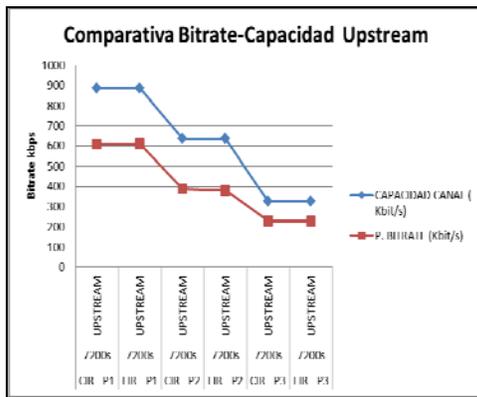


Figura 17: Comparativa Bitrate-Upstream en relación a la capacidad del canal.

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.

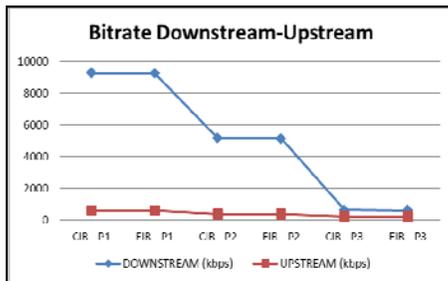


Figura 18: Comparativa Bitrate Downstream-Upstream.

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.

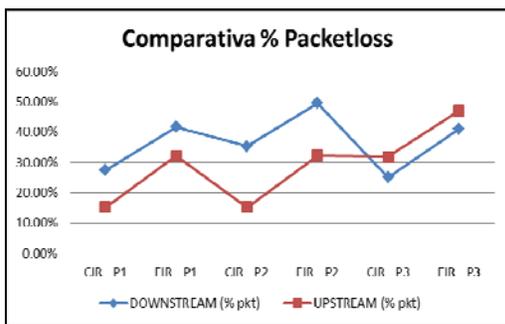


Figura 19: Comparativa % Packetloss Downstream-Upstream.

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.

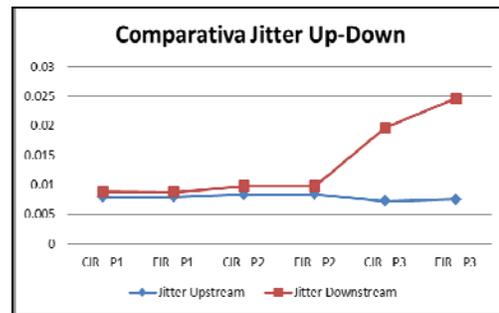


Figura 20: Comparativa Jitter Downstream-Upstream.

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.

## V. CONCLUSIONES

- El desempeño de la red ADSL2plus en la red para los puntos P1 y P2, cercano e Intermedio respectivamente, mantiene un nivel aceptable de servicio con respecto a la velocidad y los niveles de disponibilidad, pero existe un contraste con respecto al Punto P3 Lejano, el cual muestra una baja disponibilidad con un desplome en la velocidad del enlace, que esta aun por debajo del estándar ADSL.
- El desempeño de la red ADSL se ve severamente afectada por el factor distancia, considerando que aunque el Punto P1 cercano tiene un buen rendimiento su capacidad a esta distancia ya se ha reducido en un 61% del total de la capacidad teórica del estándar, terminando en el punto lejano P3 con una reducción del 97.4% del total teórico del estándar.
- El rendimiento en redes basados en la línea telefónica puede verse afectado por la calidad de la infraestructura telefónica y el estado de su cableado por el cual es implementado, en mucho de los casos no se han implementado un nuevo cableado sino que se ha reutilizado el existente.
- 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 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.

- 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 performace esta por debajo de los estándares mínimos, es decir, es recomendable la provisión de servicios a usuarios que estén en el rango de los 2Km respecto al distribuidor principal para la red investigada.

#### ACKNOWLEDGMENT

Agradecimiento a la empresa de telecomunicaciones y los usuarios en los puntos de investigación por el soporte para el cumplimiento de la presente investigación, además de la gran colaboración prestado en el aspecto técnico por el departamento de soporte e instalación.

#### REFERENCIAS

- ADSL, T. (23 de 06 de 2013). *ADSL*. Obtenido de Técnicos ADSL: <http://www.tecnicosadsl.com/adsl/como-instalar-un-splitter-de-una-linea-adsl/>
- D-ITG. (11 de Agosto de 2011). *D-ITG*. Recuperado el 1 de Marzo de 2013, de D-ITG, Distributed Internet Traffic Generator: <http://traffic.comics.unina.it/software/ITG/>
- DITG. (11 de 09 de 2013). *D-ITG Documentation*. Obtenido de <http://www.grid.unina.it/software/ITG/>
- UIT-T. (2011). Y.1564. *GLOBAL INFORMATION INFRASTRUCTURE, INTERNET PROTOCOL ASPECTS AND NEXT-GENERATION NETWORKS*, 12-18.
- UIT-T, U. I. (01 de 2005). *G.992.5 : Asymmetric digital subscriber line 2 transceivers (ADSL2)– Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2plus)*. Recuperado el 10 de Marzo de 2013, de <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5/en>