

**PERFORMANCE ASSESSMENT OF A DATA LINK EMPLOYING INTERNET  
ACCESS CABLE****EVALUACION DE DESEMPEÑO DE UN ENLACE DE DATOS EMPLEANDO  
CABLE INTERNET ACCESS**

**MSc.(c) Daniel A. Velazco C., PhD. Oscar Gualdrón G. y MSc. José Rugeles U.**

**Universidad Industrial de Santander**

Grupo de Investigación en Conectividad y Procesamiento de Señales.  
Ciudadela Universitaria. Carr.7 Cll. 9. Bucaramanga, Tel.: 57-7-6344000, Ext. 2373-2672  
E-mail: davcing@gmail.com, ogualdron@uis.edu.co, joserugelesuribe@gmail.com

**Abstract:** This paper presents an assessment of a data link implemented with Internet Access Cable communications technology. For its evaluation there are aspects that must be taken into account, like MTU and the size of the TCP window, which are required for the configuration of the performance assessing tools like iperf and DITG. The basic measurements required for assess a data link are Bandwidth, throughput and delays. The methods used on the measurements and the obtained results are presented, as well as the conclusions about the performance of the data link.

**Keywords:** Internet Access Cable, DOCSIS, MTU, TCP Window, throughput.

**Resumen:** El artículo presenta la evaluación de un enlace de datos implementado con la tecnología de comunicación *Cable Internet Access*. Para la evaluación se debe tener en cuenta aspectos como el MTU y el tamaño de la ventana TCP, requeridos para la configuración de herramientas de evaluación de desempeño como iperf y DITG. Las mediciones mínimas requeridas para evaluar un enlace de datos son ancho de banda, throughput y retardos. Se presentan los métodos utilizados para realizar las mediciones y resultados obtenidos, así como las conclusiones sobre el desempeño del enlace de datos.

**Palabras clave:** Cable Internet Access, DOCSIS, MTU, ventana TCP, throughput.

## 1. INTRODUCCION

En los últimos tiempos el desarrollo de las tecnologías de comunicación ha sido vertiginoso, razón por la cual se realizan caracterizaciones de enlaces de datos de diversas tecnologías; en este caso, se evalúa un enlace de datos empleando la tecnología *Cable Internet Access* (CIA) en Bucaramanga y utilizando los servicios ofrecidos por el Proveedor de Servicios de Internet (ISP) local de esta tecnología. El trabajo realizado tiene por objetivo contribuir, mediante las mediciones, a evaluar la tecnología y tomar decisiones futuras para ofrecer esta tecnología como una de las

alternativas posibles en implementaciones de sistemas de telemetría.

La organización del artículo es la siguiente: en sección 2 se presentan las generalidades de la tecnología CIA; en la sección 3 se presentan algunos de los trabajos más representativos de medición de parámetros para caracterizar la tecnología y de las herramientas de desempeño empleadas en las mediciones; en la sección 4 se da a conocer el procedimiento de medición; en la sección 5 se muestran los resultados obtenidos después de realizar las campañas de mediciones y en la sección 6 se presentan las conclusiones.

## 2. CABLE INTERNET ACCESS

Es una tecnología que funciona sobre la red de televisión por cable, en la que el medio de transmisión es fundamentalmente el cable coaxial, sin embargo, en algunas ocasiones se emplea fibra óptica formando un híbrido llamado HFC (*Hybrid Fiber Coaxial*). Esta tecnología es asíncrona, lo que indica que los datos ascendentes emplean el canal de 6 MHz del cable y los descendentes emplean el canal de 2MHz. Para el funcionamiento de la tecnología, es necesario instalar un dispositivo cablemodem en la ubicación del usuario y un CMTS (*Cable Modem Terminal System*) en el extremo del operador [1]. Un dispositivo cablemodem típico está compuesto por: sintonizador, demodulador, modulador y el control de acceso al medio.

Para conocer las características de la señal recibida y enviada (*downstream* y *upstream*) se debe conocer el tipo de modulación, las tasas de transferencia y los estándares; en Estados Unidos de América, la banda de frecuencias que se emplea está comprendida entre los 42 MHz y 850 MHz con un ancho de banda de 6 MHz; en Europa la banda de frecuencia va desde los 65 MHz hasta los 850 MHz y su ancho de banda es de 8 MHz; en ambas regiones se emplean dos tipos de modulación, 64 QAM y 256 QAM. Para un ancho de banda de 6 MHz se pueden obtener tasas de transferencia de acuerdo a la técnica de modulación así: con 64 QAM se obtiene una tasa de 31.2 Mbps y con 256 QAM la tasa es de 41,6 Mbps; de forma similar, para un ancho de banda de 8 MHz con 64 QAM la tasa es de 41.4 Mbps y con 256 QAM la tasa de transferencia es de 55.2 Mbps [2] [3].

Los estándares que rigen para Europa y USA aparecieron debido a la incompatibilidad que existía a mediados de los años 90, estos estándares son DOCSIS, EURODOCSIS y DVB. Actualmente la versión 3.0 de DOCSIS estandariza servicios de datos, voz y video con velocidades de hasta 152 Mbps independientemente de la distancia. En las redes HFC, el coaxial es utilizado como solución de última milla. Se emplean cables coaxiales en banda base (RG-58/50ohmios) para velocidades de hasta 10 Mbps y banda ancha (RG-59/75ohmios) para velocidades superiores a 100Mbps.

## 3. ANTECEDENTES

En el trabajo realizado por Dischinger et al. [4], se realizan mediciones de ancho de banda, latencia, *jitter* y tasas de error para las tecnologías ADSL y CIA, involucra alrededor de 1900 equipos configurados como clientes de 11 proveedores de servicio de Internet en América del norte y Europa; configurados con MTU de 1488 bytes, sobre TCP e ICMP, estableciendo mediciones con duración de tiempo determinada; y empleando técnicas estadísticas para establecer patrones de comportamiento de las mediciones tomadas durante la evaluación de los enlaces de datos. Otro trabajo que involucra mediciones es el realizado por Cho, Esaki y Kato [5], en él se presenta un análisis sobre el aumento de los usuarios para las tecnologías DSL y fibra óptica, realizan mediciones durante una semana, en días hábiles, con intervalos de mediciones inferiores a dos horas en los casos de tráfico máximo y mínimo determinados en las pruebas; las mediciones realizadas se basan en los parámetros de rendimiento ancho de banda y retardos.

López, Abdalla y Ramos [6], realizan mediciones de desempeño para la tecnología cable modem, empleando el estándar DOCSIS 1.0; el desempeño fue medido realizando video llamadas a diversas horas del día, horario comercial, nocturno y fines de semana; las mediciones realizadas están orientadas al *jitter*, ancho de banda y retardos, variando las tasas de transferencia ofrecidas por uno de los ISP de la región. Xiao y Bing [7] presentan el desarrollo de mediciones para redes DOCSIS, realizan mediciones de *throughput*, promedios de retardos y tasas de paquetes perdidos; realizan variación en los tamaños de los paquetes para realizar la comparación con las simulaciones empleando el software OPNET.

Existe una amplia variedad de herramientas con las cuales se mide el comportamiento de los enlaces de datos, sin embargo, *iperf* y *DITG* son las más utilizadas y recomendadas para realizar mediciones de desempeño. *Iperf* es una herramienta generadora de tráfico; de código abierto; realiza mediciones ancho de banda, retardos y tasas de error de bit; es utilizada para TCP y UDP. Su aplicación puede ser observada en [8], [9] y [10]. *DITG* [11] es una herramienta de análisis de desempeño la cual realiza mediciones de *throughput*, tasa de paquetes perdidos y retardos; su funcionamiento se realiza bajo entorno gráfico y en modo comandos; las mediciones se pueden realizar para TCP, UDP, ICMP entre otros y también es de código abierto.

#### 4. METODOLOGIA DE PRUEBAS

Inicialmente se requiere implementar el enlace de datos mostrado en la figura 1; después, se realiza la instalación de las herramientas de desempeño; en seguida, se ejecutan las series de mediciones y por último, se analizan los resultados obtenidos. Con los anteriores pasos se realiza la evaluación del enlace de datos.

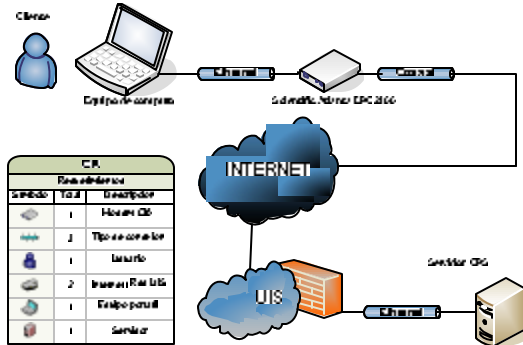


Fig. 1. Esquema de implementación de un enlace de datos CIA.

El desarrollo de las series de medición se divide en tres grupos; inicialmente se requiere configurar las herramientas que se utilizan en las mediciones, la segunda serie se refiere a la captura de las mediciones del ancho de banda y de los retardos durante un tiempo determinado, aplicando métodos estadísticos para la agrupación de los datos obtenidos; y la tercera serie corresponde a las mediciones de ancho de banda y tiempos de descarga al transferir archivos entre los extremos del enlace de datos.

##### 4.1 Configuración de las herramientas

Para realizar mediciones de desempeño, es necesario configurar los parámetros de las herramientas que se utilizan en las series de mediciones, por ello, esta primera serie se refiere a realizar mediciones con las herramientas iperf y DITG sin modificar ninguno de sus parámetros, pruebas por defecto; luego, se modifica el valor del MTU y el tamaño de la ventana TCP, incrementándolos hasta sus valores máximos, para el caso CIA el MTU es de 1472 bytes. Se realiza la comparación de las mediciones para ancho de banda y retardos y se escogen los valores de mejor desempeño de estos parámetros; MTU [4] y tamaño de la ventana TCP [12]; para realizar las siguientes series de mediciones.

##### 4.2 Mediciones de ancho de banda y retardos

Después de escoger los parámetros de configuración de las herramientas, se realizan las

mediciones de ancho de banda y retardos durante 14 días, los métodos estadísticos son aplicados para agrupar los datos obtenidos, de esta forma, se obtiene un número de mediciones por parámetro cada 15 segundos y se promedian cada 30 minutos, de tal manera que se obtiene una muestra para su posterior análisis. Las mediciones son almacenadas en un procesador de datos y luego graficadas.

##### 4.3 Descarga de archivos

Por último, se realizan mediciones de ancho de banda y tiempo de descarga de archivos que varían desde 64 KB hasta 1 GB. Cada descarga se debe realizar mínimo 10 veces y promediar los datos obtenidos para analizar el comportamiento del enlace cuando se requiere descargar información a través de él. El valor MTU y ventana TCP se mantienen de acuerdo a los escogidos en sesión 4.1.

#### 5. RESULTADOS OBTENIDOS

##### 5.1 Configuración de las herramientas

De acuerdo al procedimiento mencionado en la sesión anterior, se realizan mediciones del ancho de banda y retardos variando el MTU, este comportamiento se observa en la figura 2. El ancho de banda empieza a comportarse estable a partir de los 512 Bytes y los retardos disminuyen desde los 256 Bytes, por ello, se determina que el valor apropiado para ajustar las herramientas es de 512 Bytes como tamaño MTU.

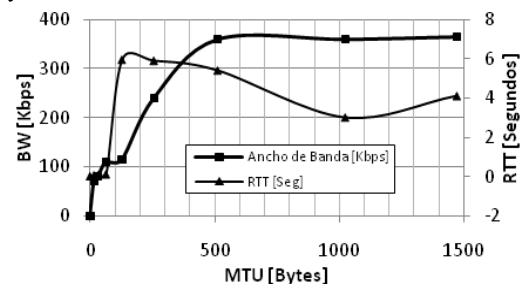


Fig. 2. Ancho de banda y RTT variando la MTU

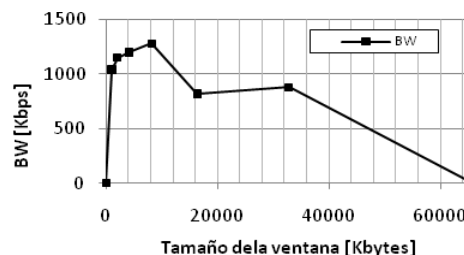


Fig. 3. Ancho de banda variando la ventana TCP

En la figura 3 se presentan los resultados obtenidos al variar la ventana TCP desde 1KB hasta 64 KB;

para ventanas entre 2 KB y 8 KB el comportamiento del enlace presenta una variación mínima; para valores superiores a 64 KB el ancho de banda decae drásticamente. Por lo anterior, se escoge como tamaño de ventana TCP el valor de 8 KB, ya que muestra la mayor medición registrada por las herramientas para el ancho de banda.

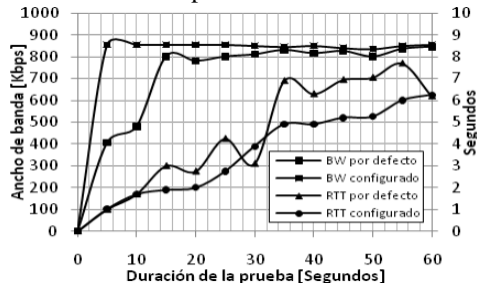


Fig. 4. Comparación de parámetros por defecto y configurados

Después de realizar los ajustes a los parámetros de las herramientas, se comparan las mediciones tomadas por defecto con las realizadas con los parámetros ajustados. Esta comparación se puede observar en la figura 4, en ella, se aprecia que el ancho de banda aumenta levemente, pero se estabiliza antes del medido por defecto, razón por la cual se puede decir que al ajustar los parámetros se logra una mejora en la medición; de forma similar, se puede observar que los retardos disminuyen dos segundos entre cada medición, disminuyendo el retardo medido con las herramientas sin configurar.

## 5.2 Mediciones de ancho de banda throughput y retardos

Los parámetros medidos para analizar el rendimiento de la tecnología son el ancho de banda, *throughput* y retardos (RTT para TCP); las herramientas de medición están configuradas de acuerdo al análisis de las pruebas de ajuste; las mediciones tienen una duración de catorce días continuos; se realizan métodos estadísticos para agrupar los datos por día; a continuación se presentan los resultados de los tres parámetros de rendimiento medidos:

El primer parámetro medido hace referencia al ancho de banda, medido con DITG; se observa en la figura 5 el comportamiento por día, se presenta el promedio de las mediciones, observándose que el nivel del ancho de banda no disminuye por debajo de los 650 Kbps (excepto un día de la primera semana) y comparado con el contratado, el cual fue de 1050 Kbps, indica que la ISP cumple con el 62% de lo ofrecido.

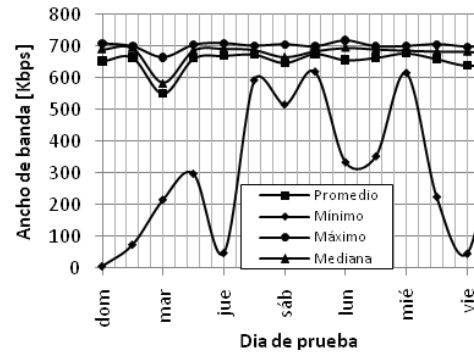


Fig. 5. Ancho de banda de los 14 días de pruebas

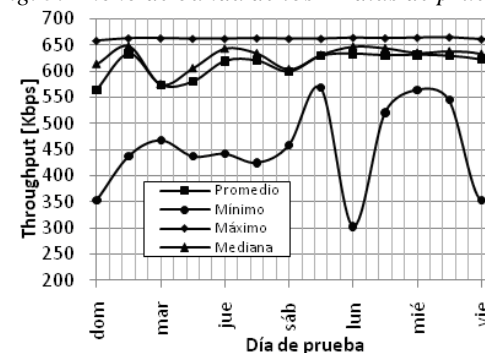


Fig. 6. Throughput de los 14 días de pruebas

La tasa efectiva de datos o *throughput* se observa en la figura 6, el cual fue medido con iperf. Su comportamiento varía entre los 550 Kbps y 640 Kbps; se observa cierta similitud con la figura 5, correspondiente al ancho de banda, pero con un porcentaje mejor debido a las características de este parámetro.

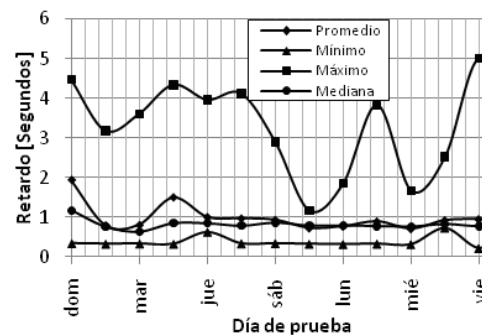


Fig. 7. RTT sobre TCP de los 14 días de pruebas

Por otro lado, el comportamiento de los retardos medidos sobre TCP con la herramienta DITG son presentados en la figura 7, en ella se observan retardos, para todos los días, inferiores a los 5 segundos en sus máximos valores para las medidas realizadas por día. El promedio de los retardos no supera los dos segundos, ofreciendo un rendimiento excelente, con respecto a este parámetro, para sistemas de mediciones en tiempo real.

### 5.3 Descarga de archivos

La última serie de mediciones corresponde a la descarga de archivos desde un extremo a otro del esquema de implementación presentado en la figura 1. Esta prueba consiste en enviar archivos de diferentes tamaños y medir el ancho de banda y el tiempo de descarga de los archivos. Los tamaños de los archivos enviados son: 64 KB, 128 KB, 256 KB, 512 KB, 1 MB, 10 MB, 100 MB y 1 GB. Cada descarga se realizó diez veces; excepto el archivo de 1 GB, el cual se descargó tres veces; con ello se aplican métodos estadísticos para calcular los valores presentados a continuación.

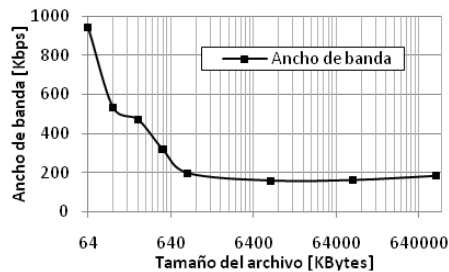


Fig. 8. Ancho de banda de descarga de archivos

En la figura 8 se muestra el ancho de banda medido mientras se realizan las descargas, se observa que al aumentar el tamaño del archivo, el ancho de banda disminuye, sin embargo, para archivos de 1 MB en adelante, el comportamiento de la medición es estable, presentando anchos de banda cercanos a los 200 Kbps.

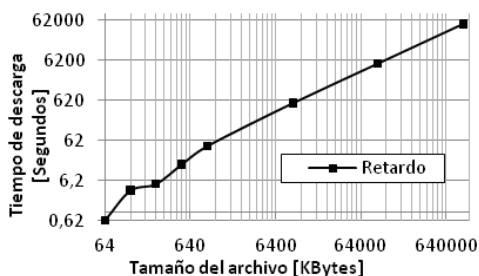


Fig. 9. Tiempo de descarga de archivos

Los tiempos de descarga de archivos se presentan en la figura 9, se observa que al aumentar el tamaño del archivo, aumenta el tiempo de descarga. Cabe resaltar que las escalas presentadas en las graficas son logarítmicas para los ejes. Para archivos de hasta 1 MB, el tiempo de descarga no supera los 60 segundos, mientras que para archivos de mayor valor, el tiempo crece considerablemente. Para datos recolectados de sistemas de telemetría se deben considerar las descargas inferiores a 128 KB, de acuerdo a lo anterior, las descargas de estos archivos se encuentran alrededor de 6 segundos.

## 6. CONCLUSIONES

Dentro del desarrollo de las mediciones y teniendo en cuenta trabajos mencionados en los antecedentes, es de vital importancia realizar mediciones de ajustes que permitan escoger los valores más acertados para configurar las herramientas con las cuales se realizan las mediciones; para el particular, las pruebas de ajustes arrojan resultados donde se evidencia la efectividad al variar los parámetros MTU y ventana TCP para la tecnología CIA. De acuerdo a lo anterior, se realizaron las mediciones de anchos de banda y retardos y se escogió 512 bytes y 8 Kbytes como los valores apropiados para realizar las mediciones extendidas con duración de 14 días.

Realizar mediciones de ancho de banda de un servicio ofrecido por una ISP, conlleva a evaluar tanto el enlace de datos como la calidad ofrecida por la empresa; el enlace presenta un comportamiento estable, existen momentos en los cuales el servicio sufre algún mínimo pero que su duración no es considerable y por lo tanto despreciable; el valor medido corresponde a un 62% de lo ofrecido por la ISP, sin embargo, los promedios de las mediciones nunca decaen de este porcentaje, presentando una estabilidad constante como se observa en la figura 5.

La tasa efectiva de datos es una medición que revela la cantidad de bits de información reales que se transfieren de un extremo a otro en un enlace de datos; los valores de esta medición son inferiores a los del ancho de banda, debido a que el ancho de banda contiene las cabeceras de las tramas de información; es por lo anterior que las medidas mostradas en la figura 6 son inferiores a las observadas en la figura 5, sin embargo, se nota un comportamiento similar ya que las mediciones se realizaron de forma secuencial empleando un script que captura la información y la almacenaba para su posterior análisis. Los promedios de este parámetro no decae de los 550 Kbps ni superan los 650 Kbps, que contrastados con las mediciones del ancho de banda, son ligeramente inferiores a este último. Por otro lado, las mediciones de los retardos sobre TCP no superan los 6 segundos, y presentando retardos promedio inferiores a los 2 segundos, esto se visualiza en la figura 7.

Las mediciones del ancho de banda y del tiempo de descarga de archivos de diferentes tamaños hacen del enlace de datos un sistema estable para sistemas de telemetría; se observa en las figuras 8 y 9, que las mediciones del ancho de banda no

decaen de los 180 Kbps para archivos superiores a 1 MB, dando como resultado que aunque los archivos sean demasiado grandes, se mantiene un mínimo ancho de banda disponible en el enlace. Por otro lado, los tiempos de descarga se relacionan directamente con el tamaño del archivo, esto indica que entre más grande el archivo, mayor es su tiempo de descarga.

En todas las mediciones se aplicaron métodos estadísticos para agrupar datos, cada medición de ajuste se realizó cinco veces y se promediaron los datos obtenidos para obtener los resultados mostrados en el artículo. Para las mediciones extendidas se realizó un script que contenía las líneas de código de las herramientas iperf y DITG, estas mediciones fueron enviadas a archivos de texto a las cuales se les aplicaron los métodos estadísticos para obtener los resultados mostrados en la sesión 5.2. La descarga de cada archivo se realizó diez veces; excepto el archivo de 1 GB, el cual se descargó tres veces debido a que el tiempo de descarga es de 17 horas aproximadamente; aplicando métodos estadísticos en los resultados mostrados en las figuras 8 y 9.

## REFERENCIAS

- [1] Kiniry J and Metz C. "Cable modems Cable TV delivers the Internet" IEEE Internet Computing. May - June. 1998
- [2] Sadiku, M.N.O and Aduba, C. "Cable modem technology" Potencial IEEE. October - November. 2001
- [3] Fellows D and Jones D. "DOCSIS: cablemodem technology". IEEE Communications Magazine. March 2001.
- [4] Dischinger M. Haeberlen A. Gummandi K and Saroiu S. "Characterizing Residential Broadband Networks" IEEE. October. 2007.
- [5] Cho K. Fukuda K. Esaki H and Kato A. "The Impact and Implications of the Growth in Residential User" IEEE. 2002
- [6] López P. E., Abdalla J. H y Ramos M. L. "Evaluación de la tecnología cable modem DOCSIS 1.0 en redes de acceso MMDS para servicios de videoconferencia". Departamento de Engenharia Electrica. Universidad de Brasilia.
- [7] Xiao C. and Bing B. "Measured QoS performance of the DOCSIS hybrid fiber coax cable network". IEEE. April 2004.
- [8] Magnor B and Reizer E. "End to end key performance indicators in cellular networks". Agder University College, Faculty of Engineering and Science. Grimstad, Norway. May 2006
- [9] Durantini A, Petracca M and Ananasso F. "Experimental Evaluation of 802.16 WiMAX Performances at 25 GHz Band". IEEE. Italy, 2008
- [10] El-Sayed H, Zeadally S and Boulmalf. "Experimental Evaluation and Characterization of Long-Distance 802.11g. Links". Seventh International Conference on Networking. IEEE Computer Society. 2008.
- [11] Stefano Avallone y Antonio Pescapè. DITG (Distributed Internet Traffic Generator). Fecha de acceso: 21 de Agosto de 2009.
- [12] Nguyen T and Armitage G. "Experimentally derived interactions between TCP traffic and service quality over DOCSIS cable links". IEEE Communications Society. Australia 2004.