

## MEDICIONES Y EQUIPOS PARA SELECCIONAR

**Especialista Comercial. ENET. Filial La Habana, ETECSA**  
**omar@enet.cu**

**L**ínea Digital al Suscriptor o DSL —*Digital Subscriber Line*— es una familia de tecnologías de transmisión de datos a alta velocidad por pares de cobre, que interconecta al usuario final con un nodo de red y tienen la ventaja de utilizar líneas telefónicas comunes para aliviar el “cuello de botella” existente, satisfacer la creciente demanda de velocidad por parte de los usuarios, y reducir los costos y tiempos de instalación. Esto convierte al DSL en una tecnología muy utilizada a nivel mundial, pues desplaza a la costosa fibra óptica

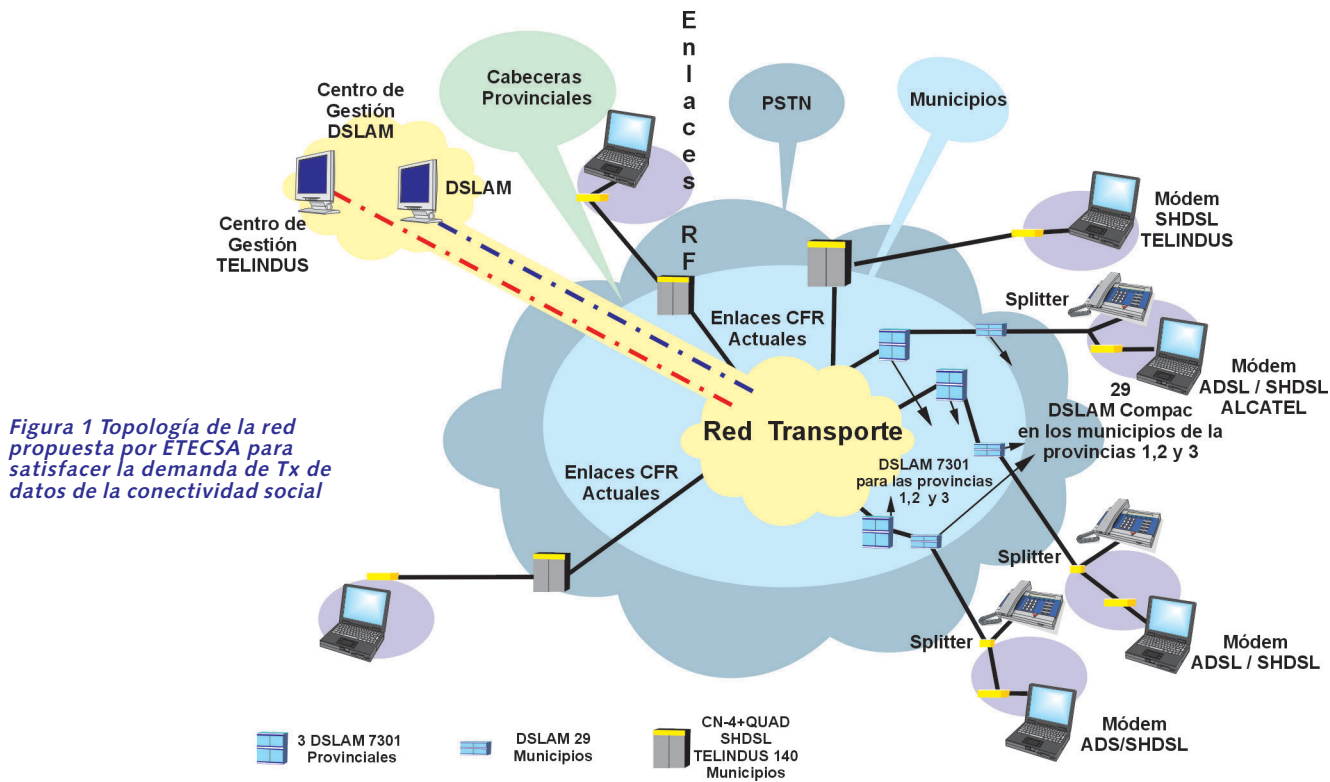
en aplicaciones que no requieren de velocidades muy altas y en aquellas sensibles al costo.

Entre 1996 y 1997 existían más fabricantes y tecnologías de DSL que usuarios. Tal vez las más conocidas son HDSL —*High-speed DSL*— y ADSL —*Asymmetric DSL*—, pero en la actualidad existen variedades y parece que cada día se anuncia una nueva versión. Básicamente estas dependen de la aplicación, tipo de modulación, velocidad y fabricante. A esta gran gama de DSL se le denomina xDSL.

A nivel mundial, el número total de líneas de acceso ADSL tuvo un

incremento a 69000, en 1997; y a 19 millones para el año 2003. En Cuba aún es muy escasa la comercialización de líneas de ADSL, lo que se ha instalado bastante es HDSL —flujo de 2 Mbps—. Sin embargo, para satisfacer la demanda de conectividad social que necesita de inmediato el país se pretende, por parte de ETECSA, potenciar la conexión de DSLAM en los distintos municipios del país y la utilización de módems SHDSL y ADSL en la última milla del par de cobre del usuario (Figura 1).

La tecnología xDSL puede ser simétrica o asimétrica. Simétrica



indica que la velocidad hacia y desde el usuario es la misma —el ancho de banda debe repartirse simétricamente en ambas direcciones para acomodar el flujo de datos—. Este es el caso del HDSL, muy utilizado en interconexión de redes LAN y redes telefónicas en Cuba, que pueden transportar un flujo de 2 Mbits.

Asimétrica es cuando el suscriptor recibe datos a muy alta velocidad (*dowstream*) y transmite a una velocidad más baja (*upstream*), para aprovechar el ancho de banda en el sentido en que más se necesita. Es decir, ADSL está orientado a usuarios que reciben mucha más información de la que generan, por ejemplo, los usuarios con navegación nacional y de Internet.

Al parecer la tecnología DSL va a seguir la misma tendencia de los discos duros de los PCs. Hace aproximadamente 10 años se pensaba que un disco duro de 80 MB, en el computador personal, era un recurso inagotable. ¿Quién iba a pensar, en esa época, en discos de 4,8 GB? Sin embargo, las aplicaciones son responsables de la multiplicación de la capacidad de almacenamiento y la reducción de su precio. Lo mismo podría ocurrir con el DSL, tal vez en este momento 6, 9 ó 52 MB/s parecen demasiada velocidad; pero las aplicaciones de ATM, acceso remoto de LAN, Internet, Intranet, multimedia, teleconferencia, *videophone*, *video-on-demand*, *telecommuting* —oficina en casa—, audio en tiempo real, harán que el xDSL llegue pronto a muchos usuarios con un costo razonable. Sólo basta observar las modernas páginas de Internet, que integran audio, animaciones, videos y complejos gráficos que requieren de gran ancho de banda para ser transmitidas en corto tiempo o en tiempo real. En la medida que aumente la velocidad de transmisión, estas páginas ofrecerán

nuevos servicios que, a su vez, requerirán de mayor velocidad. Es un fenómeno de avalancha.

Finalmente, la tecnología ATM comenzó a entrar en servicio y muchas redes son implementadas en todo el mundo, permite a los operadores ofrecer redes que se ajustan a las necesidades de sus clientes, con servicios de transporte de *Frame Relay*, X.25, LAN, y protocolos como el IP. Inicialmente, sólo los grandes usuarios con conexión en fibra podían pensar en ATM. Ahora, para fortuna de los pequeños usuarios, las cosas han cambiado. El ATM sobre ADSL gana cada vez más adeptos e impulsa la demanda del xDSL.

### Mediciones que se realizan al par de cobre cuando es utilizado en xDSL

Las pruebas que están haciéndose para caracterizar un par de cobre y evaluar su aplicabilidad a xDSL son muy pobres. Un test común es prueba y error, es decir, se conecta el módem y se verifica si funciona o no; si no, entonces hay que seleccionar otro par de cobre.

Algunos llegan más lejos y utilizan un multímetro para medir la resistencia de la línea, la continuidad y el voltaje inducido, antes de conectar el módem. En muy pocos lugares se realizan las pruebas necesarias para calificar el par, debido a la carencia de los instrumentos. Los sistemas de prueba y error tienen la dificultad de que la mayoría de los sistemas xDSL son capaces de ajustarse a las condiciones de la línea para transmitir a la mayor velocidad posible. Es decir, en la mayoría de los casos van a funcionar; pero no a la velocidad que contrató el cliente y que, además, paga por la calidad de servicio requerida que no se garantiza.

Para maximizar la calidad del enlace xDSL, es necesario medir las características físicas del par de cobre y evaluar su aplicabilidad al xDSL específico para lo cual se tienen en cuenta algunos de los parámetros importantes.

Para continuidad, impedancia —resistencia del *loop*, aislamiento y capacitancia—, los valores de capacitancia y resistencia de lazo se utilizan en aspectos prácticos, como estimar la longitud del cable. Estas longitudes —LC y LR— deben ser comparables y pueden ser aplicadas para diferenciar entre una bobina de carga y el final del cable. Si la longitud obtenida con C es significativamente mayor que la obtenida con RLoop, es probable que existan derivaciones —múltiples— en la línea. La longitud del múltiple —o suma de múltiples— sería equivalente a la diferencia entre las dos distancias —LC-LR—.

El balance longitudinal de impedancias es una medida que muchos saben que existe, algunos conocen de qué se trata, pocos la entienden y sólo una minoría sabe cómo interpretar los resultados. La recomendación G.992.1 en su anexo A, sección A.4.3.1 especifica que el par utilizado para ADSL debe tener un balance longitudinal > 40dB, para el rango de frecuencias de 30 a 1104 kHz.

La mayoría de los instrumentos de campo que realizan esta medida lo hacen para la banda de audio —4 kHz— que no es aplicable a ADSL ó a xDSL en general. Esto causa más confusión.

El balance longitudinal es un medio para estimar la susceptibilidad al ruido de un cable; es decir, la posibilidad de que entre ruido al cable. Desafortunadamente, en la práctica, una vez instalado el cable, el ruido deja de ser una posibilidad, se convierte en un hecho. Por esta razón, los instrumentos modernos se enfocan

a la medida e identificación del ruido que existe en el cable, a través de sofómetros o analizadores de Densidad Espectral de Potencia (PSD).

La pérdida de retorno, pérdidas por inserción, requieren de un generador de barrido y un medidor selectivo. Los instrumentos modernos ofrecen las dos funciones integradas para evitar el uso de dos equipos diferentes. Es necesario hacer el barrido detallado, con un mínimo ancho de banda de 1.1 Mhz —para ADSL G.dmt—. Esta prueba permite identificar la presencia de líneas en paralelo —derivaciones o múltiples—. Si se realiza el barrido detallado y con los datos de pérdida de inserción, puede obtener la longitud aproximada del cable.

NEXT —*Near End CrossTalk*— es uno de los parámetros claves para detectar problemas en la línea, es el análisis de ruido de fondo, en banda ancha, realizado con el analizador de espectros. De esta forma es posible identificar interferencias internas (*crosstalk*) y externas (AM).

El NEXT es un parámetro que afecta los servicios DSL, en general, en cuanto en el lado de la central se concentran múltiples servicios digitales que transmiten con potencias relativamente altas. Cada servicio que se agrega a un cable, es una potencial fuente de ruido. Aunque el interferente puede reflejarse con un alto nivel de ruido, la señal también será transmitida con alta potencia, y hará que el efecto no sea tan grave, en cuanto se logra una buena relación señal/ruido.

Normalmente, el problema más grave de ruido es el de tipo FEXT (*Far End CrossTalk*) —desde el punto de vista del usuario—. Es decir, la señal *upstream* del usuario llega atenuada a la central, donde va a competir con el *crosstalk* generado localmente y

la relación señal/ruido va a ser más baja.

Esta situación ha sido prevista en el desarrollo de los sistemas DSL. Por esa razón las señales *upstream* del ADSL se encuentran a bajas frecuencias, donde la atenuación es mucho menor. La experiencia ha demostrado que el ruido más dañino no se produce por *crosstalk*, sino en las largas acometidas aéreas con cable plano, donde el ruido inducido por las emisoras de AM y HF alcanza niveles muy altos, y se agrava por el hecho de estar cerca al suscriptor; la señal ADSL que viene de la central ya está atenuada, y resulta en márgenes de señal/ruido muy bajos; lo cual no es gran problema para HDSL ó ISDN porque son de frecuencias más bajas. En estos casos será necesario medir el ruido del lado del suscriptor y verificar su efecto en el ADSL. En ocasiones habrá que reemplazar la acometida del suscriptor por par trenzado o acometida subterránea.

Para la longitud del cable, detección de empalmes, bobinas de carga y presencia de agua. Las bobinas de carga fueron muy empleadas para compensar el efecto capacitivo en líneas muy largas y mantener la calidad de voz. En dependencia de la longitud del cable, un circuito puede tener más de una bobina de pupinización —muy utilizadas en el mundo—, hoy se consideran un problema para los servicios DSL, porque atenúan las frecuencias que se encuentran más allá del espectro audible.

La medición de voltaje AC y DC inducido en la línea, la medición de corriente AC y DC en la línea y el ruido de fondo, ruido impulsivo, relación señal a ruido, según la aplicación, son también parámetros para los cuales es importante ver, gráficamente, la distribución del espectro de ruido, para

identificar las posibles interferencias del servicio que será instalado. Los instrumentos de medición deben ser “inteligentes” para analizar el ruido y sugerir al usuario las posibles fuentes que provocan —*crosstalk* ISDN BRI, HDSL, E1, ADSL—.

Comúnmente, el tipo de ruido que se encuentra en los cables de planta externa no es de tipo externo, sino intermodulaciones —*crosstalk*— de otros servicios de transmisión digital que viajan en el mismo grupo de cables. Los más críticos son los producidos por los equipos de la central que transmiten señales con potencias relativamente altas.

Los servicios basados en codificaciones simples como 2B1Q —HDSL e ISDN— son muy robustos y pocas veces se afectan por otros servicios. Si la atenuación y el margen de señal/ruido están dentro de las especificaciones del módem, el sistema funcionará con un margen de error muy bajo.

En el caso de ADSL, que no tiene una sola portadora y el ancho de banda es mayor, el servicio está más afectado por el ruido. Sin embargo, la flexibilidad de un sistema adaptativo como ADSL compensa este tipo de pérdidas, elimina las portadoras afectadas por ruido o cancelación y concentra toda su potencia en aquellas que poseen un buen margen de señal/ruido. En la práctica, ADSL ha demostrado ser un sistema de transmisión muy robusto, capaz de adaptarse a las condiciones de la línea.

Un analizador espectral de potencia *Power Spectral Density* (PSD) es necesario para medir el ruido en la línea e identificar las posibles fuentes de interferencias.

En la medición de la velocidad máxima de transmisión del xDSL, predecir si un sistema ISDN ó HDSL (2B1Q) funcionará o no en dos pares de cobre, no es tarea difícil.

Sólo es necesario conocer la pérdida de inserción (atenuación) y el ruido, alrededor de la frecuencia de la portadora, para calcular la relación de señal a ruido y compararla con las especificaciones del módem. Sin embargo, los esquemas de transmisión/modulación de xDSL modernos no son tan simples y requieren de cálculos más complejos para estimar su desempeño a lo que se le agrega la característica adaptativa de los xDSL. HDSL transmite a una velocidad fija, mientras que sistemas como ADSL y VDSL pueden sincronizar a diferentes velocidades.

Es recomendable medir el desempeño de los sistemas xDSL y no estimarlo. Un caso típico es la respuesta a las preguntas más comunes en ADSL: ¿cuál es la máxima velocidad que soporta este par? y ¿cuál será el margen a la velocidad ofrecida? La respuesta a este tipo de preguntas no debe obtenerse mediante estimación, sino a través de verificación (medición), con el empleo de instrumentos emuladores de módem.

Un proveedor de servicios no puede prometer a sus clientes una velocidad basada en estimaciones, tiene que estar seguro de lo que ofrece. La velocidad de transferencia es una de las principales medidas de calidad del servicio.

No menos importante es la medición de la tasa de error (BERT) del xDSL.

Este artículo no sugiere la realización de todas las medidas; pero debe conocerse el impacto que cada uno de estos parámetros tiene en el desempeño del xDSL. Es importante que al seleccionar los instrumentos o herramientas para realizar pruebas en xDSL, se consideren aquellas que cubran la mayor cantidad de estos parámetros pues las facilidades de planta exterior, utilizadas en transmisión de datos, deberían ser probadas, rigurosamente, para asegurar la calidad del servicio que contratan y pagan los clientes.

Para realizarle a los pares de cobre las pruebas explicadas anteriormente, e incluso otras, existen en el mercado equipos de mediciones

sofisticados. A continuación se muestran algunos de ellos: el SLT-11 y el SLT-12 se encuentran en nuestro país.

Las características de transferencias del lazo de abonado limitan su uso como soporte de servicios de alta velocidad. Conocer el comportamiento del lazo de abonado permite determinar los procesos de ecualización a implementar para emplearlos en servicios con mayor velocidad, es decir, requieren de un mayor ancho de banda.

En la actualidad, es una necesidad la realización de mediciones y la utilización de equipos especializados que se comercializan a nivel mundial y definen si el par de cobre cumple con los requisitos exigidos para poner en servicio las técnicas xDSL a plena capacidad. ▀

Figura 2 Equipo Sunset xDSL

## SunSet xDSL (Full)



Algunas mediciones que realiza el equipo son:

- ♦Caracterización del enlace —nivel físico—.
- ♦Diagnóstico y mantenimiento del cable.
- ♦Identificación de interferencias (ruido) mediante análisis de espectro.
- ♦Simulación de ATU-C —simula un DSLAM—.
- ♦Simulación de ATU-R —simula un módem—.
- ♦Velocidad y margen vs distancia y ruido.
- ♦Verificación de conectividad DSL.
- ♦Sincronización con el DSLAM.
- ♦Parámetros del enlace.
- ♦Monitoreo de errores y alarmas a nivel DSL y ATM.
- ♦Verificación de conectividad IP.
- ♦Autenticación y asignación de IP.
- ♦Conectividad virtual con servidores remotos.
- ♦Pruebas sobre IDSL, SDSL, SHDSL.
- ♦DMM —Multímetro Digital—. Mide VAC, VDC, R y C.
- ♦Pérdidas de inserción.
- ♦Densidad espectral de ruido (PSO).
- ♦Relación señal/ruido.
- ♦Ruido impulsivo.
- ♦Medidor de nivel y generador de frecuencias.
- ♦Resistencia de lazo.
- ♦TDR localiza abiertos, cortos y bobinas de carga que afecten el par.



## The CoLT-250



Figura 3 Equipo Colt-250

Mediciones que realiza:

- ♦ Resistencia de lazo.
- ♦ TDR.
- ♦ Margen de ruido en subida y en bajada.
- ♦ Atenuación en subida y en bajada.
- ♦ Máxima velocidad en subida y en bajada.
- ♦ Capacidad en subida y en bajada.
- ♦ Potencia en subida y en bajada.

Mediciones que realiza:

- ♦ Respuesta en frecuencia a 2Mhz.
- ♦ Reflectómetro de dominio en tiempo (TDR).
- ♦ Balance longitudinal de señal. PSD, RMS y ruido impulsivo.
- ♦ Prueba DMT para predicción del data rate y prueba de bobina de carga.
- ♦ Voltaje, resistencia, capacitancia e intensidad.
- ♦ Localiza fallas —derivaciones, pares no terminados, cambios en el calibre, cortos, circuitos abiertos y cualquier anomalía— en el loop para indicar la distancia a la falla en metros o en tiempo de propagación.
- ♦ Opciones de software.
- ♦ Software de detección espectral. Permite conectarse a un circuito xDSL activo.
- ♦ Prueba DMT desde un solo extremo. Extrapolación del data rate para ADSL con un solo equipo.



Figura 4 Equipo Cable SHARK

## Bibliografía

"Calificador de servicios ADSL en versión Alcatel. Equipo SLT-11".

Disponible en: <http://www.acterna.com>

"Calificador de servicios ADSL en versión Alcatel. Equipo Colt 250 y Cableshark". Disponible en: <http://www.garcival.com.mx/consul-4.html>.

"Catálogo de instrumentos de mediciones para pruebas en banda ancha". Disponible en: [http://www.triohmtec.com/productos\\_cat.php](http://www.triohmtec.com/productos_cat.php)

"Glosario de Términos de xDSL".

Disponible en: <http://www.34t.com/box-docs.asp?doc=660>.

Leyva, Ebenezer. "Mediciones de los pares de abonados para ADSL". *Tono Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba*, No. 0 (septiembre 2004): 18-22.

Presentación de la Filial de Transmisión de Datos de ETECSA en Reunión Nacional de ENET, Octubre 2004.

Presentación sobre módems ADSL realizada por ALCATEL, Cuba, Febrero 2003.

"¿Qué es ADSL?". Disponible en: <http://www.futurnet.es/adsl/adsl/>.

Rodríguez Pérez, Omar: "DSL: Servicios y Recomendaciones para su implementación en Cuba". Trabajo final Diplomado en Telemática, Ciudad de La Habana, Abril 2003.

"Técnicas de pruebas de banda ancha". 2001. Sunrise Telecom Inc. Disponible en: [http://www.sunrisetelecom.com/espanol/Guia\\_Rapida\\_del\\_SSxDSL.pdf](http://www.sunrisetelecom.com/espanol/Guia_Rapida_del_SSxDSL.pdf).

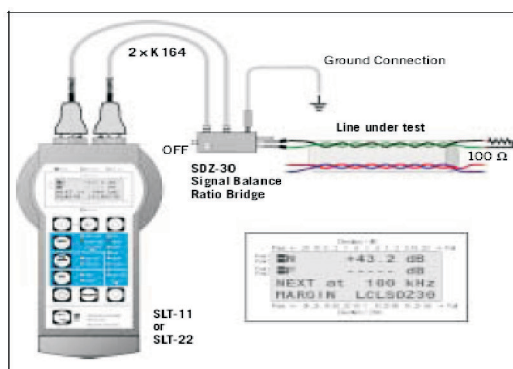


Figura 5 Equipo STL-11 —existe en Cuba—

Mediciones que realiza:

- ♦ Atenuación.
- ♦ Ruido impulsivo.
- ♦ Ruido de banda ancha.
- ♦ Resistencia de lazo.
- ♦ Velocidad de transferencia.