

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS
BASADO EN TECNOLOGÍA XDSL PARA EL
ESTUDIO DEL TRANSPORTE DE DATOS EN
REDES WAN**

**Este Jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha
evaluado su contenido con el resultado: _____**

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma: _____ **Firma:** _____ **Firma:** _____
Nombre: _____ **Nombre:** _____ **Nombre:** _____

REALIZADO POR: Caolo, Giovanna B.
Carrillo, Orlany D.
TUTOR: Ing. Iván C. Carmona T.
FECHA: Caracas, Abril 2013



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS
BASADO EN TECNOLOGÍA XDSL PARA EL
ESTUDIO DEL TRANSPORTE DE DATOS EN
REDES WAN**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR: Caolo, Giovanna B.

Carrillo, Orlany D.

TUTOR: Ing. Iván C. Carmona T.

FECHA: Caracas, Abril 2013



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS
BASADO EN TECNOLOGÍA XDSL PARA EL
ESTUDIO DEL TRANSPORTE DE DATOS EN
REDES WAN**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR: Caolo, Giovanna B.

Carrillo, Orlany D.

TUTOR: Ing. Iván C. Carmona T.

FECHA: Caracas, Abril 2013

Dedicatoria

A mi familia, por estar siempre presente en mi vida, guiándome en cada momento, por brindarme su apoyo incondicional, su amor y cariño, por la paciencia que han tenido a lo largo de todo este camino. En especial a mi mami que lo es todo para mí, a la Abella, el Abello y a Titi que han estado siempre ahí cuidándome y apoyándome en todo momento.

Giovanna Caolo.

A mis padres, quienes me han guiado en cada momento de mi vida, por apoyarme, celebrar mis éxitos y acompañarme en los momentos difíciles, por su amor, paciencia y esfuerzo. A mis hermanos, por cada momento vivido y por ser un pilar fundamental en mi vida. A mi sobrino Williams, que es la luz de mis ojos.

Orlany Carrillo.

Queremos hacer una dedicatoria especial al Ing. Christian Carro por ser un amigo fiel, por estar presente en cada momento. Eres demasiado especial para nosotras. Te queremos.!

Agradecimientos

En un primer lugar damos gracias a Dios por brindarnos la oportunidad cada día de crecer y avanzar en este largo camino que es la vida.

A la Universidad Católica Andrés Bello por la formación profesional recibida, por darnos las herramientas para desarrollarnos en diversos campos y por cada aporte que, directa o indirectamente, recibimos de ella.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, por su amor infinito, paciencia, por sus consejos. Por ser una parte importante de este camino, por guiarnos hasta este momento de nuestras vidas.

A nuestros amigos, los de toda la vida y aquellos que quizás con menos tiempo, ocupan un lugar importante en nosotras. A ustedes por todos los momentos vividos, por los de alegría, risa y por aquellos en los que fueron un apoyo para nosotras.

A nuestro tutor por el apoyo y asesoría brindada durante la ejecución del proyecto.

Al Ing. José Pirrone, Director de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones, por su colaboración y disposición para el correcto desarrollo de este Trabajo Especial de Grado.

A los técnicos Félix Ziegler y Heumir Ávila por su tiempo, ayuda total, disposición, paciencia y apoyo durante las pruebas realizadas.

A todos ¡Muchas Gracias!

Resumen

Tomando en cuenta la necesidad que tienen los estudiantes de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Católica Andrés Bello de adquirir una formación práctica que les permita verificar los conocimientos teóricos obtenidos a lo largo de la carrera, se planteó el desarrollo de un proyecto que involucrara los equipos presentes en el Laboratorio de Telemática de la institución, y que haga posible el estudio del transporte de datos en redes WAN a través una serie de prácticas diseñadas para ello.

Para la realización de las prácticas, se efectuó una investigación teórica sobre las características de ADSL y ATM así como una lista de los equipos presentes en el Laboratorio de Telemática que podían ser incluidos para el proyecto que se iba a desarrollar. Igualmente se ejecutaron una serie de pruebas utilizando generadores de tráfico de datos, específicamente servidores HTTP, FTP y Streaming.

A través de los resultados obtenidos se pudo comprobar los conceptos teóricos tomados en la investigación inicial así como verificar las capacidades y funcionalidades de los elementos del banco de pruebas. De esta manera, se garantizó el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio de este Trabajo Especial de Grado, consiguiendo el montaje de un Banco de Pruebas y las respectivas prácticas que podrán ser aplicadas por los estudiantes.

Palabras Clave: WAN, ADSL, ATM, Transporte de Datos.

Índice General

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Resumen	iii
Introducción	xii
CAPÍTULO I.....	1
Planteamiento del Problema.....	1
I.1. Objetivos.....	2
I.1.1. Objetivo General.....	2
I.1.2. Objetivos Específicos	2
I.2. Alcance y Limitaciones	3
I.2.1. Alcance	3
I.2.2. Limitaciones.....	3
I.3. Justificación	4
CAPÍTULO II	5
Marco Referencial.....	5
II.1. Antecedentes.....	6
II.2. Redes WAN.....	8
II.2.1. Medios de Transmisión.	9
II.2.2. Tipos de Redes WAN.....	10
II.2.3. Tecnologías.....	11
II.3. Tecnologías xDSL.....	11
II.3.1. Definición y Funcionamiento	11

II.3.2. Atenuación en xDSL y Técnicas de Modulación	12
II.3.3. Variaciones de DSL.....	16
II.4. Línea de Abonado Digital Asimétrica (ADSL).....	18
II.4.1. Estándares ADSL	19
II.5. DSLAM	20
II.5.1. Splitter	21
II.6. ATM: Asynchronous Transfer Mode	21
II.6.1. Descripción de ATM	22
II.6.2. Arquitectura del Protocolo	24
II.6.3. Formato de la Cabecera de las celdas.....	27
II.6.4. Direccionamiento de ATM.....	29
II.7. Metro Ethernet.....	30
II.7.1. Beneficios que ofrece Metro Ethernet.....	31
CAPÍTULO III	32
Marco Metodológico.....	32
III.1. Tipo de Investigación.....	33
III.1.1. Investigación de Campo.....	33
III.1.2. Proyecto Factible.....	33
III.2. Diseño de la Investigación	34
III.3. Desarrollo de la Investigación.....	37
III.3.1. Estudio de Equipos e Infraestructura	37
III.3.2. Diseño e Implementación del Banco de Pruebas	40
III.3.3. Montaje del Banco de Pruebas	41
III.3.4. Diseño de las Técnicas de Simulación	42

III.3.5. Pruebas y Simulaciones.....	44
III.3.6. Elaboración de Prácticas de Laboratorio.....	49
CAPÍTULO IV	51
Resultados	51
IV.1. Estudio de las características de conectividad de ADSL2+ a redes WAN y las alternativas de configuración de los DSLAM.....	51
IV.2. Estudio las características de ATM y Metro Ethernet como tecnologías de redes WAN.....	53
IV.2.1. Clases de servicio en ATM.....	55
IV.2.2. Encapsulamiento ATM.....	60
IV.2.3. Características de la Conectividad en Metro Ethernet.....	60
IV.3. Estudio de equipos e Infraestructura disponible en el Laboratorio de Telemática de la Universidad Católica Andrés Bello.	62
IV.3.1. Inventario	62
IV.3.2. Configuración previa de los Equipos.....	65
IV.3.3. Conectividad	67
IV.4. Diseño del Banco de Pruebas.....	68
IV.4.1. Montaje y conexión del Banco de Pruebas	68
IV.4.2. Diseño de las Técnicas de Simulación.....	70
IV.5. Diseño de las Prácticas de Laboratorio.....	72
IV.5.1. Estudio del Modo de Transmisión ADSL.....	72
IV.5.2. Estudio de la tecnología ATM	79
CAPÍTULO V	81
Análisis de Resultados	81
CAPÍTULO VI.....	85

Conclusiones y Recomendaciones	85
VI.1. Conclusiones	85
VI.2. Recomendaciones	86
Bibliografía	88
APÉNDICES	92
Apéndice 1	93
Práctica #1: DSLAM.....	93
Apéndice 2	98
Práctica #2: Redes LAN y WAN	98
Apéndice 3	103
Práctica #3: ATM.....	103
ANEXOS	109
Anexo 1	110
Anexo 2.....	120

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura general del Marco Teórico.	5
Figura 2. Conexión ADSL	19
Figura 3. Modelo de una red ATM	24
Figura 4. Modelo de Referencia del protocolo ATM.....	24
Figura 5. Formato de la cabecera de una celda ATM	27
Figura 6. Significado del campo PTI	28
Figura 7. Estructura general del Marco Metodológico	32
Figura 8. Gráfica obtenida mediante el uso del FlowGraph en la herramienta Wireshark	47
Figura 9. Diseño de Red para verificación integral del servicio	49
Figura 10. Capas del protocolo ATM y las categorías de Servicio.....	60
Figura 11. Servicios Metro Ethernet	61
Figura 12. Conexión vía Consola al DSLAM Vx-1000LD.	65
Figura 13. Conexión vía Consola al Router MIKROTIK.	66
Figura 14. Conexión vía WebServer al Módem ADSL.	66
Figura 15. Sistema Operativo Ubuntu 9.04 instalado en el Servidor DELL.....	66
Figura 16. Prueba de conectividad Router MIKROTIK.	67
Figura 17. Prueba de Conectividad entre dos máquinas. Diseño de red 2.	67
Figura 18. Topología de Red.....	68
Figura 19. Progreso del montaje de los equipos en el Banco de Pruebas.	69
Figura 20. Vista trasera del Patch Panel	69
Figura 21. Montaje final del Banco de Pruebas.	69
Figura 22. Servidor Web en funcionamiento.	70
Figura 23. Servidor FileZilla en funcionamiento.	70
Figura 24. Cliente FileZilla en funcionamiento.	71
Figura 25. Instalación exitosa del Servidor Streaming.	71
Figura 26. Tester ADSL2+ estándar T1.413.	77

Figura 27. Tester ADSL2+ estándar G.DTM	77
Figura 28. Tester ADSL2+ estándar G.Lite	77
Figura 29. Tester ADSL2+ estándar G.Dmt.Bis.	78
Figura 30. Tester ADSL2+ estándar G.Dmt.BisPlus.	78
Figura 31. Prueba de Conectividad con el Tester ADSL2+ en función módem.	79
Figura 32. Prueba de conectividad con diferentes VCI/VPI.	79
Figura 33. Configuración fallida del servicio IPoA mediante WebServer.	80
Figura 34. Configuración fallida del servicio IPoA.	80
Figura 35. Descarga de un archivo desde hacia la Máquina 3	110
Figura 36. Descarga de varios archivos desde la Máquina 3.	110
Figura 37 Descarga de un archivo desde LAN 1, utilizando un DSLAM	110
Figura 38. Descarga de un archivo desde la VLAN 2, utilizando un DSLAM.	111
Figura 39. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando dos DSLAM.	111
Figura 40. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando dos DSLAM.	111
Figura 41. Descarga de un archivo desde la Máquina 2.	112
Figura 42. Descarga de varios archivos desde la Máquina 2.	112
Figura 43. Descarga de un archivo desde LAN 1, utilizando un DSLAM.	112
Figura 44. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando un DSLAM.	113
Figura 45. Descarga de un archivo desde hacia la LAN 1, utilizando dos DSLAM.	113
Figura 46. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando dos DSLAM.	113
Figura 47. Descarga de un archivo desde hacia la Máquina 3.	114
Figura 48. Descarga de varios archivos desde la Máquina 3.	114
Figura 49. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando un DSLAM.	114
Figura 50. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando un DSLAM.	115
Figura 51. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando dos DSLAM.	115
Figura 52. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando dos DSLAM.	115
Figura 53. Descarga de un archivo desde la Máquina 2.	116
Figura 54. Descarga de varios archivos desde la Máquina 2.	116
Figura 55. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando un DSLAM.	116
Figura 56. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando un DSLAM.	117

Figura 57. Descarga de un archivo desde hacia la LAN 1, utilizando dos DSLAM.	117
Figura 58. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando dos DSLAM.	117
Figura 59. Descarga de un archivo desde la Máquina 3.	118
Figura 60. Descarga de varios archivos desde la Máquina 3.	118
Figura 61. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando un DSLAM.	118
Figura 62. Descarga de un archivo desde LAN 2, utilizando un DSLAM.	119
Figura 63. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando dos DSLAM.	119
Figura 64. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando dos DSLAM.	119
Figura 65. Carga y Descarga de un archivo con el estándar T1.413.	120
Figura 66. Carga y Descarga de un archivo con el estándar G.DMT.	120
Figura 67. Carga y Descarga de un archivo con el estándar G.Lite.	120
Figura 68. Carga y Descarga de un archivo con el estándar G.Dmt.Bis.	121
Figura 69. Carga y Descarga de un archivo con el estándar G.Dmt.BisPlus.	121

Índice de Tablas

Tabla 1. Estructura metodológica del trabajo Especial de Grado	34
Tabla 2. Estándar ADSL y velocidad de canales asociada	52
Tabla 3. Estándar ADSL con Anexo Asociado Fuente: Elaboración Propia	52
Tabla 4. Características de las Capas d Adaptación ATM.....	53
Tabla 5. Clases de Servicio ATM.	56
Tabla 6. Parámetros de Tráfico y QoS.....	57
Tabla 7. Características de las Clases de Servicio ATM.	59
Tabla 8. Lista de equipos presentes en el Laboratorio de Telemática en el mes de Marzo de 2010 de acuerdo a datos obtenidos del Trabajo realizado por Mauricio Arias.....	62
Tabla 9. Lista de equipos presentes en el Laboratorio de Telemática en el mes de Septiembre de 2010 de acuerdo a datos obtenidos del Trabajo realizado por Yeleyca Alcalá.....	63
Tabla 10. Lista de equipos presentes en el Laboratorio de Telemática en el mes de Junio de 2012.....	64
Tabla 11. VLAN's Switch NETGEAR.....	65
Tabla 12. Comportamiento del enlace de bajada para el estándar T1.413.....	72
Tabla 13. Comportamiento del enlace de bajada para el estándar G.DMT.	73
Tabla 14. Comportamiento del enlace de bajada para el estándar G.Lite.....	73
Tabla 15. Comportamiento del enlace de bajada para el estándar G.Dmt.Bis.....	74
Tabla 16. Comportamiento del enlace de bajada para el estándar G.Dmt.BisPlus.....	74
Tabla 17. Comportamiento del enlace de Bajada (Wireshark).	75
Tabla 18. Comportamiento del enlace de Subida.	76
Tabla 19. Comportamiento del Enlace de Bajada con una velocidad fija.	76
Tabla 20. Estándares ADSL. Velocidad en los canales downlink y uplink.....	101

Introducción

La sociedad actual se encuentra inmersa en la llamada globalización; desde el punto de vista de las telecomunicaciones, una imagen que podría describir tal situación, es la de una gran malla alrededor del mundo, conformada por un numeroso conjunto de redes que permiten el intercambio de información entre diferentes lugares del planeta.

En este sentido, las denominadas redes de área amplia (WAN) cumplen un rol principal ya que son ellas las que, entre otras cosas, permiten la comunicación entre pequeñas redes separadas por grandes distancias.

Las redes WAN, constituyen una parte fundamental de las telecomunicaciones, pues las mismas requieren la comprensión de numerosos aspectos de esta materia, si se considera que al hablar de redes de área amplia, nos estamos refiriendo a medios de transmisión, protocolos, sistemas de comunicaciones, equipos, entre otros.

En vista de la importancia que tienen las redes de área amplia, y de su utilidad en las comunicaciones actuales, se presenta el siguiente trabajo, cuyo objetivo principal es el diseño de un Banco de Pruebas que permita el estudio del transporte de datos en las ya mencionadas redes WAN. Para ello, se ha planteado a las tecnologías xDSL como base para la comprensión de la capa física estas redes, apoyado en el hecho de que las líneas de par de cobre siguen siendo una de las alternativas en los mecanismos de transporte de datos.

El desarrollo de este trabajo está basado en el cumplimiento de una metodología, a través de la cual se llevarán a cabo una serie de fases con la finalidad de cumplir con los objetivos que han sido planteados.

El contexto hasta ahora presentado pretende acercar al lector a la idea central que sigue este trabajo, la cual, como previamente se ha mencionado, consiste en la contribución a la mejor comprensión de este tipo de redes, tomando como bases principales, las tecnologías xDSL a nivel físico, y por otra parte, utilizando mecanismos generadores de los diferentes tipos de tráfico.

CAPÍTULO I

Planteamiento del Problema

Con el desarrollo de las telecomunicaciones se ha logrado un significativo avance en las comunicaciones globales, encontrándose en ellas herramientas que facilitan el acceso a una gran cantidad de información, y permitiendo el contacto entre personas que se encuentren separadas por grandes distancias.

La creación y desarrollo de las redes de área amplia o redes WAN, permiten conexiones entre múltiples usuarios y dispositivos de cualquier tipo, cubriendo grandes distancias. Un tema importante en el estudio de estas redes lo constituyen las diferentes tecnologías que están involucradas en la transmisión de los datos, las cuales han sido diseñadas para satisfacer necesidades cada vez mayores impuestas por los usuarios.

Dada la importancia y utilidad actual de las redes de área amplia, los estudiantes del área de telecomunicaciones deben cursar asignaturas donde adquieran los conocimientos teóricos de las tecnologías que las soportan; no obstante, esto no siempre resulta suficiente para la comprensión y el manejo de tales conceptos.

El presente trabajo especial de grado tiene como finalidad realizar el diseño de un banco de pruebas mediante el uso de tecnología xDSL, que permita el estudio práctico del comportamiento de las redes de área amplia, y que además contribuya en la formación profesional de los estudiantes de la escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Católica Andrés Bello. El banco de pruebas permitirá afianzar los conocimientos teóricos mediante la realización de prácticas de laboratorio que puedan ser implementadas en las correspondientes cátedras, y cuyo diseño será uno de los objetivos de esta tesis. La idea está sustentada en el hecho de que la escuela de telecomunicaciones cuenta con el equipamiento necesario para el

diseño del mencionado banco de pruebas, y dichos equipo se encuentran actualmente subutilizados.

El banco de pruebas estará caracterizado principalmente, por la utilización de dispositivos DSLAM conectados entre sí, conformando nodos ATM que permitirán conocer y comprender el funcionamiento de las redes de área amplia.

Finalizada la construcción del banco de pruebas y diseño de las prácticas, las mismas podrán ser incorporadas dentro de los programas de estudio, como complemento de los fundamentos teóricos vistos en clases.

I.1. Objetivos

I.1.1. Objetivo General

Diseñar un banco de pruebas y metodologías para prácticas de laboratorio que permitan el estudio de tecnologías de transporte de datos en redes WAN, con base en la utilización de DSLAM's ADSL2+.

I.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de los equipos e infraestructura disponible en el Laboratorio de Telemática de la Universidad Católica Andrés Bello, a ser incluidos dentro del plan de diseño del banco de pruebas.
- Estudiar las características de conectividad de ADSL2+ a redes WAN y las alternativas de configuración de los DSLAM.
- Estudiar las características de ATM y Metro Ethernet como tecnologías de redes WAN, a fin de determinar elementos que puedan ser incluidos tanto en las prácticas como en el diseño del banco de pruebas.
- Realizar el diseño del banco de pruebas, topología de red y conexiones.

- Realizar el montaje y conexión del banco de pruebas diseñado.
- Diseñar estrategias de simulación de tráfico de datos, video y/o audio para realizar pruebas y ser utilizadas en las prácticas.
- Realizar el diseño de prácticas de laboratorio, que puedan ser implementadas por los estudiantes de Ingeniería de Telecomunicaciones, con el fin de reforzar los conocimientos teóricos adquiridos en clases.

I.2. Alcance y Limitaciones

I.2.1. Alcance

Este trabajo especial de grado incluirá el diseño e implementación de un banco de pruebas y metodologías para prácticas de laboratorio que permitan el estudio de tecnologías de transporte de datos en redes WAN, con base en la utilización de DSLAM's ADSL2+.

I.2.2. Limitaciones

- La implementación del banco de pruebas sólo contemplará el uso de la tecnología ATM.
- El banco de pruebas no incluirá la conexión de más de tres (3) dispositivos DSLAM.
- El diseño del banco de pruebas estará limitado por el número de equipos que se encuentren disponibles en la escuela.
- El número de prácticas que serán diseñadas, son excederá el valor de siete (7).

I.3. Justificación

La realización de un Banco de Pruebas en el Laboratorio de Telemática de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones surge como un proyecto que, basado en el uso de los recursos físicos con los que cuenta la misma, permitirá a los estudiantes tener a su disposición una herramienta a través de la cual puedan fortalecer los conocimientos adquiridos durante la carrera en esta área.

El propósito de este trabajo es hacer uso de una serie de equipos que se ubican en las instalaciones anteriormente mencionadas, y que se encuentran subutilizados; de esta manera, se hará posible que el personal docente y los alumnos de la Escuela, puedan realizar investigaciones con fines académicos y además se complementarán los conocimientos teóricos con prácticas demostrativas de los conceptos estudiados en clase.

CAPÍTULO II

Marco Referencial

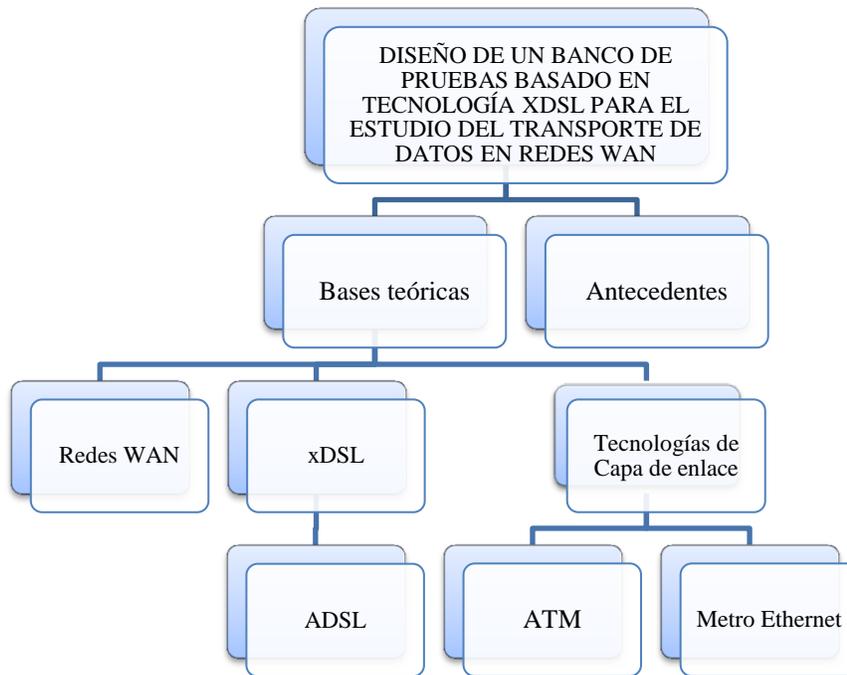


Figura 1. Estructura general del Marco Teórico.

Fuente: Elaboración Propia.

El desarrollo de este proyecto, motiva al conocimiento de varios conceptos fundamentales para la comprensión del problema planteado y de la solución propuesta. Luego de puntualizar la dirección y los objetivos del mismo se presentan los aspectos teóricos que dan soporte al tema.

Inicialmente se hace referencia a los trabajos que forman parte de los antecedentes de este Trabajo Especial de Grado, y a continuación se encuentran una serie de conceptos que determinan el contenido teórico.

En la Figura 1. Se observa la estructura general de este capítulo, el cual se divide en dos grupos principales, antecedentes y bases teóricas. En cuanto a contenido teórico se refiere; en primer lugar se observan los conceptos concernientes a las redes de área amplia, desde su definición hasta los elementos que las constituyen, así como sus características, entre otros. Seguidamente se hace alusión a las tecnologías xDSL que constituyen una parte fundamental de este proyecto, enfocándose especialmente en ADSL y mencionando dos equipos altamente necesarios para el uso de esta tecnología.

Finalmente se exponen los conceptos de ATM como tecnología base para la realización de este trabajo, indicando los aspectos más relevantes del mismo y mencionando igualmente Metro Ethernet como tecnología alterna.

II.1. Antecedentes

Como base para la realización de este Trabajo Especial de Grado se han tomado en cuenta, principalmente, dos trabajos de pasantías realizados en la Universidad Católica Andrés Bello. El más reciente fue realizado por la estudiante (ahora Ingeniero) Yeleyca Alcalá, presentado en Septiembre de 2010, titulado “Culminación de las Instalaciones y Configuraciones del Banco de Pruebas de Aplicaciones NGN y Elaboración de Prácticas para el Laboratorio de Telemática en la Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones” cuyo objetivo principal era darle continuidad al trabajo previo realizado por otro grupo de pasantes en la misma área, así como poner en funcionamiento aquellos equipos que no habían sido instalados ni probados previamente, como el DSLAM Versa Vx-1000LD.

El segundo trabajo tomado en consideración fue realizado por Mauricio Arias, presentado en Marzo de 2010, titulado “Instalación y Configuración de un banco de pruebas para investigación de aplicaciones NGN en la escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones” cuyo objetivo principal era la instalación de los dispositivos en

un bastidor, la configuración de los equipos según su utilidad y funcionalidad dentro del diagrama de red, y por último la realización de comprobaciones para verificar el funcionamiento del banco de pruebas y detectar cualquier error en la configuración mediante el uso de equipos terminales de red.

Los resultados obtenidos en ambos proyectos, constituyen un punto de partida para el desarrollo del presente trabajo, si se toman en cuenta los logros alcanzados en los mismos. No obstante, es importante tomar en consideración que este trabajo estará enfocado al estudio y demostración de las características de las redes WAN, centrándose principalmente en la tecnología ATM.

La razón para la escogencia de ATM como tecnología base para la realización de este trabajo, obedece al hecho de que el DSLAM es un equipo complejo conformado por múltiples niveles, y que se caracteriza por poseer una tarjeta electrónica a la cual se conectan los pares de cobre para la conexión a la llamada “red de acceso”. Sin embargo, el equipo cuenta con otra tarjeta que le permite conectarse a una red de área amplia, o red WAN, a través de la cual tendrá conectividad.

Desde el surgimiento del estándar de ADSL, ATM ha constituido la tecnología predeterminada de conexión de los DSLAM a la red de redes Internet. No obstante, en la actualidad muchas empresas proveedoras de servicio están migrando la conexión de los DSLAM de la red ATM a redes Metro Ethernet mediante el cambio o remplazo de las tarjetas electrónicas que contienen la interfaz y el protocolo de conexión. De esta manera, se explica el enfoque que tendrá el presente trabajo, entorno a la posibilidad de simular una red WAN, por cuanto los propios DSLAM interconectados entre sí actúan como nodos ATM o nodos Metro Ethernet, según sea el caso.

II.2. Redes WAN

Las redes de área amplia, o redes WAN, son un conjunto de elementos que permiten interconectar dos o más redes de área local (LAN), ubicadas en lugares geográficos lejanos. Este tipo de redes, al prolongarse en grandes áreas, pueden ser divididas en subredes interconectadas con equipos de conversión de interfaces y/o protocolos, los cuales a su vez, están conectados a diferentes tipos de líneas de transmisión.

Las redes de área amplia nacen como respuesta a problemas como: necesidad de comunicación entre usuarios de distintas ciudades/países, transmisión de datos entre lugares fuera del dominio de la LAN de una empresa, acceso a información ubicada en lugares remotos y acceso a servicios de la red principalmente.

Dentro de la estructura de una red de área amplia, se pueden distinguir dos elementos fundamentales: en primer lugar, los equipos que permiten el desarrollo de las aplicaciones de usuario (los cuales suelen identificarse como hosts) y en segundo lugar, el medio que permite la comunicación entre estos equipos, llevando mensajes desde un host a otro, el cual es denominado como subred. Los hosts son manejados directamente por los usuarios mientras que la subred es operada por los proveedores de servicios.

La subred, está conformada por dos componentes específicos. El primero de ellos está referido a las líneas de transmisión a través de las cuales se transportan los bits de un lugar a otro de la red, las cuales pueden estar hechas de elementos como par de cobre, cable coaxial, fibra óptica o sistemas de radio enlace. Por otra parte, se encuentran los denominados elementos de conmutación, los cuales son equipos que conectan como mínimo tres líneas de transmisión, que además se encarga de direccionar hacia una línea de salida, a una serie de datos que llegan a una línea de entrada.

Las redes de área amplia poseen ciertas características como se menciona a continuación:

- El tiempo de propagación, si se compara con el de las redes LAN, resulta ser mayor, como resultado de las grandes distancias que cubren.
- Tasas de error mayores a las presentadas en redes LAN.
- Se basan en servicios públicos o en líneas punto a punto.
- Mayor probabilidad de fallo en los enlaces.
- La red, tiene la capacidad de almacenar datos que posteriormente enviará, introduciendo de esta manera retrasos en los paquetes.
- Los costos que se producen en estas redes, mayoritariamente dependen del tráfico.
- La topología de las redes WAN puede ser del tipo estrella, anillo, árbol.

II.2.1. Medios de Transmisión.

De acuerdo a lo señalado por Osorio, Gil, Nader y Sandoval (2010), en las redes de área amplia se pueden diferenciar dos tipos de medios de transmisión principales:

1.- Enlaces Microondas. Se usan principalmente como enlaces telefónicos en aquellos lugares en los cuales resulta poco práctico el uso de cable coaxial o fibra óptica. Se recomienda el uso de antenas de microondas ubicadas en la cima de las montañas para de esa manera, hacer mínimo el uso de repetidores.

2.- Comunicaciones vía satélite. Ofrecen posibilidad de transmisión de datos a altas velocidades, pero con desventajas como los retardos que presenta, y que pueden generar problemas a los protocolos que trabajan con aplicaciones de tiempo

real, la necesidad de implementar enlaces de alta velocidad para conectar a las estaciones terrenas con los usuarios, así como el riesgo de que sean intervenidos, o de que dejen de funcionar.

No obstante, debe mencionarse que existen otros medios de transmisión, como ya los anteriormente mencionados: cable coaxial, fibra óptica y el par de cobre trenzado.

II.2.2. Tipos de Redes WAN

Las redes WAN generalmente se dividen en tres tipos dependiendo del modo de conexión que se utilice:

- Punto a Punto.
- Conmutación de Circuitos.
- Conmutación de Paquetes.

Redes WAN punto a punto: Este tipo de conexión también conocida como redes dedicadas se establece cuando cada nodo se conecta a otro a través de circuitos dedicados, los cuales son canales arrendados por empresas o instituciones a las compañías telefónicas. Si bien este tipo de conexión es el más seguro, también representa el más costoso y sólo es funcional para pequeñas WAN ya que todos los nodos deben participar en el tráfico.

Conmutación de Circuitos: Este tipo de conexión está basada en la construcción de una ruta física entre dos puntos. Cuando se necesita la comunicación el conmutador realiza la búsqueda de una trayectoria física por donde se pueda establecer la conexión, luego de ello se crea el circuito, el cual suele ser desconectado luego de que se hayan transmitido todos los datos. Las redes de conmutación de circuitos son consideradas de baja velocidad comparadas con las redes punto a punto, pero a su vez son mucho más económicas.

Conmutación de Paquetes: Para este tipo de conexión se utilizan rutas dinámicas de circuitos con un solo punto o múltiples puntos de enlace. En general un mensaje a ser enviado se divide en paquetes, los cuales poseen un número de secuencia. Estos paquetes se envían rápidamente por la red, individualmente y son reensamblados para formar el mensaje original en el host de destino. Ya que los paquetes son de tamaño variable y se pueden enviar distintos tipos de datos por un enlace no existe congestión y permite una mayor velocidad en la transmisión.

II.2.3. Tecnologías

La selección de una u otra tecnología WAN depende, principalmente, de las prestaciones que se ofrecen y su coste. Generalmente, el ancho de banda en este tipo de conexión es caro por lo que se debe analizar si se desea una conexión permanente o si las necesidades de comunicación no han de ser constantes y es factible entonces, utilizar un sistema que emplee pago mediante tarifa. En general, la selección de una tecnología WAN u otra se va a basar en:

- Coste económico.
- Ancho de banda.
- Servicios necesarios.

II.3. Tecnologías xDSL

II.3.1. Definición y Funcionamiento

Se conoce como DSL (Línea de abonado digital) a una tecnología que utiliza las líneas telefónicas existentes, implementadas sobre par de cobre, para transportar información digital con altos requerimientos en tasas de transmisión, como los son datos, video, audio y aplicaciones multimedia en general, a los abonados o clientes. Esta conexión DSL se establece normalmente entre la oficina central de un proveedor de servicios de red (NSP) y el sitio del cliente, o bien en bucles locales creados dentro

de campus o edificios. Además, permite obtener un gran ancho de banda utilizando el par de cobre sin necesidad de instalar amplificadores o repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, desde el usuario hasta el primer nodo de la red.

Esta tecnología aprovecha el hecho de que las líneas de cobre telefónico pueden soportar varios canales de ancho de banda, con lo cual, mientras el canal más bajo es empleado para la comunicación de voz, los canales de mayor ancho de banda son utilizados para la transmisión de datos, tanto en subida (desde el usuario hasta la central) como en bajada (desde la central hasta el usuario). Para lograr esto, se vale del uso de la multiplexación, la cual le permite realizar la división del medio en los canales mencionados anteriormente, de tal manera que las frecuencias superiores al ancho de banda telefónico se empleen para la transmisión de datos.

DSL actúa entonces como una tecnología de acceso punto a punto, que permite el flujo de información simétrica y asimétrica, en la cual el par de cobre se comporta como el medio de transmisión de las diferentes aplicaciones multimedia entre el usuario y la central; los datos que son enviados, deben pasar por un equipo denominado *Splitter*, el cual admite el uso simultáneo del servicio telefónico y del servicio xDSL. Este dispositivo está ubicado delante de los módems del usuario y de la central, y su funcionamiento se basa en que, al estar constituido por dos filtros - uno pasa bajo y otro pasa alto - es capaz de separar las señales que son transmitidas, entre las que corresponden al canal de alta frecuencia y las que corresponden al canal de señales de baja frecuencia. De esta manera, es posible la descongestión de las centrales y de la red conmutada.

II.3.2. Atenuación en xDSL y Técnicas de Modulación

La distancia entre el usuario final y la central telefónica es un punto importante en el estudio de las tecnologías xDSL ya que las mismas se caracterizan entre otras cosas por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico ascendente y descendente. En el caso específico de la distancia se sabe que, la longitud de la línea es uno de los factores principales que

deben tomarse en cuenta, puesto que el aumento de la atenuación es proporcional a la longitud de la línea. Asimismo, después de los 2400 metros la velocidad de la transmisión comienza a disminuir. Esta distancia mínima que debe existir, está referida al tramo comprendido entre el usuario final y el conmutador de la central telefónica, ya que una vez que la señal llega a este punto y es tratada por el Proveedor de Servicios de Internet (ISP por sus siglas en inglés) la misma puede transportarse a cualquier lugar ubicado a gran distancia.

La atenuación en la línea también se verá afectada por la frecuencia, y disminuirá con el diámetro de la línea. A consecuencia de ello, y para reducir la atenuación del cable conductor, el contenido espectral de la señal a frecuencias elevadas, debería ser bajo; igualmente, esto permite evitar la distorsión que se produce entre pares adyacentes de hilos trenzados.

De acuerdo a lo planteado a lo anteriormente, junto al hecho de que se requiere que la señal que se transmita no posea componente continua y que además presente altas velocidades, se ha tomado como mecanismo para responder a estos planteamientos el empleo de la modulación en las tecnologías xDSL, basándose principalmente en el uso de tres técnicas:

1.- Modulación 2B1Q (dos-binario, uno cuaternario): es un tipo de codificación donde se toman pares de bits para ser codificados en cuatro niveles de señal. “Esto supone utilizar una representación de una modulación de amplitud con cuatro niveles. Asumiendo que los símbolos 0 y 1 son equiprobables, resulta un código de línea con componente continua nula. Además ofrece unas buenas prestaciones en cuanto a distorsión de cruce e interferencia intersimbólica. De esta forma es posible tener obtener probabilidades de error de bit del orden de 10^{-7} en modo full dúplex a 160 Kbits/s en la mayoría de las líneas de pares trenzados.” (FAÚNDEZ, 2001).

2.- Modulación CAP (Carrierless Amplitude Modulation/ Phase Modulation): es el primer sistema empleado en DSL; se caracteriza por ser sencillo,

de bajo costo, consumir menos potencia y por poseer un tiempo de inicialización de la conexión menor; sin embargo, su rendimiento resulta ser menor que el de la modulación DTM. Este tipo de modulación supone que una portadora es impuesta por la banda transmisora, para así formar un filtro cuya función es eliminar los símbolos que estén fuera de los límites. Este proceso es similar a nivel de algoritmo al implementado por la modulación QAM, por lo cual ambas modulaciones están relacionadas.

Como señala Andueza (2004) la modulación CAP parte la señal modulada en varios fragmentos que son almacenados en una memoria. Posteriormente, se suprime la señal portadora, ya que la misma no aporta información. Finalmente, se pasan cada uno de estos fragmentos por dos filtros digitales transversales cuya amplitud es igual pero se encuentran desfasados en 90° , de esta manera se forma la señal que será transmitida. Del lado del receptor, se toman cada uno de los fragmentos, los cuales son reensamblados hasta obtener la señal modulada.

Este tipo de modulación es recomendada en aplicaciones “donde el ancho de banda del espectro de señal es de la misma magnitud que la frecuencia central del espectro” (GAONA, 2007).

3.- DTM (Discrete Multi-Tone Modulation): La modulación DMT divide el espectro en muchas bandas de frecuencia, cada una con un ancho de banda de 4.3125 KHz. A cada una de éstas se le denomina tono (tone), caja (bin) o subportadoras. Cada tono tiene una portadora modulada con QAM, a una tasa de símbolos de 4 KHz. El número de tonos varía con la respuesta en frecuencia de la línea y el número de bits por símbolo varía de acuerdo con la relación señal a ruido en cada una de las frecuencias.

Una de las características de DMT, es que emplea la transformada de Fourier para modular las portadoras individuales, dividiendo el ancho de banda disponible en unidades más pequeñas. Este tipo de modulación se distingue además por requerir de una alta precisión en el sincronismo entre el transmisor y receptor, con el objeto de

asegurar la existencia de ortogonalidad entre las portadoras, y poder así recuperar la información que es transmitida en las bandas laterales adyacentes a la subportadora.

“La norma especifica un tono especial (piloto) dedicado al sincronismo (LoopTiming) a 276 KHz. para el canal de downstream y de 69 KHz. para el canal de upstream además de predisponer de un adecuado tiempo de guarda mediante la inserción de un prefijo cíclico, gracias a esto, es posible efectuar para una complejidad limitada una adecuada ecualización del canal” (GAONA, 2007).

4.- DWTM (Discrete Wavelet Multi-Tone): Es una variante más compleja, de la modulación DTM, la cual ofrece un mayor rendimiento. Usa una transformación de onda digital, y describe una versión de modulación del multicarrier en la que cada portador es creado como Transformada de Wavelet en lugar de utilizar la Transformada de Fourier como en la modulación DTM.

Los subcanales de DWTM tienen lóbulos laterales significativamente más bajos que los de DTM y más aproximados al ideal debido a que la Transformada de Wavelet produce armónicos de energía más bajos.

Algunas ventajas que presenta esta modulación son las siguientes: presenta menos solapamientos de transmisión que OFDM y DTM, no hay tiempos de seguridad entre los símbolos ni una costosa sincronización de tiempo así como también, el hecho de que en arquitecturas HFC multipunto a punto DWTM activa el ancho de banda repartiéndolo a usuarios de forma independiente con un único canal de seguridad. Por otra parte, y tal como lo describe Gaona (2007) permite resolver el problema que se presenta en DTM, donde la separación de niveles en los subcanales adyacentes, es de apenas 13 dB, lo cual aumenta la probabilidad de error; con el algoritmo que ofrece esta modulación es posible alcanzar una separación de hasta 43 dB.

II.3.3. Variaciones de DSL

El término xDSL es utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica o conmutada, las cuales están asociadas al tipo de aplicaciones que se tendrán y de las necesidades que deban satisfacerse.

Hay muchas variedades de DSL. Algunas ofrecen operación simétrica, con la misma tasa de datos en ambas direcciones. Sin embargo, éstas requieren uno o dos pares trenzados dedicados para datos. Es más común que se utilicen sistemas asimétricos (ADSL). Éstos comparten un solo par trenzado con la telefonía de marcación ordinaria, pero tienen menores tasas de transmisión ascendente de datos que en la dirección descendente (recepción), como en los cables módems (BLAKE, 2004).

Entre las variaciones de la tecnología DSL se encuentran: ADSL, SDSL, IDSL, HDSL, VDSL:

- **HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line):** Esta tecnología se caracteriza por operar simétricamente –con igual velocidad para el canal de subida y el canal de bajada de datos- a velocidades de 1.544 Mbps sobre dos pares de cobre y 2.048 Mbps sobre tres pares de cobre, en anchos de banda que varían entre los 8 KHz y 240 KHz. Igualmente, se diferencia por ser bidireccional, utilizar cancelación de eco y en la mayoría de los casos implementar la codificación 2B1Q. Es utilizado principalmente en centrales PBX, y se encuentra normalizado internacionalmente bajo la recomendación G.991.1 del ITU-T: High bit rate Digital Subscriber Lines transceivers. Un inconveniente de esta tecnología, es que no puede coexistir con los servicios de voz en el mismo canal. Actualmente, se encuentra disponible una versión más moderna de este servicio, HDSL2, la cual incluye como innovación respecto a su predecesor, la capacidad de proveer las mismas velocidades utilizando un solo par de cobre trenzado, lo cual resulta provechoso para las

compañías proveedoras de servicio; asimismo, es capaz de variar y ajustar los niveles de potencia en la línea, para disminuir el ruido presente.

- **SDSL (Single-Line Digital Subscriber Line):** Es una variación de DSL, que trabaja sobre una sola línea telefónica ofreciendo velocidades de transmisión de hasta 2.048 Mbps, en los canales de upstream y downstream. No permite servicios de banda ancha y telefonía al mismo tiempo y tiene un alcance máximo de 3048 metros. SDSL está regido bajo la recomendación G.991.2 del ITU-T: Single pair High speed Digital Subscriber Lines transceivers. Otra de sus características es que resulta ser compatible con otros sistemas de xDSL, pudiendo compartir la misma línea; utiliza una codificación denominada TC-PAM, con 16 niveles y es usado para transportar tráfico con TDM y ATM.

- **IDSL (Integrated Services Digital Network DSL):** Esta tecnología se fundamenta en la utilización de todo el ancho de banda para transmitir datos, a una velocidad máxima de 144 Kbps para una distancia máxima de 5.38 Km de la central utilizando un solo par trenzado. Es una tecnología simétrica, y se caracteriza de igual manera por tomar el acceso básico de RDSI para luego desviarlo del conmutador de voz de la RTC y dirigirlo a los equipos DSL.

- **VDSL (Very high data rate Digital Subscriber Line):** Se trata de un estándar asimétrico que se diferencia porque ofrece la posibilidad de transmitir datos a una velocidad de bajada que oscila entre 13 Mbps y 52 Mbps, cubriendo distancias menores o iguales a 13 Km desde la central hasta el usuario final, mientras que las velocidades en el canal de subida varían entre 1.6 Mbps y 2.3 Mbps. Su uso suele estar orientado a las conexiones finales a través de las redes de cableado telefónico, cuando se le combina con la fibra óptica, en marcadas en una topología denominada FTTN: Fiber to the Neighborhood.

Existen otras variaciones de la tecnología DSL, que en principio se presentan como mejoras de los estándares ya existentes.

Sin embargo, y debido a la orientación de este trabajo, debe hacerse especial mención a una de las tecnologías que conforman al conjunto xDSL; se trata de ADSL, cuya descripción será expuesta a continuación.

II.4. Línea de Abonado Digital Asimétrica (ADSL)

La Línea de Abonado Digital Asimétrica (Asymmetric Digital Subscriber Line) o ADSL es una técnica de transmisión de datos a altas velocidades que se aplica sobre los bucles de abonado de la red telefónica. Para realizar la transmisión utiliza frecuencias más altas que el servicio telefónico lo que permite el uso simultáneo del par trenzado para el servicio telefónico y de datos.

ADSL proporciona un acceso asimétrico a través del par de cobre lo que se traduce en mayor capacidad de transmisión de datos en el sentido descendente (de la red hasta el usuario) y menor transmisión en sentido ascendente (desde el usuario a la red). Este hecho lo hace apropiado para el acceso a Internet, ya que el volumen de información recibida por el usuario es mucho mayor que el generado por los comandos de control en la navegación.

“ADSL forma parte de una compleja arquitectura de red que goza del potencial de ofrecer a usuarios residenciales y de pequeñas empresas todos los servicios de banda ancha. En este contexto se entiende por servicios « banda ancha » aquellos que necesitan un enlace con una velocidad superior a 1 o 2 Mbps.” (Goralski, 2001)

La Línea Digital de Abonado Asimétrica posee varias características de gran importancia entre las que se encuentra el poder soportar el servicio de voz analógica POTS (*Plain old telephone service* o Servicio telefónico ordinario antiguo). Para ello

se utiliza un filtro que separa dicho servicio de los servicios digitales. POTS es llevado hacia un conmutador de voz y el bucle final de ADSL finaliza en un nodo de acceso al que se encuentran enlazados enrutadores TCP/IP o conmutadores ATM los cuales permiten a los usuarios acceder a diferentes productos. Es de esta manera que ADSL permite el transporte de voz y datos por el par de cobre existente para la línea telefónica.

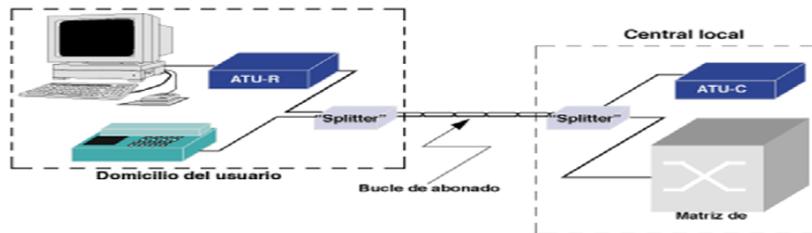


Figura 2. Conexión ADSL

Fuente: Universidad de Zaragoza, Servicio de Informática y Comunicaciones Consultado el día 8/06/2012 de la World Wide Web:
<http://www.unizar.es/sicuz/adsl/comofunciona.html?menu=adsl>

II.4.1. Estándares ADSL

Las bases que fundamentan ADSL, en cuanto a capa física se refiere, se estandarizaron por primera vez en el *American National Standards Institute* (ANSI) TI.413 en 1995, y en él se especifica la forma en que ADSL se debe comunicar a través de un bucle local analógico. A continuación se describirán algunas de las especificaciones.

ADSL puede utilizar dos técnicas de modulación distinta, CAP (*Carrierless amplitude/phase* o Fase/Amplitud sin portadora) o DTM (*Discrete Multitone* o Multitonos Discretos) como codificadores de línea (los cuales determinan de qué forma se enviarán los unos y ceros de la señal digital), sin embargo, el elegido por ANSI es el DTM, por lo menos en cuanto a ADSL se refiere.

La escogencia de ANSI por esta tecnología se debe a las grandes ventajas que le puede ofrecer a ADSL, que si bien no están por encima de las ventajas que le ofrece CAP, si permiten obtener una mayor flexibilidad. Entre estas mejoras tenemos las siguientes: Optimización integrada en los subcanales, monitorización activa y continua de los canales, alto nivel de flexibilidad en la velocidad (Una de las características principales que permitieron la inclinación por esta tecnología), superior inmunidad al ruido lo que permite un mayor rendimiento.

Otra de las especificaciones es que se debe dividir el rango de frecuencias en dos bandas, una de subida o *upstream* otra de bajada o *downstream*, siempre que se trabaje de forma full-dúplex con el mismo par de hilos de cobre, para ello ADSL utiliza FDM (Multiplexación por División de Frecuencias). Además de esto se puede utilizar la cancelación de ecos, la cual permite remover eco de la comunicación de voz para mejorar la calidad de la llamada. Generalmente FDM se utiliza en conjunto con la cancelación de eco, ya que la utilización de FDM pura no utiliza de la manera más óptima el ancho de banda disponible.

II.5. DSLAM

El término DSLAM proviene de los términos anglosajones Digital Subscriber Line Access Multiplexer (Multiplexor de acceso a la línea digital de abonado). Se trata de un multiplexor localizado en la central telefónica que proporciona a los abonados acceso a los servicios DSL sobre cable de par trenzado de cobre. Este dispositivo separa la voz y los datos de las líneas de abonado. (Lloret, García, Boronat, 2008)

El DSLAM surge como una solución al complicado despliegue de la tecnología xDSL en las centrales. Los equipos de xDSL necesitan de un par de módems por usuario, uno en la central y uno en el domicilio del usuario por lo que el DSLAM resulta una solución apropiada para interconectar a los múltiples

consumidores de la tecnología DSL ya que consta de un gran número de tarjetas, cada una de las cuales posee varios módems, además es capaz de concentrar todo el tráfico de los enlaces xDSL hacia una red WAN. La interfaz de salida de este equipo suele ser ATM aunque en la actualidad se está utilizando Ethernet.

II.5.1. Splitter

Para hacer uso simultáneo de la conexión de datos y el servicio de voz es necesario un dispositivo que permita separarlos para poder realizar la transmisión en el mismo par de cobre. El dispositivo que permite que esto suceda es llamado Splitter, que no es más que un filtro que posibilita la discriminación de las frecuencias de banda vocal y ADSL para que no interfieran el uno con el otro durante la transmisión.

Este filtro es del tipo pasa bajo analógico y es utilizado para prevenir la interferencia entre la señal de voz POTS y el servicio DSL que opera en la misma línea. Si no se realiza la instalación de este tipo de dispositivos, las señales que posean una alta frecuencia pueden resultar con un menor rendimiento y generar problemas en la conexión DSL, además de resultar ruidos en la línea telefónica.

II.6. ATM: Asynchronous Transfer Mode

Según la definición obtenida en la biblioteca TechNet de Microsoft, el modo de transferencia asincrónica (ATM) puede definirse como una tecnología que reúne herramientas de software, hardware y medios de conexión con el objetivo de transmitir datos a altas velocidades. ATM, se caracteriza además por permitir a las redes utilizar los recursos de banda ancha con la máxima eficacia y mantener al mismo tiempo la Calidad de servicio (QoS) para los usuarios y programas con unos requisitos estrictos de funcionamiento.

Por otra parte, señala que los componentes básicos del ATM son los equipos que están conectados a una red de este tipo (denominados como estaciones finales)

así como los dispositivos encargados de conectar a los mismos y asegurar que los datos se transfieren correctamente. Algunos ejemplos de los dispositivos que conectan a las estaciones finales son: Enrutadores, DSLAM y conmutadores ATM.

El término asíncrono hace referencia al hecho de que el ancho de banda de red disponible no está dividido en canales fijos o ranuras sincronizadas por un mecanismo temporizador o un reloj, mientras que al hablar de modo de transferencia, se indica la forma en que la información se transfiere entre el emisor y el receptor.

ATM es una tecnología que lleva a cabo la transferencia de los datos en trozos discretos.

“En ATM, se utiliza el concepto de celdas pequeñas de longitud fija para estructurar y empaquetar los datos para las transferencias. Al utilizar celdas, en contraste directo con el mecanismo de paquetes de longitud variable utilizado por la mayoría de las tecnologías de red actuales, ATM asegura que las conexiones pueden negociarse y administrarse sin que ninguno de los tipos de datos o conexiones pueda apropiarse en exclusiva de la trayectoria de transferencia”. (TechNet Microsoft, s.f.)

El uso de celdas de tamaño fijo sirve de base para el desarrollo de altas velocidades en ATM, ya que de esta manera se simplifica el procesamiento necesario en cada nodo. Por otra parte, este protocolo de capa de enlace trabaja con una mínima capacidad de control de errores y de flujo, permitiendo de esta manera la reducción del procesamiento que tiene lugar en las celdas ATM.

II.6.1. Descripción de ATM

De acuerdo a la descripción que ofrece Montañana (2011), ATM es una red orientada a conexión la cual crea circuitos virtuales (denominados canales virtuales o *Virtual Channel* en el estándar) entre los sistemas que desean intercambiar información. Los conmutadores son equipos o nodos encargados del

encaminamiento, y además conforman las redes ATM formando líneas punto a punto de alta velocidad.

Algunas de las características que definen a ATM, y que son descritas en esta misma referencia son las siguientes:

- ATM no envía acuses de recibo de las celdas recibidas.
- No se verifica el contenido de la celda, salvo la cabecera, ya que se diseñó pensando en medios de transmisión altamente fiables, como las fibras ópticas.
- Uno de los objetivos de ATM es enviar tráfico isócrono, para el cual las retransmisiones serían peores que dejar pasar algunos errores.
- Las celdas que se envían por un circuito virtual serán entregadas en su destino en el mismo orden en que han salido. Si bien, es posible la pérdida de algunas de ellas, no se permitirá alterar el orden de llegada, ni duplicar celdas.
- En ATM se pueden agrupar los canales virtuales entre dos nodos en lo que se conoce como trayectos virtuales o *Virtual Paths* (VPs), los cuales pueden describirse como pares de hilos de cobre que enlazan dos nodos y que están numerados en ambos extremos para su fácil identificación.

Las redes ATM están formadas por tres elementos diferentes: usuarios (dispositivos de extremo), conmutadores e interfaces. En las redes ATM, hay dos tipos de interfaces que describen cómo se comunican estos elementos: interfaces de usuario a red (UNI, *User-to-Network Interfaces*) e interfaces de red a red (NNI, *Network-to-Network Interfaces*). Las especificaciones UNI y NNI proporcionan un método de señalización estándar para que se comuniquen las estaciones finales y los conmutadores ATM. (TechNet de Microsoft, s.f.).

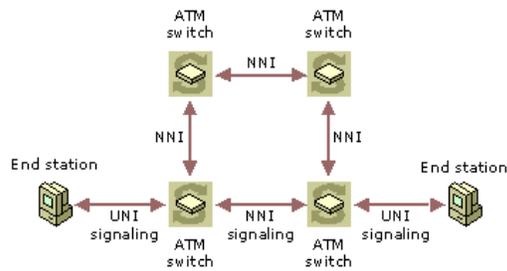


Figura 3. Modelo de una red ATM

Fuente: TechNet de Microsoft (s.f.). Consultado el día 11/06/2012 de la World Wide Web: [http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc782635\(v=ws.10\)](http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc782635(v=ws.10))

II.6.2. Arquitectura del Protocolo

La Unión Internacional de Telecomunicaciones es uno de los organismos que se ha encargado de estandarizar y establecer normas que regulen y permitan el funcionamiento a nivel internacional del protocolo ATM. A partir de las mismas, se obtuvo un esquema básico en el cual se define la estructura del protocolo, y que puede verse en la Figura 4.

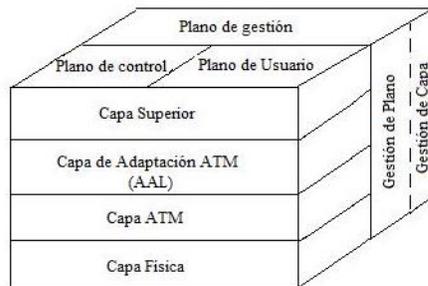


Figura 4. Modelo de Referencia del protocolo ATM

Fuente: Stallings, W (2004). Comunicaciones y redes de computadoras. Prentice Hall.

A partir de este modelo se pueden diferenciar 4 capas y 3 planos que forman entonces el modelo usuario – red.

Stallings describe que la estructura del protocolo está conformada por una capa ATM que resulta común a todos los servicios de conmutación de paquetes, al

igual que una capa de adaptación ATM (AAL) la cual depende del servicio. A continuación se presenta una breve explicación del modelo de referencia del Protocolo ATM.

- **Capa Física:** especifica un medio de transmisión y un esquema de codificación de señal, es decir, controla la transmisión y recepción de bits sobre el medio físico.

Esta capa se divide en dos subcapas: la subcapa de convergencia de transmisión encargada de la inserción o supresión de celdas, protección de la cabecera por medio del HEC, con lo cual se pueden detectar y corregir errores; mantener los límites (tamaño) de las celdas, entre otros. (Cuenca, 1999)

La segunda subcapa es la de medios físicos la cual en sentido general tiene funciones asociadas directamente al medio físico utilizado para la transmisión.

- **Capa ATM:** se encarga de definir la transmisión de datos en celdas fijas, así como establecer el uso de conexiones lógicas. Igualmente es la encargada de la comunicación host-host.

“La capa ATM se encarga de las celdas y su transporte. Define la disposición de una celda e indica qué significan los campos del encabezado. También tienen que ver con el establecimiento y liberación de los circuitos virtuales. El control de congestión también se ubica aquí”. (Tanenbaum, 2003).

- **Capa de Adaptación (AAL):** Su principal función es admitir protocolos de transferencia de información no basados en ATM. Esta capa está definida por la ITU-T en la recomendación I.363, en donde se pueden encontrar detalles de aspectos como los siguientes:

1.- Gestión de errores de transmisión.

2.- Segmentación y ensamblado para permitir la transmisión de bloques mayores de datos en el campo de información de celdas ATM.

3.- Gestión de condiciones de pérdida de celdas y de celdas mal insertadas.

4.- Control de flujo y temporización.

La capa de adaptación ATM se encuentra dividida en dos subcapas lógicas: la subcapa de convergencia que da soporte a aplicaciones específicas usando AAL, permitiendo adaptar diversos tipos de tráfico para su transporte sobre redes ATM; la segunda subcapa lógica es la de segmentación y ensamblado, la cual adopta funciones de empaquetamiento de la información recibida desde la subcapa anterior en celdas de transmisión, así como desempaquetar información en el otro extremo.

Como se mencionó anteriormente, la primera clasificación de la capa AAL hecha por la ITU-T sirvió de base para los protocolos que se utilizan en esta capa.

Montañana (2011) describe que en principio se definieron cuatro protocolos AAL, denominados AAL1 a AAL4, que correspondían a las cuatro clases descritas. Posteriormente se fueron especificando los detalles de cada AAL y esto condujo a que se observara que los requerimientos de las clases C y D eran tan similares que no se justificaba la existencia de dos protocolos diferentes, por lo que AAL3 y AAL4 fueron agrupados en un protocolo conjunto, denominado por ello AAL3/4. La gama de protocolos AAL quedaba así reducida a tres posibilidades: AAL1 para servicios constante en tiempo real con tasa constante, AAL2 para servicios constante en tiempo real con tasa variable y AAL3/4 para tráfico que no fuese en tiempo real con tasa variable; este último sería el protocolo normalmente elegido cuando se tratara de transmitir datos sin el requerimiento de tiempo real, por ejemplo para la interconexión de redes locales.

II.6.3. Formato de la Cabecera de las celdas

La celda ATM está formada por 5 bytes de cabecera y 48 de carga útil (payload). Existen dos formatos de cabecera según se trate del interfaz UNI o NNI. La siguiente tabla muestra las características de la cabecera.

Campo	Longitud (bits)	
	Formato UNI	Formato NNI
GFC (General Flow Control)	4	0
VPI (Virtual Path Identifier)	8	12
VCI (Virtual Channel Identification)	16	16
PTI (Payload Type)	3	3
CLP (Cell Loss Priority)	1	1
HEC (Header Error Control)	8	8

Figura 5. Formato de la cabecera de una celda ATM

Fuente: Montañana, R. (2011). Redes Frame Relay y ATM. Consultado el día: 08/06/2012 de la World Wide Web: http://www.uv.es/montanan/redes/cap_06.pdf

De esta manera los campos del encabezado se presentan a continuación:

- **Control de Flujo Genérico (GFC):** sólo aparece en el formato UNI. Este campo no se incluye en la cabecera de aquellas celdas internas a la red, sino en la interfaz usuario-red. Su principal objetivo es disminuir la aparición esporádica de sobrecarga en la red. (Stallings, 2004)
- **Identificador de Camino Virtual (VPI):** este campo identifica el Virtual Path por el que debe circular la celda. Es un campo de encaminamiento para la red.

- **Identificador de Canal Virtual VCI:** identifica el Virtual Channel por el que debe circular el paquete dentro del Virtual Path especificado.
- **Tipo de Carga útil (PTI):** es un campo que contiene tres bits. El primer bit indica el tipo de celda: si se trata de una celda de usuario (0) o de mantenimiento de la red (1). El segundo se utiliza para informar de situaciones de congestión mediante un aviso ‘piggybacked’ y el tercero indica si la celda es de tipo 0 o de tipo 1. En la siguiente tabla se puede ver con mayor detalle la representación de este campo.

Valor PTI	Significado
000	Celda de usuario tipo 0; no se detecta congestión
001	Celda de usuario tipo 1; no se detecta congestión
010	Celda de usuario tipo 0; se detecta congestión
011	Celda de usuario tipo 1; se detecta congestión
100	Información de mantenimiento entre conmutadores vecinos
101	Información de mantenimiento entre conmutadores de origen y destino
110	Celda de gestión de recursos (utilizada para control de congestión ABR)
111	Reservado

Figura 6. Significado del campo PTI

Fuente: Montañana, R. (2011). Redes Frame Relay y ATM. Consultado el día: 08/06/2012 de la World Wide Web: http://www.uv.es/montanar/redes/cap_06.pdf

- **Prioridad de pérdida de celdas (CLP):** es un campo que permite distinguir entre celdas importantes y no importantes, si se presentase una situación de congestión y por tanto hubiese la necesidad de realizar descartes. Las celdas con CLP 1 serán descartadas primero. Las celdas que se envían para notificar una situación de congestión tiene este bit a 0 para evitar en lo posible que sean descartadas.
- **Control de errores de cabecera (HEC):** este campo funciona como un CRC de los primeros 32 bits que detecta todos los errores simples y la mayoría de los errores múltiples.

II.6.4. Direccionamiento de ATM

Las direcciones ATM son necesarias para permitir el uso de conexiones virtuales conmutadas (SVC) en una red ATM.

En su nivel más sencillo, las direcciones ATM ocupan siempre 20 bytes y tienen tres partes diferenciadas:

- **Prefijo de red:** Los primeros 13 bytes identifican la ubicación de un determinado conmutador en la red. El uso de esta parte de la dirección puede variar considerablemente de acuerdo con el formato de direcciones de la red. Cada uno de los tres modelos estándar de dirección ATM proporciona una información diferente sobre la ubicación del conmutador ATM. Estos modelos son: el formato de código de país o región de los datos (DCC), el formato designador de código internacional (ICD) y el formato E.164 propuesto por la ITU-T para de la numeración telefónica internacional en redes RDSI de banda ancha.
- **Dirección de control de acceso a medios de adaptador:** Los 6 bytes siguientes identifican un extremo físico, como una determinada tarjeta adaptadora ATM, mediante una dirección de nivel de control de acceso a

medios asignada físicamente al hardware ATM por el fabricante. El uso y la asignación de direcciones de control de acceso a medios para el hardware ATM es igual que en Ethernet, Token Ring y otras tecnologías IEEE 802.x.

- **Selector (SEL):** El último byte se emplea para seleccionar un extremo de conexión lógica en el adaptador ATM físico. Aunque todas las direcciones ATM se ajustan a esta estructura de tres partes, hay diferencias significativas en el formato exacto de los 13 primeros bytes, de acuerdo con el formato de direcciones o si la red ATM tiene un uso privado o público.

Según describe TechNet de Microsoft, los tres formatos de dirección ATM más utilizados en la actualidad (DCC, ICD y E.164) presentan las características siguientes:

- Cumplen el plan de direcciones del punto de acceso del servicio de red (Network Service Access Point, NSAP), según se propone en el conjunto de protocolos Open Standards Interconnection (OSI) de International Standards Organization (ISO).
- Todos ellos pueden servir para establecer e interconectar redes ATM privadas que admitan conexiones virtuales conmutadas (SVC).

II.7. Metro Ethernet

Es un diseño de red que proporciona conectividad de banda ancha para redes privadas y servicios de transporte necesarios, tales como Internet de alta velocidad dentro de un área metropolitana. (Castro, Gonzales, Montenegro y Fuenmayor, 2009)

Este servicio permite interconectar redes LAN situadas a grandes distancias dentro de una misma ciudad, ejecutando un transporte WAN. Tal como su nombre lo indica, está basada en el estándar Ethernet y cubre una zona metropolitana. El medio

de transporte puede ser variado ya que esta tecnología es soportada por medios de transmisión guiados, como lo son la fibra óptica y el cobre, además de medios inalámbricos.

La red Metro Ethernet, reúne en sí, una serie de dispositivos característicos de las capas 2 y 3 del modelo OSI, tales como conmutadores o routers, los cuales se encuentran interconectados. En cuanto a la topología, esta red admite diseños en forma de anillo, estrella, el pleno de malla o malla parcial.

La Red Metro Ethernet soporta una amplia gama de servicios, aplicaciones, contando con mecanismos donde se incluye soporte a tráfico "RTP" (tiempo real), como puede ser Telefonía IP y Video IP, este tipo de tráfico resulta especialmente sensible a retardo.

II.7.1. Beneficios que ofrece Metro Ethernet

1.- Fiabilidad: posee una alta fiabilidad ya que los enlaces de cobre utilizados para la transmisión están constituidos por múltiples líneas de Cobre y los enlaces de Fibra Óptica son configurados mediante Spanning Tree (Protocolo mediante el cual se gestiona la presencia de bucles en topologías de red).

2.- Económicos: este tipo de tecnología ofrece muchos beneficios económicos relacionados con su bajo costo, el amplio uso que presenta y con el ancho de banda que ofrece a los usuarios.

3.- Fácil uso: ya que interconectado con Ethernet simplifica las operaciones de red, el manejo, la administración y la actualización.

4.- Flexibilidad: este tipo de redes permite la sencilla modificación y manipulación versátil y dinámica del ancho de banda y la cantidad de usuarios.

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

La realización de un Trabajo Especial de Grado requiere de la ejecución de una metodología de trabajo que, a través de la aplicación de diferentes herramientas, recursos, instrumentos y procedimientos, permitan alcanzar los objetivos que han sido planteados. A continuación se presenta la sistemática utilizada para el desarrollo de este trabajo, explicando el tipo de investigación y el tipo de diseño que lo caracterizan, para finalmente exponer la estructura del mismo.

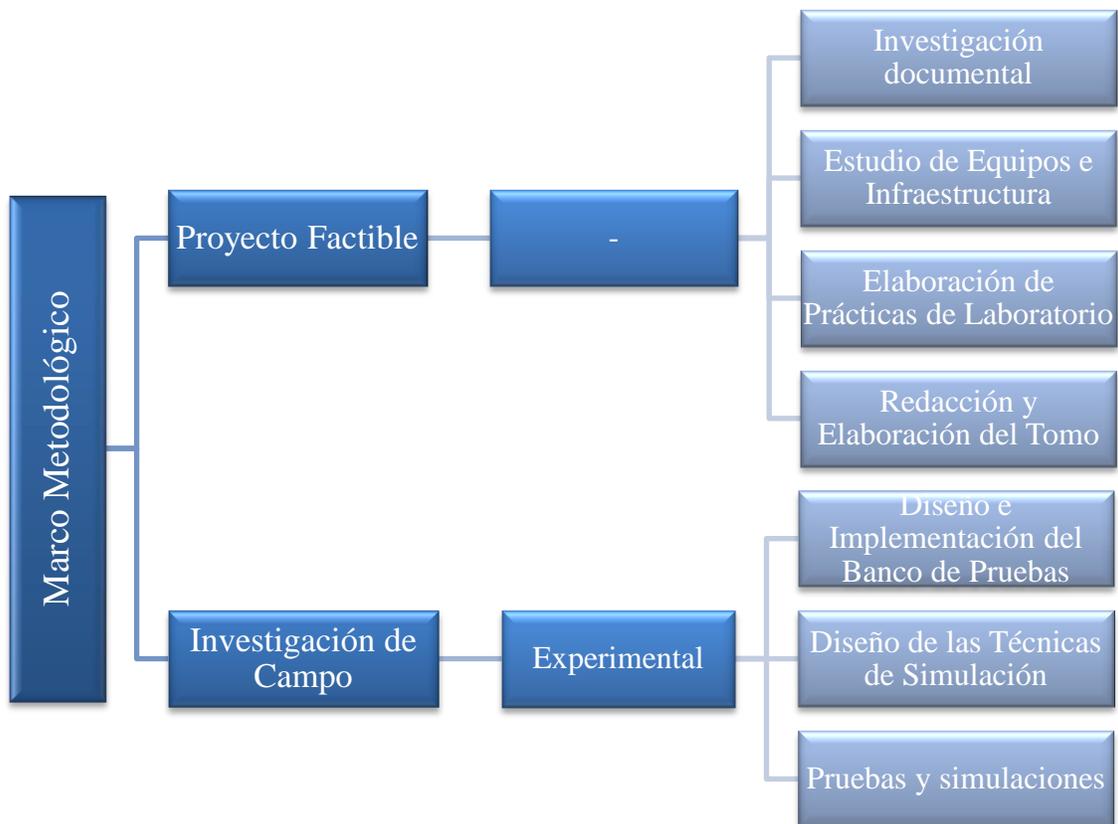


Figura 7. Estructura general del Marco Metodológico

Fuente: Elaboración Propia.

III.1. Tipo de Investigación

“Los tipos de investigación se han definido de acuerdo a varios aspectos que representan modalidades particulares de investigación, entre otras: su finalidad, a un momento específico, a las fuentes de información, al enfoque histórico, en la observación, en la experimentación, a la amplitud y al método de casos.” (Landeau, 2007). Es por ello que el siguiente Trabajo Especial de Grado se puede clasificar bajo dos tipos de investigación diferentes, de campo y proyecto factibles, los cuales se trabajaron conjuntamente durante el desarrollo del proyecto.

III.1.1. Investigación de Campo

La investigación de campo consiste en “...el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia...” (UPEL, 2006).

Dentro de la investigación de campo existen, a su vez, diversas clasificaciones, entre las que se encuentra la investigación experimental, la cual “...consiste en comprobar y medir las variaciones o efectos que sufre una situación cuando en ellas se introduce una nueva causa, dejando las demás causas en igual estado.” (Eyssautier de la Mora, 2006).

III.1.2. Proyecto Factible

Se entiende como proyecto factible a “... la elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.” (UPEL, 2006).

III.2. Diseño de la Investigación

El progreso exitoso de un Trabajo Especial de Grado requiere que aquel que lo está desarrollando seleccione un diseño para aplicar, con la finalidad de cumplir los objetivos planteados. Por diseño de investigación se entiende el “plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2003).

El presente trabajo puede catalogarse de tipo experimental, pues de acuerdo a la descripción planteada por los mismos autores, este tipo de diseño se utiliza cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula; en este sentido, una variable independiente es manipulada intencionalmente para estudiar el efecto provocado sobre una variable dependiente.

Un diseño experimental requiere que el efecto que ejerce la variable independiente sobre la variable dependiente sea medible. Asimismo, es necesario que cumpla con el llamado control o validez interna el cual es definido por Hernández, Fernández y Baptista (2003) como el grado de confianza que se tiene de que los resultados del experimento se interpreten adecuadamente y sean válidos.

Tabla 1. Estructura metodológica del trabajo Especial de Grado

Fuente: Elaboración Propia.

Objetivos Específicos	Fases	Actividades
Estudiar las características de conectividad de ADSL2+ a redes WAN y las alternativas de	Investigación documental	Investigación teórica de los principales conceptos alusivos al tema de estudio: definiciones, características y descripción general del

Diseño de un Banco de Pruebas basado en Tecnología xDSL para el Estudio del Transporte de Datos en Redes WAN

configuración de los DSLAM.		contenido abordado.
Estudiar las características de ATM y Metro Ethernet como tecnologías de redes WAN, a fin de determinar elementos que puedan ser incluidos tanto en las prácticas como en el diseño del banco de pruebas		
Realizar un estudio de los equipos e infraestructura disponible en el Laboratorio de Telemática de la Universidad Católica Andrés Bello, a ser incluidos dentro del plan de diseño del banco de pruebas.	Estudio de Equipos e Infraestructura	<p>Inventario de cada uno de los equipos que se encuentran actualmente en el laboratorio de telemática.</p> <p>Consulta de manuales y/o Datasheets de los equipos.</p> <p>Pruebas de reconocimiento de cada uno de los equipos, a nivel de hardware y software.</p>
Realizar el diseño del banco de pruebas, topología de red y conexiones.	Diseño e	<p>Diseño general de la red que se utilizará en el banco de pruebas</p> <p>Interconexión de los equipos</p>

Diseño de un Banco de Pruebas basado en Tecnología xDSL para el Estudio del Transporte de Datos en Redes WAN

<p>Realizar el montaje y conexión del banco de pruebas diseñado.</p>	<p>Implementación del Banco de Pruebas</p>	<p>que conforman la red. Instalación de los elementos de red que se actualmente no están presentes en el laboratorio: patch-panels, cableado, entre otros.</p>
<p>Diseñar estrategias de simulación de tráfico de datos, video y/o audio para realizar pruebas y ser utilizadas en las prácticas.</p>	<p>Diseño de las Técnicas de Simulación</p>	<p>Estudio de los tipos de servicios que se presentan en una red ATM Estudio de las características de los diferentes tipos de tráfico empleados.</p>
	<p>Pruebas y simulaciones</p>	<p>Diseño de Modelos Simples y Combinados de Tráfico Ejecución de los modelos elaborados anteriormente.</p>
<p>Realizar el diseño de prácticas de laboratorio, que puedan ser implementadas por los estudiantes de Ingeniería</p>	<p>Elaboración de Prácticas de Laboratorio</p>	<p>Diseño de diversas Prácticas de Laboratorio basadas en las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.</p>

de Telecomunicaciones, con el fin de reforzar los conocimientos teóricos adquiridos en clases.	Redacción y Elaboración del Tomo	Preparación de cada uno de los capítulos que conforman el Tomo entregable de este Trabajo Especial de Grado
--	----------------------------------	---

III.3. Desarrollo de la Investigación

Una vez que ha sido definida la metodología del trabajo se presenta la información correspondiente al desarrollo de cada una de las fases previamente establecidas, las cuales permitirán alcanzar los objetivos planteados.

III.3.1. Estudio de Equipos e Infraestructura

La ejecución de esta fase estuvo compuesta por el desarrollo de tres pasos claves, los cuales se describen a continuación:

III.3.1.1. Inventario de equipos existentes en el Laboratorio de Telemática.

Con el objetivo de conocer el estado actual del laboratorio, se realizó un levantamiento de información en el Laboratorio de Telemática de la Universidad Católica Andrés Bello. Para ello se tomaron en cuenta datos extraídos de fuentes consultadas, específicamente los trabajos de pasantías realizados por los estudiantes (ahora Ingenieros) Mauricio Arias y Yeleyca Alcalá; además se realizó una visita a dicho laboratorio, en donde se observaron los equipos presentes en la actualidad.

Luego de esto se elaboró un formato de tabla que contiene el nombre del equipo y la cantidad disponible.

El mecanismo para obtener la información correspondiente consistió en primeramente hacer una lectura profunda de los informes finales de pasantías aludidos anteriormente. Allí se distinguieron los elementos utilizados para el desarrollo de ambos proyectos y fueron separados en tablas de acuerdo a la fecha de elaboración de pasantías.

En cuanto al levantamiento de información, se procedió a realizar una visita a las instalaciones del Laboratorio para conocer los equipos existentes. Se diferenciaron los dispositivos ubicados en el rack que se encontraban fuera de servicio de los elementos que si estaban en funcionamiento, lo que permitió analizar cuáles equipos estarían incluidos en la tabla de inventario.

Utilizando las tablas elaboradas, se pudo realizar una comparación entre la información recopilada durante este proceso investigativo con los datos obtenidos a partir de la referencia anteriormente mencionada. Por medio de este balance, se observó la ausencia de una serie de equipos, cuya ubicación era desconocida. Dada esa falta de materiales, se consultó al Director de la Escuela de Telecomunicaciones (quien fue la persona encargada de los trabajos realizados anteriormente) si tenía conocimiento de la ubicación de los equipos carentes. De esta manera, se obtuvo información sobre la ubicación de los mismos, así como de su disponibilidad para su inclusión en el desarrollo de este trabajo.

Por último, esta etapa involucró el encendido de estos dispositivos para comprobar que estaban aprovechables para ser utilizados.

III.3.1.2. Configuración Previa de los Equipos

El proceso de estudio continuó con la revisión de la configuración que los equipos poseían para ese momento. Este proceso se llevó a cabo a través de la conexión de cada uno de los equipos a la computadora para acceder a la configuración de los mismos, valiéndose de la implementación de recursos de software.

En otros casos, se pudieron conocer algunos de los parámetros configurados mediante pruebas de conectividad, realizadas utilizando el comando “*ping*”, luego de una conexión física del equipo con una PC.

Para el estudio de los DSLAM y el router MIKROTIK, se procedió a conectar los equipos mediante un cable serial a una computadora, donde se empleó el software HYPERTERMINAL para acceder a la configuración. De esta manera fue posible observar el estatus de ciertos parámetros como las interfaces de red existentes, si éstas estaban habilitadas o no, si se encontraban configuradas con alguna dirección IP, así como conocer otras características de los dispositivos anteriormente mencionados.

En el caso del módem ADSL, la conexión con la computadora se realizó utilizando un cable de red. Una vez conectado se procedió a ingresar a un explorador, en el cual, utilizando la dirección IP que el equipo trae de fábrica (en este caso 192.168.1.1), se ingresó al Web Server del módem, con el objetivo de conocer su configuración actual. En dicha interfaz es posible cambiar una serie de parámetros de acuerdo a los requerimientos de trabajo.

Otro equipo estudiado fue el switch NETGEAR, en el cual se realizaron pruebas a nivel de hardware y software, con la finalidad de probar cada uno de los puertos del mismo. Para ello se conectó el equipo mediante cables de red a dos computadoras y se utilizó el comando “*ping*” para comprobar la conectividad y operatividad. Esta acción se repitió con los veinticuatro puertos que posee el dispositivo para verificar la existencia de VLAN’s mencionadas en los trabajos previos.

Finalmente, se encuentra el servidor DELL, el cual se encendió para comprobar que conservara la versión 9.04 del Sistema Operativo Ubuntu, tal y como se había descrito en el trabajo de pasantías realizado por Alcalá (2010).

III.3.1.3. Conectividad

Una vez conocidos los dispositivos disponibles en el laboratorio, así como su configuración, se procedió a realizar dos pruebas principales, a través de las cuales se pudo observar el funcionamiento de los equipos cuando estos se encuentran interconectados.

A continuación, se describe brevemente cada una de estas pruebas:

- **Diseño de red 1. Computadora y Router MIKROTIK:** se utilizó el comando “*ping*” para la comprobación de la conectividad entre estos dos equipos.
- **Diseño de red 2. Computadora-Módem-DSLAM-Switch-Computadora:** esta prueba se realizó para verificar el funcionamiento y conectividad de los dispositivos mencionados. Para ello se conectaron los equipos, utilizando los cables correspondientes, luego se configuró una dirección IP, de la misma red, en ambas computadoras y se procedió a ejecutar el comando “*ping*” en el *command prompt* de una máquina a otra.

III.3.2. Diseño e Implementación del Banco de Pruebas

Debido a la necesidad de efectuar el estudio del transporte de datos en un ambiente controlado, donde se pudieran modificar a voluntad algunas variables, se realizó el diseño de una red que cuenta con todos los equipos que se tenían a disposición.

Con la elaboración de este diseño se pretendió simular la forma más básica de la arquitectura de una red de banda ancha basada en ADSL, la cual, es la tecnología elegida para la ejecución de este trabajo.

En el diseño se crearon seis redes de conexión de Área Local (LAN por sus siglas en inglés). Cada una de ellas corresponde a uno de los mesones ubicados en el

Laboratorio de Telemática, con la finalidad de integrar a todos los estudiantes inscritos en el curso.

Estas LAN se conforman por dos computadoras, un módem ADSL2+ y un switch. Cada una de ellas se encuentra conectada a un DSLAM a través de un par de cobre que une a una interfaz del módem con un puerto del DSLAM. Debido a la cantidad de equipos disponibles en el laboratorio, se deben conectar dos redes LAN por cada dispositivo DSLAM, además, todas las redes LAN se vincularán a un mismo switch.

Partiendo de la necesidad de interconectar los DSLAM para el estudio del transporte de datos a través de toda la red, los mismos se enlazaron entre sí por medio de un switch, ya que el equipo no cuenta con la cantidad de puertos necesarios para realizar directamente la conexión.

Finalmente, todos los servidores que permitirán la simulación del tráfico que recorrerá la red, fueron concentrados en el servidor DELL; el mismo se conecta al switch, en la VLAN en la que se encuentran conectados los DSLAM.

III.3.3. Montaje del Banco de Pruebas

Una vez diseñado el Banco de Pruebas se realizó la modificación del Rack encontrado en el Laboratorio de Telemática de la Universidad Católica Andrés Bello con el fin de obtener un mejor acceso a los equipos. Para ello se desmontaron todos los dispositivos encontrados en el panel y luego de reordenarlos se procedió a su montaje de nuevo en el Bastidor.

III.3.3.1. Instalación del Patch Panel

Para un mejor uso de los equipos DSLAM y de los puertos que poseen se realizó la instalación de un Patch Panel; del tipo Cat 6, con conectores RJ45, ya que era este el que se encontraba disponible para el momento. Este dispositivo permite la conexión de los tres DSLAM ya que posee 24 puertos disponibles.

Para el montaje se utilizaron tres conectores de tipo RJ21 los cuales se adaptaron para la utilización de 8 terminales por cada uno; utilizando una Ponchadora de Presión se procedió a realizar la instalación.

III.3.4. Diseño de las Técnicas de Simulación

Una vez realizado el diseño de red que se propuso en el apartado anterior, se entiende que las pruebas que serán ejecutadas en este proyecto, demandan de una serie de requisitos en cuanto a configuración de los equipos se refiere.

En este sentido, se procedió a cambiar ciertos parámetros en uno de los componentes del banco de pruebas, con el objetivo de configurarlo de acuerdo a los requerimientos que demanda el estudio que se está realizando, y que además permitirá elaborar los distintos generadores de tráfico de data, audio y/o video necesarios para realizar las pruebas.

A continuación se describen los cambios realizados en este equipo, así como cada uno de los simuladores desarrollados.

III.3.4.1. Servidor

Uno de los equipos que mayor relevancia tiene en el banco de pruebas que se desarrolla en este trabajo es el servidor, ya que a través del mismo será posible el diseño y montaje de algunos de los servicios que simularán los diferentes tipos de tráfico a ser estudiados.

Con el objetivo de mejorar el rendimiento de este equipo, se consultó la *hoja de especificaciones* correspondiente, con el fin de conocer mayores características del dispositivo. De esta manera se encontró información referente a los sistemas operativos apropiados para el correcto funcionamiento del servidor. En este caso, se seleccionó Microsoft Windows Server 2003, *Standard Edition*, el cual fue instalado en el servidor.

A partir de este momento, se procedió a la elaboración de los diferentes modelos de simulación de tráfico que serán utilizados para el estudio del transporte de datos en la red, basado en las herramientas que ofrece este sistema operativo.

III.3.4.1.1. Servidor WEB

Es necesaria la inclusión de este tipo de programas ya que permiten el intercambio de documentos que pueden ser ejecutados por un cliente en un navegador WEB, haciendo uso de algún protocolo de capa de aplicación del modelo OSI, generalmente HTTP.

Para la creación de dicho servidor se descargó la Aplicación Apache directamente desde el Servidor DELL y se procedió a la instalación del mismo. Posteriormente se desarrolló una página web, basada en lenguaje HTML, que posee información sobre el contenido teórico de este trabajo, la cual se cargó en el servidor para que sea posible el acceso a la misma desde cualquier computador conectado a la red.

La escogencia del programa Apache se basó en la característica de código abierto que posee el mismo, lo que permite que sea de fácil acceso, además es sencillo en su utilización y cumple con las condiciones necesarias para este trabajo.

III.3.4.1.2. Servidor FTP

Este tipo de programas permiten intercambiar archivos a través de la red; es por ello que su inclusión se hizo necesaria con el fin de estudiar este tipo de tráfico y su comportamiento.

Para el servidor FTP se buscó una aplicación compatible con el Sistema Operativo que posee el equipo, en este caso se escogió el software Filezilla, ya que es una herramienta gratuita, de fácil uso y que posee una lista de características interesantes para el proyecto, como la posibilidad de transferir archivos de gran tamaño y límites de velocidad de transferencia configurables.

Se descargó el archivo ejecutable del programa Filezilla. Una vez concluido esto se procedió a la instalación del servidor siguiendo los pasos que presentaba el asistente de instalación.

Además del Servidor se instaló el Cliente Filezilla en varias de las máquinas pertenecientes al laboratorio con el fin de realizar pruebas del enlace de subida, desde el cliente hacia el servidor.

III.3.4.1.3. Servidor Streaming de video

Un servidor de Streaming es aquel que permite al cliente la visualización o audición de un archivo a medida que se realiza la descarga, haciendo uso de un buffer de datos.

Para el montaje de dicha aplicación en el Servidor DELL, se usó el asistente de instalación que provee el Sistema Operativo instalado en el mismo, en este caso Windows Server 2003.

III.3.5. Pruebas y Simulaciones

Con el propósito de estudiar el comportamiento del tráfico de datos en la red diseñada, se procedió a realizar una serie de pruebas implementando los conceptos adquiridos durante la investigación teórica, haciendo uso de las características y parámetros modificables en cada uno de los equipos que conforman el banco de pruebas.

Con este conjunto de pruebas se evaluó el Ancho de Banda para los diferentes enlaces, *Downstream* y *Upstream*, así como también se realizaron observaciones sobre la actuación de la red y de los diferentes tipos de tráfico para cada uno de los escenarios planteados. A continuación se describen las diferentes pruebas realizadas:

III.3.5.1. Estudio de redes LAN y WAN a través de la tecnología xDSL

La primera fase de las pruebas realizadas tuvo como finalidad estudiar la tecnología DSL, específicamente ADSL. Para ello se hizo uso de los equipos presentes en el banco de pruebas.

Parte de las actividades realizadas estuvieron orientadas a experimentar con diferentes velocidades para los enlaces de subida (upstream) y bajada (downstream). De esta manera se pudo conocer el comportamiento de la red, basado en la medición del ancho de banda (Bw), para los diferentes modos de configuración posibles en el DSLAM.

Para el estudio de la velocidad en el canal de bajada se diseñaron cuatro pruebas para ser realizadas con cada uno de los estándares establecidos para los modos de transferencia ADSL, ADSL2 y ADSL2+; antes del progreso de las cuatro pruebas se procedió a configurar el estándar a analizar y la velocidad máxima de bajada del enlace, según los valores teóricos obtenidos previamente, en cada uno de los puertos a utilizar en los DSLAM, mediante el WEB Server. Dichas pruebas incluyeron el uso de herramientas como Wireshark y Net Meter para analizar el tráfico en la red, así como medir el ancho de banda, a continuación se explica cada una de ellas:

Prueba 1. Descarga de un archivo: esta experiencia se basó en la transferencia de un archivo ubicado en el servidor FTP hasta una de las máquinas clientes. Para ello, la solicitud de descarga se realizó desde una computadora conectada a un módem mediante una de las VLAN creadas en el switch.

Prueba 2. Descarga de varios archivos: esta prueba consistió en la transmisión de varios archivos, simultáneamente, cuyos tamaños variaban entre sí, desde un solo cliente, en las mismas condiciones de conexión que el caso anterior. Asimismo incluyó el uso de otros servidores, específicamente el servidor Streaming

y el servidor http, a fin de generar diferentes tipos de tráfico y observar la velocidad en el canal downstream bajo esta nueva condición.

Prueba 3. Descarga de un archivo desde varias redes LAN: en esta experiencia se consideró la conexión de dos LAN a los puertos 6 y 7 del DSLAM 1; para ello se hizo uso de VLAN's creadas en el Switch para conectar dos máquinas a un solo módem, por cada red. Luego de esto se procedió a la descarga de un archivo de igual tamaño y formato en las cuatro máquinas; la descarga se produjo de forma sincronizada (en cada máquina el momento de inicio de la descarga fue el mismo).

Prueba 4: Descarga de un archivo con igual formato desde dos DSLAM: para su ejecución se conectó una red LAN al puerto 7 del DSLAM 1 y otra LAN al puerto 5 del DSLAM 2. De manera sincronizada se procedió a la descarga del archivo seleccionado en las cuatro máquinas pertenecientes a las dos redes.

Con la herramienta Net Meter se obtuvo, por cada prueba realizada, el valor de los siguientes parámetros:

- Tiempo de Descarga del archivo.
- Bw promedio.
- Velocidad Máxima alcanzada en el canal de bajada.

Por su parte, con el uso de Wireshark, se filtraron los paquetes con origen y destino a la dirección IP del Servidor (192.168.1.1) utilizando el comando *ip.addr == <dirección ip>*. Con esta información se calculó el valor aproximado del ancho de banda de la siguiente forma:

1.- En el menú superior de Wireshark, se ubicó la opción Statistics y luego se hizo clic sobre FlowGraph, con lo cual se desplegó una nueva ventana como la que se muestra a continuación:

Time	192.168.1.83	192.168.1.1	Comment
118,372	hpvmmagent > socks		TCP: hpvmmagent > socks [FIN, ACK] Seq=1 Ack=1338 Win=64199 Len=0
118,404	socks > hpvmmagent		TCP: socks > hpvmmagent [ACK] Seq=1338 Ack=2 Win=65535 Len=0
127,272	Request: PASV		FTP: Request: PASV
127,307	Response: 227 Enter		FTP: Response: 227 Entering Passive Mode (192,168,1,1,4,58)
127,315	Request: SIZE /M,30		FTP: Request: SIZE /M/303/272sica/Nicki Minaj - Starships.mp3
127,315	hpvmmdata > amt-esd		TCP: hpvmmdata > amt-esd-prot [SYN] Seq=0 Win=65535 Len=0 MSS=1460
127,371	Response: 213 3374916		FTP: Response: 213 3374916
127,371	Request: MDTM /M,30		FTP: Request: MDTM /M/303/272sica/Nicki Minaj - Starships.mp3
127,371	amt-esd-prot > hpvmm		TCP: amt-esd-prot > hpvmmdata [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=16384 Len=0 MSS=1460
127,371	hpvmmdata > amt-esd		TCP: hpvmmdata > amt-esd-prot [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=65535 Len=0
127,407	Response: 213 20120120		FTP: Response: 213 20120805155148
127,408	Request: RETR /M,30		FTP: Request: RETR /M/303/272sica/Nicki Minaj - Starships.mp3
127,459	Response: 150 Conne		FTP: Response: 150 Connection accepted
127,475	FTP Data: 1460 byte		FTP-DATA: FTP Data: 1460 bytes
127,491	FTP Data: 1460 byte		FTP-DATA: FTP Data: 1460 bytes

Figura 8. Gráfica obtenida mediante el uso del FlowGraph en la herramienta Wireshark

Fuente: Elaboración Propia.

2.- Se ubicó en la ventana el comienzo y el fin de la transmisión del archivo, luego se tomó el tiempo del primer y el último paquete; la diferencia de estos dos lapsos es el tiempo que tardó en transferirse el archivo.

3.- Se visualizó la cantidad de bytes transmitidos durante la descarga en la información que acompaña al último paquete recibido, en el campo ACK.

4.-La división del dato anterior por el tiempo calculado indicó un valor aproximado de la velocidad de transferencia o ancho de banda del enlace. La fórmula empleada para este cálculo fue la siguiente:

$$W (Bps) = (carga\ útil (Bytes) / tiempo\ de\ transmisión (s)).$$

5.- Para obtener la medición en bps se multiplicó el valor obtenido por 8.

$$Bw (bps) = W (Bps) * 8.$$

En lo que al canal de subida o upstream se refiere se realizó una prueba para cada estándar ADSL a evaluar, la cual consistió en la transmisión de un archivo desde el Cliente hasta el Servidor, utilizando una de las máquinas presentes en el Laboratorio, la cual estaba conectada al Servidor mediante el módem y el DSLAM y el Switch. Se utilizó la herramienta Net Meter para obtener los siguientes parámetros:

- Tiempo de Descarga del archivo.
- Bw promedio.
- Velocidad Máxima alcanzada en el canal de bajada.

Además se realizó una prueba para el enlace de bajada, en la cual se configuró el equipo DSLAM con cada estándar ADSL, un estándar por cada puerto, también una velocidad de transmisión de downstream fija de 26 Mbps. Luego se procedió a descargar un archivo desde el servidor, utilizando cada estándar; con el propósito de comprobar los valores de ancho de banda teóricos.

Para la comprobación de la eficiencia de la línea de transmisión se utilizó el Tester ADSL2+ el cual se conecta directamente a cada puerto del equipo DSLAM, esto permite verificar el estándar configurado y la velocidad de transmisión máxima.

Por último se configuró el Tester ADSL2+ como módem; luego se conectó el mismo a una computadora del laboratorio mediante el cable de red y a un puerto del DSLAM mediante un cable telefónico, con el herramienta *command prompt* se utilizó el comando *ping* para comprobar la conexión de los equipos.

III.3.5.1. Estudio de la tecnología ATM

La segunda fase estuvo conformada por la ejecución de una prueba en la cual se presentaba un escenario que permitiera el estudio de ATM como tecnología de transporte de datos en redes WAN.

Establecimiento de la conexión y señalización: En esta prueba se modificó un poco la estructura de la red, tal y como se muestra en la Figura 9.

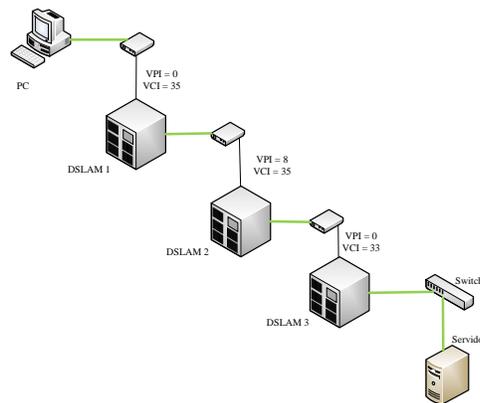


Figura 9. Diseño de Red para verificación integral del servicio

Fuente: Elaboración Propia.

Así se establecieron varios servicios ATM, utilizando el encapsulamiento especificado por el RFC 1483. La conexión entre la PC y el DSLAM 1 se llevó a cabo a través de un PVC con las siguientes características: VP=0, VC=33; por su parte, los DSLAM estaban interconectados a través de servicios con VP=8 y VC=35; finalmente, el DSLAM 3 estableció una trayectoria con el módem 2 a través de un circuito con los parámetros VP=0 y VC=35.

Una vez realizada la interconexión física se procedió a ejecutar el comando *ping* desde la máquina con dirección al Servidor, con el objetivo de comprobar que efectivamente se establecieron los circuitos virtuales y verificar el estado de la conexión.

A continuación se realizó la configuración de la red ATM tipo Router, en la cual el módem ADSL actúa como un dispositivo independiente de la red, el cual recibe paquetes desde el computador y del DSLAM. Esta experiencia incluyó también la configuración en el DSLAM del servicio IPoA.

III.3.6. Elaboración de Prácticas de Laboratorio

Luego del estudio realizado se desarrollaron diversas prácticas que servirán de guía a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones de la

Universidad Católica Andrés Bello, para el estudio práctico de la materia Sistemas Telemáticos.

Para ello se tomaron en cuenta las pruebas antes expuestas y los diversos estudios sobre las diferentes tecnologías como lo son ADSL y ATM.

CAPÍTULO IV

Resultados

En el siguiente capítulo se presentan los resultados obtenidos al diseñar el Banco de Pruebas basado en tecnología xDSL para el estudio del transporte de datos en redes WAN, luego de la ejecución de las partes que componen la metodología y el desarrollo del trabajo.

IV.1. Estudio de las características de conectividad de ADSL2+ a redes WAN y las alternativas de configuración de los DSLAM

Tomando como base la investigación teórica realizada durante la primera etapa de ejecución de este trabajo, se obtuvieron datos referentes a cada una de las versiones del Estándar ADSL que han sido desarrolladas por dos de los principales Organismos internacionales de Telecomunicaciones; entre estos datos se encuentran las velocidades teóricas máximas alcanzadas tanto para el canal que une al abonado con la central telefónica (uplink) como para el canal que transmite información desde la central hacia el abonado (downlink)

A partir de esta información se elaboró la siguiente tabla informativa, la cual contiene para cada estándar, su respectivo valor de velocidad para el canal de bajada y el canal de subida.

Debe tomarse en cuenta que estos datos son valores teóricos que se ven afectados por la atenuación que producen tanto la distancia entre el abonado y el conmutador ATM, así como por otros factores como lo puede ser el ruido.

Tabla 2. Estándar ADSL y velocidad de canales asociada

Fuente: Elaboración Propia.

Estándar	Downlink	Uplink	Tecnología
G.DMT o G.992.1	6,144 Mbps	1,536 Mbps	ADSL
T1.413	6,144 Mbps	1,536 Mbps	ADSL
G.Lite o G.992.2	1,536 Mbps	512 Kbps	ADSL
G.Dmt.Bis o G.992.3	12 Mbps	3,5 Mbps	ADSL2
G.lite.bis	1,536 Mbps	512 Kbps	ADSL2
G.ReAdsl2 o G.992.3 Annex L	12 Mbps	3,5 Mbps	ADSL2
G.Dmt.BisPlus o G.992.5	24 Mbps	1,4 Mbps	ADSL2+
G.Dmt.BisPlus Auto o G.992.5 Annex M	12 o 24 Mbps	3 Mbps	ADSL2+

Asimismo, se elaboró una tabla cuyo contenido hace referencia a cada Estándar o Recomendación con su respectivo Anexo, que no es más que una especificación de estas Recomendaciones que varía ciertos parámetros del estándar original para su mejor desempeño.

Tabla 3. Estándar ADSL con Anexo Asociado

Fuente: Elaboración Propia

Estándar	Anexo
G.DMT o G.992.1	Anexo A
T1.413	Anexo A
G.Lite o G.992.2	Anexo A
G.Dmt.Bis o G.992.3	G.Dmt.Bis
G.lite.bis	

G.ReAdsl2 o G.992.3 Annex L	G.Dmt.Bis / Annex M
G.Dmt.BisPlus o G.992.5	G.Dmt.Bis
G.Dmt.BisPlus Auto o G.992.5 Annex M	G.Dmt.Bis / Annex M

El contenido de estas Tablas fue empleado para la configuración del DSLAM durante las pruebas realizadas.

IV.2. Estudio las características de ATM y Metro Ethernet como tecnologías de redes WAN.

En esta apartado se hace referencia a las particularidades encontradas durante la investigación teórica realizada para el estudio de ATM y Metro Ethernet. El contenido se presenta a través de conceptos teóricos, tablas y esquemas.

En primer lugar se presenta una tabla que reúne las principales características que distinguen a cada una de las Normas establecidas para la Capa de Adaptación ATM.

Tabla 4. Características de las Capas de Adaptación ATM

Fuente: Elaboración Propia

Tipo de Capa de Adaptación ATM (AAL)	Características y Funciones
AAL 0	<ul style="list-style-type: none"> • Campos SAR y CS vacíos. • El contenido del campo de datos de esta celda se transfiere directamente a las capas superiores.

AAL 1	<ul style="list-style-type: none">• Usada para flujo de bits síncronos.• Transmite tramas de los canales PDH y SDH.• Permite la transferencia de unidades SDU a velocidad constante.• Segmentación y reensamble de la información de usuario.• Manejo de la variación de retardo de las celdas.• Manejos del retardo de ensamblaje de los datos de usuario en la celda (payload).• Manejo de celdas perdidas y mal insertadas.• Recuperación en el receptor de la frecuencia de reloj de fuente• Recuperación de la estructura de los datos de la fuente del receptor.
AAL 2	<ul style="list-style-type: none">• Utilizada en transmisiones eficientes en ancho de banda para paquetes cortos de baja velocidad en aplicaciones sensitivas al retardo.• Se divide en: Subcapa de Convergencia de Servicio Específico y Subcapa de parte común.• La asignación de canales AAL2 entre dos puntos se hace a través del Procedimiento de Negociación de la AAL2 (ANP por sus siglas en inglés) y este proceso se encarga de:<ul style="list-style-type: none">– Asignación de canales AAL2 sobre un VCC existente.– Remoción de canales AAL2 de un VCC existente.– Intercambio de información de estado de los canales AAL2.
AAL 3/4	<ul style="list-style-type: none">• Une a las normas AAL3 y AAL4, diseñadas para transportar servicios de datos en el modo Orientado a Conexión (AAL3) y No Orientado a Conexión (AAL4).• Dos modos de servicio para esta norma:

	<ul style="list-style-type: none">– Servicio modo mensaje: Puede ser utilizado para transferencia de datos en tramas.– Servicio de modo de flujo: Se aplica a la transferencia de datos de baja velocidad con requerimiento de bajo retardo.• Existen dos procedimientos de operación par a par (<i>peer-to-peer</i>) para ambos modos de servicio:<ul style="list-style-type: none">– Operación Asegurada.– Operación No Asegurada.
AAL 5	<ul style="list-style-type: none">• Evita la supervisión del secuenciamiento e integridad de los datos.• Emplea los 48 octetos.• Posibilita la conectividad de routers sobre redes ATM.• Eficiente en el transporte TCP/IP.• Mejora la detección de errores.• No soporta multiplexaje.• Se aplica a fuentes de velocidad de transmisión variable sin una relación de temporización entre fuente y destino.

IV.2.1. Clases de servicio en ATM

Las clases de servicio ATM categorizan las aplicaciones en: modo de transmisión de los bits, el ancho de banda requerido y el tipo de conexión necesaria. Cada una de las 4 clases de servicio se identifica con un tipo de AAL. Estas clases, conocidas como A, B, C y D. La siguiente tabla explica para cada clase, las diferentes categorías en las que se encuentran clasificadas.

Tabla 5. Clases de Servicio ATM.

Fuente: Alcócer García, C. (2000). *Redes de computadoras*. Recuperado el Junio de 2012, de Pontificia Universidad Católica del Perú: http://biblioteca.pucp.edu.pe/redes_alcocker.html.

Clase de Servicio	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Ejemplo	Voz, video en tiempo real	Video Paquetizado	Datos (como tráfico local ATM)	Datos (como tráfico SMDS)
Temporización	Tiempo constante requerido		Temporización requerida	
Velocidad de Transmisión	Constante	Variable		
Orientación	Orientado a Conexión			No Orientado a Conexión
Tipo AAL	AAL tipo 1	AAL tipo 2	AAL tipo 3/4 , AAL tipo 5	

Por otra parte, se sabe que la conexión ATM se realiza tomando en cuenta una serie de parámetros que están relacionados a la Calidad de Servicio (QoS) que se ofrece al cliente y que determinan la manera en la cual serán tratadas las celdas a su paso a través de la red.

González-Sánchez (2001) señala que “En general, existen los siguientes cuatro parámetros básicos de QoS:

- El rendimiento (throughput) es el parámetro más importante y especifica cuántos datos (máximo o en media) son transferidos a través de la red.

- El parámetro retardo (delay) expresa el máximo retardo observado por una unidad de datos en una transmisión extremo-extremo.
- La variabilidad (jitter) expresa la variación experimentada entre retardos consecutivos durante la transmisión y procesamiento de datos.
- Por otro lado, la fiabilidad (reliability) está referida a las pérdidas y corrupciones de datos durante las transferencias.”
- Sin embargo, hay otros parámetros configurables relacionados Al QoS. A continuación se presenta una tabla que contiene varios de estos parámetros.

Tabla 6. Parámetros de Tráfico y QoS.

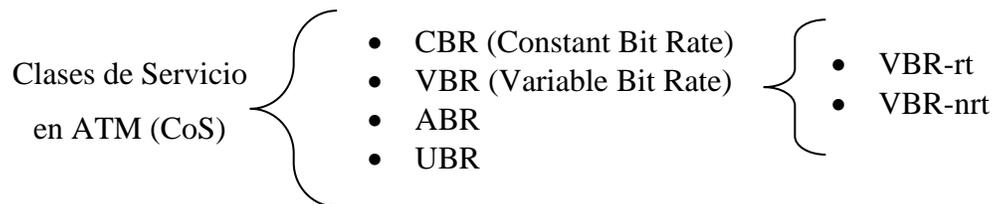
Fuente: González Sánchez, J. L. (24 de Julio de 2001). Tesis Doctorales en Red. Recuperado el 05 de Octubre de 2012, de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5966/04capitoll.pdf?sequence=4>

Acrónimo	Parámetro	Función
PCR	Peak Cell Rate	Máxima velocidad a la que se envían células
SCR	Sustained Cell Rate	Velocidad media de células a largo plazo
MCR	Minimum Cell Rate	Velocidad de células mínima
CDVT	Cell Delay Variation Tolerance	Máxima fluctuación de retardo de células
CLR	Cell Loss Ratio	Tasa de células perdidas o entregadas con retardo
CTD	Cell Transfer Delay	Tiempo que tarda una célula en llegar extremo-extremo
CDV	Cell Delay Variation	Variación entre los retardos de llegada de células
CER	Cell Error Ratio	Porcentaje de células erróneas que llegan al destino

SECBR	Severely-Errored Cell Block Ratio	Porcentaje de tramas que contienen células erróneas
CMR	Cell Missinsertion Rate	Células entregadas a destino erróneo por errores en cabecera
MBS	Maximum Burst Size	Máximo tamaño de ráfaga permitido
MFS	Maximum Frame Size	Máximo tamaño de trama permitido
IBT	Intrinsic Burst Tolerance	Tolerancia a la aparición de ráfagas
ACR	Allowed Cell Rate	Velocidad máxima de células autorizada a la fuente
ECR	Explicit Cell Rate	Velocidad máxima de células explícitas autorizada a la fuente
BCR	Block Cell Rate	Velocidad pico de célula de bloques

Para establecer una conexión entre un equipo terminal y la central existen una serie de parámetros que deben estar claramente definidos. Uno de ellos se refiere a la Clase de Servicio (CoS) que se va a adoptar. Ésta se caracteriza por los parámetros de tráfico de la conexión así como por los parámetros de Calidad de Servicio (QoS).

El siguiente esquema muestra cuatro de las principales clases de servicio que se ofrecen en la actualidad en las redes ATM.



Esquema 1. Clases de Servicio en ATM

Fuente: Elaboración Propia

Haciendo una relación entre cada una de estas clases de servicio con los diferentes parámetros de tráfico y calidad de servicio, se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla 7. Características de las Clases de Servicio ATM.

Fuente: González Sánchez, J. L. (24 de Julio de 2001). Tesis Doctorales en Red. Recuperado el 05 de Octubre de 2012, de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5966/04capitol1.pdf?sequence=4>

Característica	CBR	RT-VBR	NRT-VBR	ABR	UBR
Ancho de Banda Garantizado	SI	SI	SI	Opcional	NO
Adecuado para tráfico en tiempo real	SI	SI	NO	NO	NO
Adecuado para tráfico a ráfagas	NO	NO	SI	SI	SI
Realimentación en congestiones	NO	NO	NO	SI	NO

Finalmente se obtuvo una tabla que incorporaba la arquitectura completa del protocolo ATM, vinculándola con los parámetros de QoS, parámetros de tráfico así como las diferentes categorías de servicio antes mencionadas.

Categoría de Servicio de la Capa ATM	Servicios CBR	Servicios VBR		Servicios ABR	Servicios UBR
Parámetros de Tráfico	PCR, CDVTprc	PCR, CDVTprc	PCR, CDVTprc	PCR, CDVTprc	PCR, CDVTprc
Parámetros de QoS	CDVp-p, CTDmax, CLR	CDVp-p, CTDmax, CLR	CLR	No Específico	No Específico
Subcapa de convergencia -AAL					
Subcapa de segmentación y reensamble -SAR					
Capa ATM					

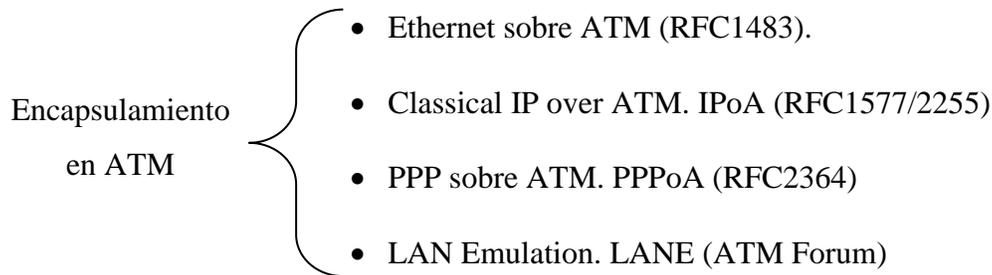


Figura 10. Capas del protocolo ATM y las categorías de Servicio

Fuente: Alcócer García, C. (2000). Redes de computadoras. Recuperado el Junio de 2012, de Pontificia Universidad Católica del Perú: http://biblioteca.pucp.edu.pe/redes_alcocer.html

IV.2.2. Encapsulamiento ATM

El transporte de datos en las redes comprende el uso de diferentes protocolos. Las redes ATM no son la excepción, y es por ello que se han desarrollado diversos mecanismos para el transporte de los diferentes protocolos existentes en el mercado, sobre las celdas ATM. La siguiente figura presenta algunos de estos tipos de encapsulamiento.



Esquema 2. Tipos de encapsulamiento en redes ATM

Fuente: Elaboración Propia

IV.2.3. Características de la Conectividad en Metro Ethernet

En su trabajo, Calvete Diettes (2011) afirma que “Para Metro Ethernet se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- **CIR** (Committed Information Rate): es la cantidad promedio de información que se ha transmitido, teniendo en cuenta los retardos, pérdidas, etc.

- **CBS** (Committed Burst Size): es el tamaño de la información utilizado para obtener el CIR respectivo.
- **EIR** (Excess Information Rate): especifica la cantidad de información mayor o igual que el CIR, hasta el cual las tramas son transmitidas sin pérdidas.
- **EBS** (Excess Burst Size): es el tamaño de información que se necesita para obtener el EIR determinado

Por otra parte, Calero (2007) indica que se han definido dos tipos de servicio:

- Ethernet Line (E-Line): servicio punto a punto.
- Ethernet LAN (E-LAN): servicio multipunto a multipunto.

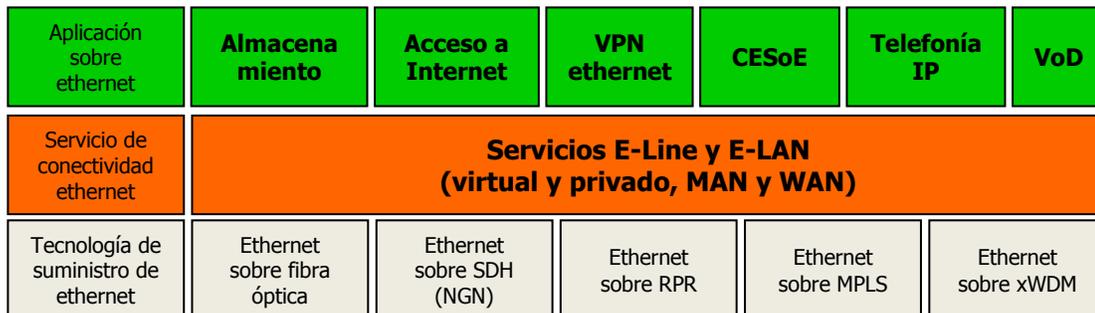


Figura 11. Servicios Metro Ethernet

Fuente: Gómez, G. S. (2005). *Jornadas Técnicas RedIRIS 2005*. Recuperado el Octubre de 2012, de Universidad de La Rioja: www.rediris.es/jt/jt2005/.../MetroEthernet-RedIris.ppt

En cuanto a los protocolos de capa 2 utilizados en la red, Gómez, G. S. (2005) señala que los servicios Metro Ethernet no necesitan que toda la red de nivel 2 sea Ethernet; también puede ser:

- Ethernet over SONET/SDH (EOS)

- Resilient Packet Ring (RPR)
- Ethernet Transport
- Ethernet sobre MPLS

IV.3. Estudio de equipos e Infraestructura disponible en el Laboratorio de Telemática de la Universidad Católica Andrés Bello.

IV.3.1. Inventario

La siguiente sección presenta tres tablas cuyo contenido hace referencia a los equipos disponibles en el Laboratorio de Telemática de la UCAB, de las cuales, las dos primeras están basadas en datos obtenidos de antecedentes consultados, mientras que la tercera forma parte de la investigación realizada durante el desarrollo de este trabajo.

Tabla 8. Lista de equipos presentes en el Laboratorio de Telemática en el mes de Marzo de 2010 de acuerdo a datos obtenidos del Trabajo realizado por Mauricio Arias.

Fuente: Elaboración propia

Nombre del Equipo	Cantidades disponibles
<i>Switch 3 COM</i>	1
<i>Switch NETGEAR</i>	1
<i>IP pone AASTRA 9112i</i>	1
<i>IP pone CISCO 7906G</i>	1
<i>IP pone POLYCOM IP 330</i>	1
<i>IP pone FANVIL BW210</i>	1

Diseño de un Banco de Pruebas basado en Tecnología xDSL para el Estudio del Transporte de Datos en Redes WAN

<i>Router</i> CISCO 2811	1
<i>Router</i> MIKROTIK RB1000U	1
<i>Server</i> CISCO MCS 7800	1
<i>Server</i> DELL SC1425	1
LINKSYS CISCO SPA3102 ATA	1
LINKSYS CISCO PAP2T-NA	1
DSLAM VERSA VX-1000LD	3
ASTRIBANK XORCOM XR0006	1
ASTRIBANK XORCOM XR0057	1
<i>Módem</i> ADSL DB 108	1
<i>Gateway</i> GRANDSTREAM GXW4004	2

Tabla 9. Lista de equipos presentes en el Laboratorio de Telemática en el mes de Septiembre de 2010 de acuerdo a datos obtenidos del Trabajo realizado por Yeleyca Alcalá.

Fuente: Elaboración Propia.

Nombre del Equipo	Cantidades disponibles
<i>Switch</i> 3COM	1
<i>Switch</i> NETGEAR	1
<i>IP pone</i> AASTRA 9112i	1
<i>IP pone</i> CISCO 7906G	1
<i>IP pone</i> POLYCOM IP 330	1
<i>IP pone</i> FANVIL BW210	1
<i>Router</i> CISCO 2811	1

Diseño de un Banco de Pruebas basado en Tecnología xDSL para el Estudio del Transporte de Datos en Redes WAN

<i>Router</i> MIKROTIK RB1000U	1
<i>Server</i> CISCO MCS 7800	1
<i>Server</i> DELL SC1425	1
LINKSYS CISCO SPA3102 ATA	1
LINKSYS CISCO PAP2T-NA	1
DSLAM VERSA VX-1000LD	3
ASTRIBANK XORCO MXR0006	1
ASTRIBANK XORCOM XR0057	1
<i>Módem</i> ADSL DB 108	4
<i>Gateway</i> GRANDSTREAM GXW4004	2

Tabla 10. Lista de equipos presentes en el Laboratorio de Telemática en el mes de Junio de 2012.

Fuente: Elaboración Propia.

Nombre del Equipo	Cantidades disponibles
DSLAM. Versa Technology, Inc. VX-100LD	3
<i>Server</i> DELL SC1425	1
<i>Router</i> MIKROTIK RB1000U	1
ASTRIBANK XORCOM XR0006	2
<i>Switch</i> NETGEAR	1
<i>Router</i> CISCO 2811	1
Gigabit Switch D-Link DES-1226G	1
Compaq Dual Speed HUB. HB3220	2
<i>Switch</i> 3COM	1
<i>Módem</i> ADSL DB 108	2

IV.3.2. Configuración previa de los Equipos

Las siguientes imágenes presentan el estado de configuración de algunos equipos; consultada durante la visita de control hecha al Laboratorio de Telemática en la fase inicial de este Trabajo Especial de Grado.

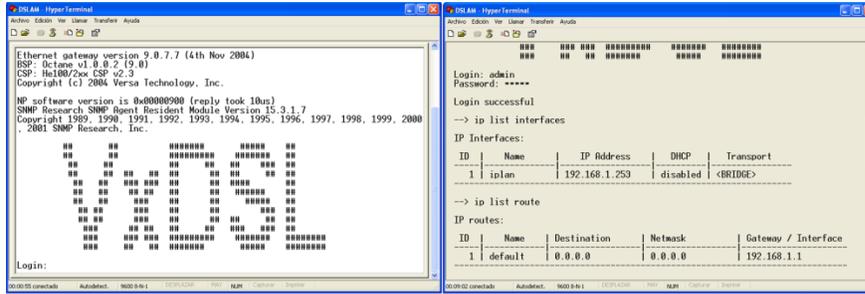


Figura 12. Conexión vía Consola al DSLAM Vx-1000LD.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 11. se puede observar un resumen de las VLAN's que se encontraban previamente configuradas en el Switch NETGEAR.

Tabla 11. VLAN's Switch NETGEAR

Fuente: Elaboración Propia.

	Puertos
VLAN 1	1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6
VLAN 2	7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12
VLAN 3	13 – 14 – 15 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22 – 23 – 24

Diseño de un Banco de Pruebas basado en Tecnología xDSL para el Estudio del Transporte de Datos en Redes WAN

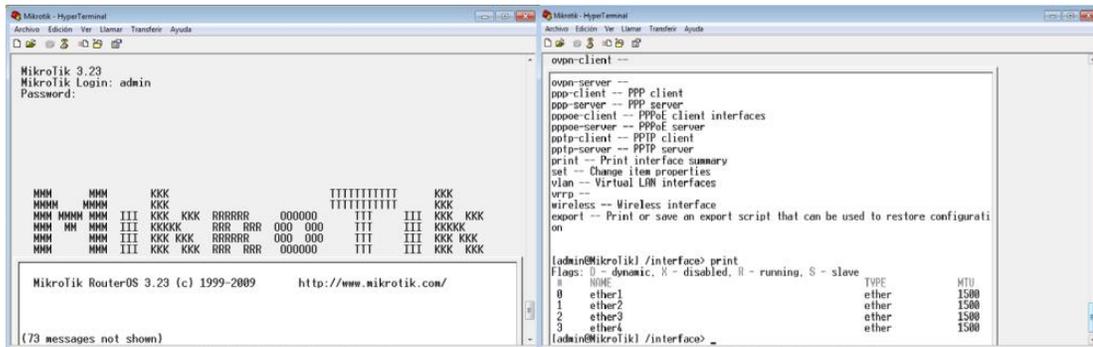


Figura 13. Conexión vía Consola al Router MIKROTIK.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 14. Conexión vía Web Server al Módem ADSL.

Fuente: Elaboración Propia.

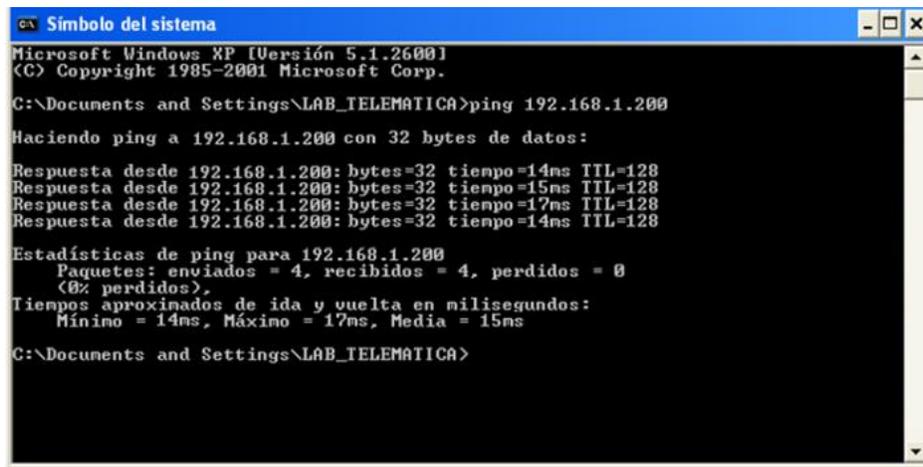


Figura 15. Sistema Operativo Ubuntu 9.04 instalado en el Servidor DELL.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.3.3. Conectividad

La Figura 16. representa la prueba de conectividad entre una máquina y el equipo MIKROTIK, como se puede observar se realizó el comando *ping* desde el *command prompt* de la computadora.



```
ca Símbolo del sistema
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\LAB_TELEMATICA>ping 192.168.1.200

Haciendo ping a 192.168.1.200 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.1.200: bytes=32 tiempo=14ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.200: bytes=32 tiempo=15ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.200: bytes=32 tiempo=17ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.200: bytes=32 tiempo=14ms TTL=128

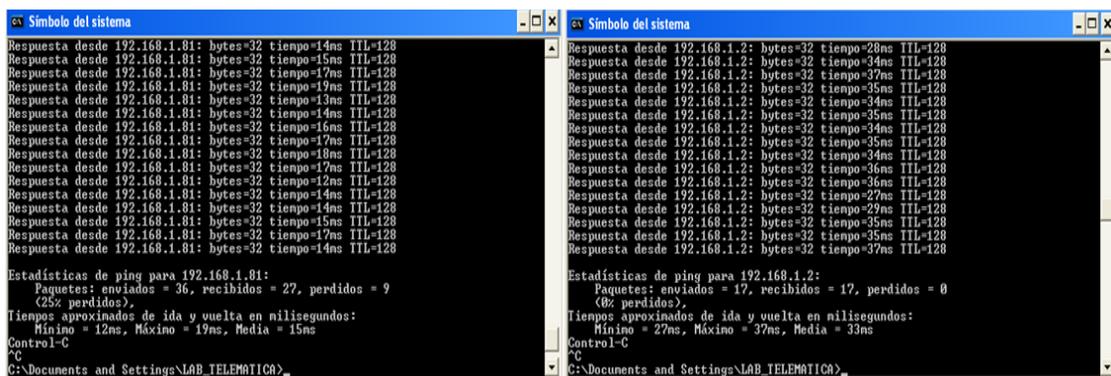
Estadísticas de ping para 192.168.1.200
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 14ms, Máximo = 17ms, Media = 15ms

C:\Documents and Settings\LAB_TELEMATICA>
```

Figura 16. Prueba de conectividad Router MIKROTIK.

Fuente: Elaboración Propia.

La Figura 17. representa el enlace de dos máquinas del laboratorio las cuales estaban conectadas mediante un módem, el equipo DSLAM y el switch NETGEAR.



```
ca Símbolo del sistema
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=14ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=15ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=19ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=13ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=14ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=16ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=17ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=16ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=17ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=13ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=12ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=14ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=14ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=15ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=17ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.81: bytes=32 tiempo=14ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.81:
    Paquetes: enviados = 36, recibidos = 27, perdidos = 9
    (25% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 12ms, Máximo = 19ms, Media = 15ms
Control-C
^C
C:\Documents and Settings\LAB_TELEMATICA>

ca Símbolo del sistema
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=28ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=34ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=37ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=35ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=34ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=35ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=34ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=35ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=36ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=36ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=36ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=27ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=35ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=35ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=35ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=37ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.2:
    Paquetes: enviados = 17, recibidos = 17, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 27ms, Máximo = 37ms, Media = 33ms
Control-C
^C
C:\Documents and Settings\LAB_TELEMATICA>
```

Figura 17. Prueba de Conectividad entre dos máquinas. Diseño de red 2.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.4. Diseño del Banco de Pruebas

En la Figura 18. se puede observar el diseño final de la topología, en donde se encuentran los abonados, representados por las redes LAN; una central local, que en nuestro caso se constituye con la conexión de los DSLAM y el enrutador, y por último una granja de servidores que simbolizan los servicios que se prestarán a los usuarios.

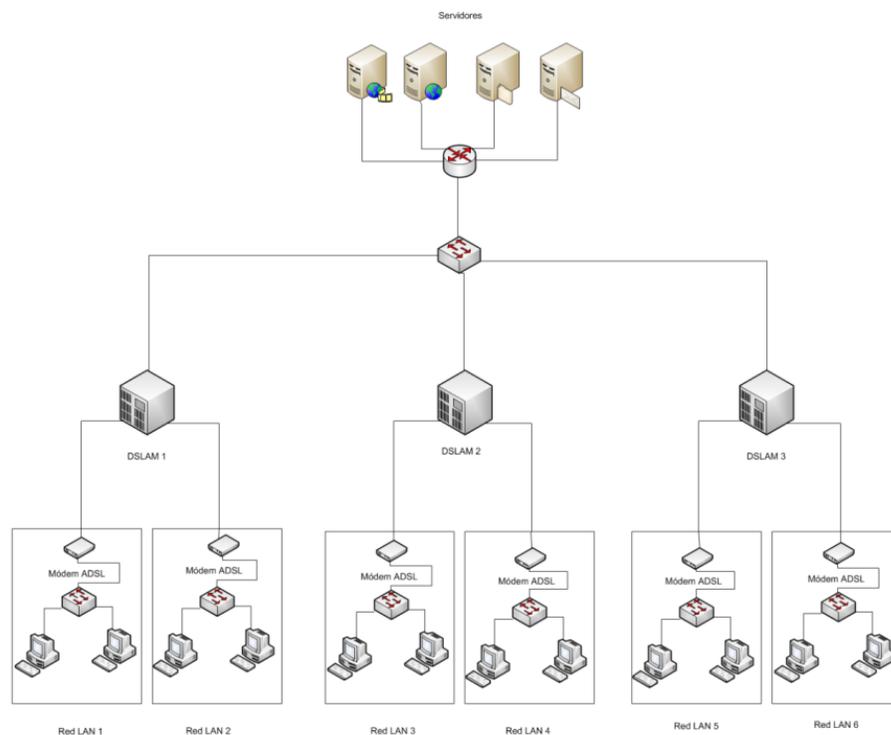


Figura 18. Topología de Red

Fuente: Elaboración Propia.

IV.4.1. Montaje y conexión del Banco de Pruebas

En las siguientes imágenes se presenta el resultado de la modificación del Rack en el cual se ubican los equipos en el Laboratorio de Telemática de la Universidad Católica Andrés Bello, así como el Patch Panel luego de su instalación.



Figura 19. Progreso del montaje de los equipos en el Banco de Pruebas.
Fuente: Elaboración Propia

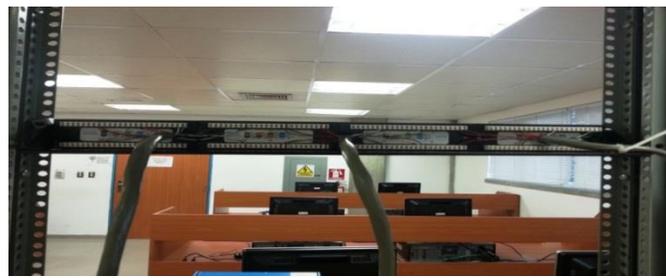


Figura 20. Vista trasera del Patch Panel
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 21. Montaje final del Banco de Pruebas.
Fuente: Elaboración Propia.

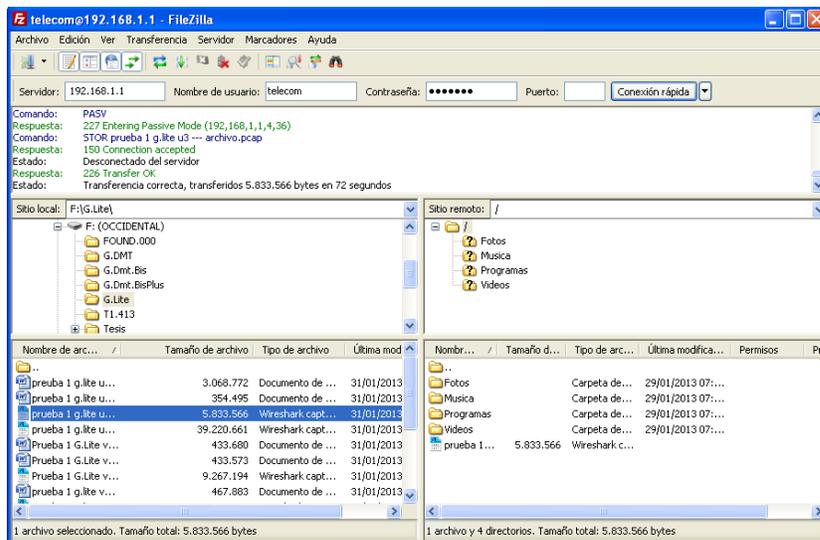


Figura 24. Cliente FileZilla en funcionamiento.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 25. Instalación exitosa del Servidor Streaming.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.5. Diseño de las Prácticas de Laboratorio

Referente a este objetivo, se presentan tres prácticas que pueden ser consultadas en la sección Apéndices (Apéndices 1, 2 y 3).

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas que permitieron la elaboración de dichas prácticas:

IV.5.1. Estudio del Modo de Transmisión ADSL

Resultados obtenidos de las pruebas realizadas por cada estándar estudiado para los modos ADSL, ADSL2 y ADSL2+.

En las siguientes tablas se muestran las deducciones conseguidas utilizando la herramienta Net Meter para el análisis del enlace de bajada o Downlink:

Tabla 12. Comportamiento del enlace de bajada para el estándar T1.413.

Fuente: Elaboración Propia.

T1.413	Máquina	Tamaño del Archivo	Tiempo de Descarga	Bw. Promedio	Máximo
Prueba 1	3	3111 KB	5 s	5 Mbps	5.5 Mbps
Prueba 2	3	-	-	-	5.51 Mbps
Prueba 3	1	5267 KB	18 s	2.3 Mbps	5.46 Mbps
	2	5267 KB	15 s	2.8 Mbps	4.56 Mbps
	3	5267 KB	18 s	2.3 Mbps	5.07 Mbps
	4	5267 KB	16 s	2.6 Mbps	3.89 Mbps
Prueba 4	1	474298 KB	1472 s	2.6 Mbps	5.47 Mbps
	2	474298 KB	1461 s	2.3 Mbps	4.87 Mbps
	3	474298 KB	1364 s	2.8 Mbps	4.83 Mbps
	4	474298 KB	1474 s	2.6 Mbps	5.51 Mbps

Tabla 13. Comportamiento del enlace de bajada para el estándar G.DMT.

Fuente: Elaboración Propia.

G.DMT	Máquina	Tamaño del Archivo	Tiempo de Descarga	Bw. Promedio	Máximo
Prueba 1	2	9168 KB	15 s	4.9 Mbps	5.81 Mbps
Prueba 2	2	-	-	-	6.01 Mbps
Prueba 3	1	9168 KB	31 s	2.4 Mbps	5.50 Mbps
	2	9168 KB	22 s	3.3 Mbps	5.42 Mbps
	3	9168 KB	29 s	2.5 Mbps	5.50 Mbps
	4	9168 KB	24 s	3 Mbps	4.35 Mbps
Prueba 4	1	9168 KB	29 s	2.5 Mbps	5.49 Mbps
	2	9168 KB	28 s	2.6 Mbps	4.91 Mbps
	3	9168 KB	29 s	2.5 Mbps	5.49 Mbps
	4	9168 KB	24 s	3 Mbps	4.19 Mbps

Tabla 14. Comportamiento del enlace de bajada para el estándar G.Lite.

Fuente: Elaboración Propia.

G.Lite	Máquina	Tamaño del Archivo	Tiempo de Descarga	Bw. Promedio	Máximo
Prueba 1	3	5267 KB	34 s	1.2 Mbps	1.38 Mbps
Prueba 2	3	-	-	-	1.39 Mbps
Prueba 3	1	8354 KB	100 s	668.3 Kbps	994.8 Kbps
	2	8354 KB	105 s	636.5 Kbps	1.40 Mbps
	3	8354 KB	94 s	711 Kbps	1.56 Mbps
	4	8354 KB	96 s	696.2 Kbps	1.16 Mbps
Prueba 4	1	9168 KB	114 s	643.4 Kbps	1.38 Mbps

	2	9168 KB	100 s	733.4 Kbps	1.33 Mbps
	3	9168 KB	115 s	637.8 Kbps	1.5 Mbps
	4	9168 KB	101 s	726.2 Kbps	1.14 Mbps

Tabla 15. Comportamiento del enlace de bajada para el estándar G.Dmt.Bis.

Fuente: Elaboración Propia.

G.Dmt.Bis	Máquina	Tamaño del Archivo	Tiempo de Descarga	Bw. Promedio	Máximo
Prueba 1	2	102490 KB	100 s	8.2 Mbps	8.2 Mbps
Prueba 2	2	-	-	-	8.98 Mbps
Prueba 3	1	266771 KB	431 s	5 Mbps	8.51 Mbps
	2	266771 KB	513 s	4.2 Mbps	10.2 Mbps
	3	266771 KB	454 s	4.7 Mbps	7.55 Mbps
	4	266771 KB	490 s	4.4 Mbps	9.3 Mbps
Prueba 4	1	102490 KB	195 s	4.2 Mbps	8.91 Mbps
	2	102490 KB	193 s	4.2 Mbps	8.81 Mbps
	3	102490 KB	163 s	5 Mbps	8.11 Mbps
	4	102490 KB	204 s	4 Mbps	8.57 Mbps

Tabla 16. Comportamiento del enlace de bajada para el estándar

G.Dmt.BisPlus.

Fuente: Elaboración Propia.

G.Dmt.BisPlus	Máquina	Tamaño del Archivo	Tiempo de Descarga	Bw. Promedio	Máximo
Prueba 1	3	376110 KB	239 s	12.6 Mbps	14 Mbps
Prueba 2	3	-	-	-	21 Mbps

Diseño de un Banco de Pruebas basado en Tecnología xDSL para el Estudio del Transporte de Datos en Redes WAN

Prueba 3	1	266771 KB	213 s	10 Mbps	16.5 Mbps
	2	266771 KB	212 s	10 Mbps	16.4 Mbps
	3	266771 KB	221 s	9.7 Mbps	13.1 Mbps
	4	266771 KB	221 s	9.7 Mbps	12.1 Mbps
Prueba 4	1	474298 KB	394 s	9.6 Mbps	16.4 Mbps
	2	474298 KB	425 s	8.9 Mbps	16.8 Mbps
	3	474298 KB	367 s	10.3 Mbps	14 Mbps
	4	474298 KB	344 s	11 Mbps	11.8 Mbps

A continuación los resultados obtenidos para el enlace de bajada utilizando la herramienta Wireshark:

Tabla 17. Comportamiento del enlace de Bajada (Wireshark).

Fuente: Elaboración Propia.

Estándar	Tiempo	N° de bytes	Bw. Promedio
T1.413	5.098879 s	3185455	5 Mbps
G.DMT	14.834883 s	9387277	5.1 Mbps
G.Lite	32.817969 s	5392708	1.3 Mbps
G.Dmt.Bis	99.496157 s	104949761	8.4 Mbps
G.Dmt.BisPlus	237.687646 s	385135834	13 Mbps

En la Tabla 18 se representan los resultados obtenidos mediante la herramienta Net Meter para el enlace de subida.

Tabla 18. Comportamiento del enlace de Subida.

Fuente: Elaboración Propia.

Estándar	Tamaño del Archivo	Tiempo de Descarga	Bw. Promedio	Máximo
T1.413	5833566 bytes	53 s	881 Kbps	1.09 Mbps
G.DMT	5833566 bytes	54 s	864 Kbps	993.2 Kbps
G.Lite	5833566 bytes	53 s	881 Kbps	969.3 Kbps
G.Dmt.Bis	5833566 bytes	60 s	778 Kbps	1.08 Mbps
G.Dmt.BisPlus	5833566 bytes	60 s	778 Kbps	884.2 Kbps

La Tabla 19. representa los resultados obtenidos, utilizando la herramienta Net Meter, con el enlace de bajada configurado con una misma velocidad para cada estándar analizado.

Tabla 19. Comportamiento del Enlace de Bajada con una velocidad fija.

Fuente: Elaboración Propia.

Estándar	Tamaño del Archivo	Tiempo de Descarga	Bw. Promedio	Máximo
T1.413	37872172 bytes	40 s	7.6 Kbps	9.02 Mbps
G.DMT	37872172 bytes	36 s	8.4 Kbps	9.13 Mbps
G.Lite	37872172 bytes	110 s	2.8 Kbps	2.87 Mbps
G.Dmt.Bis	37872172 bytes	36 s	8.4 Kbps	9.03 Mbps
G.Dmt.BisPlus	37872172 bytes	24 s	12.6 Kbps	13.7 Mbps

Las siguientes imágenes constituyen el producto de las pruebas realizadas con el Tester ADSL2+



Figura 26. Tester ADSL2+ estándar T1.413.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 27. Tester ADSL2+ estándar G.DTM

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 28. Tester ADSL2+ estándar G.Lite

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 29. Tester ADSL2+ estándar G.Dmt.Bis.

Fuente: Elaboración Propia.

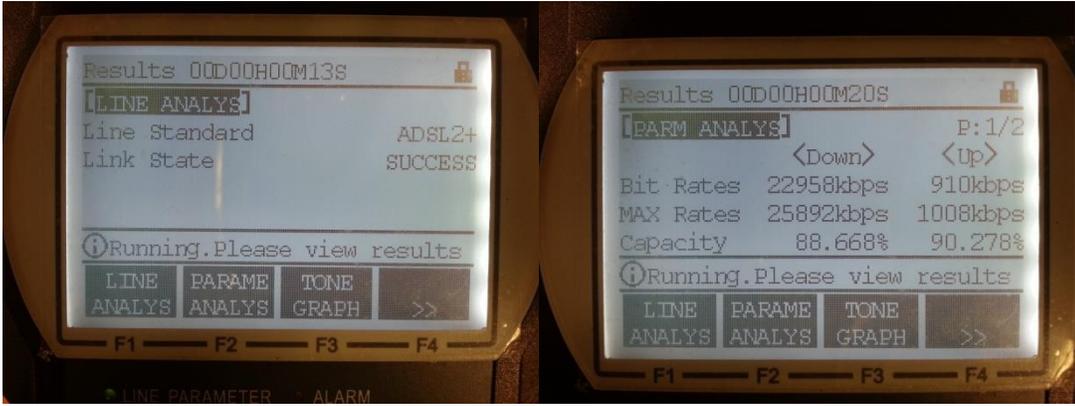


Figura 30. Tester ADSL2+ estándar G.Dmt.BisPlus.

Fuente: Elaboración Propia.

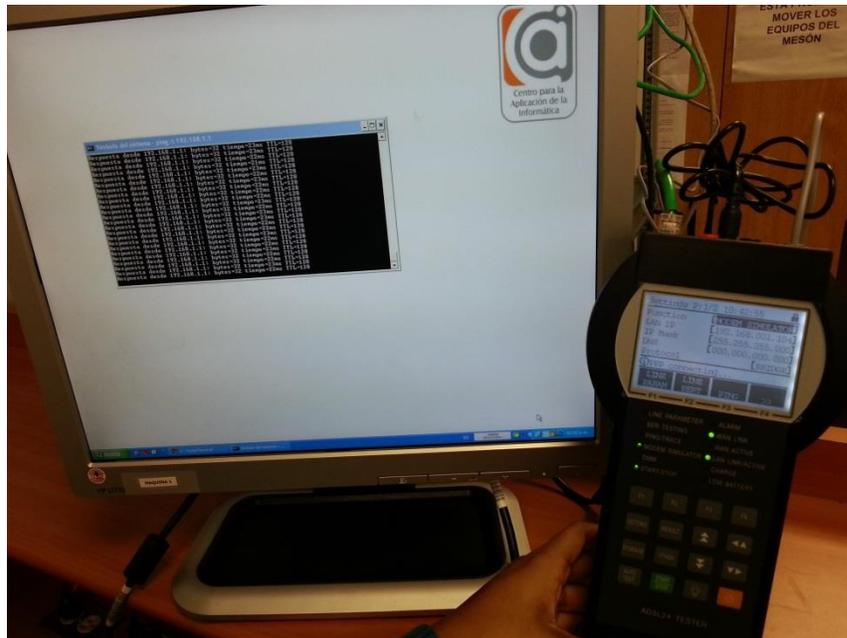


Figura 31. Prueba de Conectividad con el Tester ADSL2+ en función módem.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.5.2. Estudio de la tecnología ATM

```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\LAB_TELEMATICA>ping 192.168.1.1
Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=71ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=71ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=72ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=69ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 69ms, Máximo = 72ms, Media = 70ms

C:\Documents and Settings\LAB_TELEMATICA>
```

Figura 32. Prueba de conectividad con diferentes VCI/VPI.

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V

Análisis de Resultados

Durante las pruebas que incluyeron el uso de varios tipos de tráfico desde una sola máquina así como la asignación, dentro de la configuración en el DSLAM, de los valores teóricos de la velocidad máxima para cada estándar, se pudo observar que el valor de la velocidad promedio aumentaba a medida que se realizaban peticiones desde el cliente hacia el servidor. Por otra parte, cuando se trataba de un solo tipo de tráfico, la velocidad alcanzaba un valor máximo promedio, y se mantenía en ese nivel o al menos, con variaciones no tan bruscas, durante todo el tiempo en el cual se utilizaba el servicio.

Para ambos casos, los niveles de velocidad medidos, en ningún momento superaron el valor máximo establecido durante la configuración. Estos resultados reflejan dos puntos importantes: el primero de ellos referente al hecho de que aún siendo posible utilizar el máximo ancho de banda disponible, si se restringe la velocidad en el canal de downstream, el servicio que esté siendo utilizado por un cliente, está limitado a una determinada porción de este Ancho de Banda, por lo cual sólo tomará lo que considere necesario para ofrecer una buena prestación al cliente. Así, para el caso del video Streaming, por ejemplo, la velocidad se mantiene a un nivel promedio, siempre por debajo del máximo establecido, pero con la capacidad de garantizar un transporte de datos constante y fluido de manera que la transmisión sea invariable. Este análisis también es aplicable para la descarga de archivos desde el servidor FTP.

El segundo punto importante tomado de estas pruebas es que al establecer un valor máximo de velocidad en el canal de bajada, igual que el valor máximo teórico indicado en cada una de las recomendaciones de la ITU o ANSI (organismos internacionales de telecomunicaciones) sobre ADSL, el Ancho de Banda utilizado por

los diferentes tipos de tráfico no alcanza este límite, siempre está por debajo del valor asignado.

Con las siguientes dos pruebas realizadas para el estudio del canal de bajada, se verificó que al usar un módem compartido por cada dos máquinas que conforman una LAN, el ancho de banda total asignado por el DSLAM a un puerto específico, es dividido de manera equitativa para ambas computadoras. No obstante, este comportamiento no fue constante durante todo el tiempo en el cual se realizó la descarga, ya que se pudo observar que por algunos instantes, mientras la velocidad aumentaba en una de las máquinas, en la otra este valor disminuía, y viceversa. Esta velocidad, al igual que para el caso de las pruebas 1 y 2, se mantuvo por debajo del valor preestablecido en el DSLAM.

A modo de verificación de los resultados obtenidos, para la prueba 1 se utilizó la herramienta Wireshark a través de la cual se calculó el valor del Ancho de Banda utilizado. Los resultados presentados en la Tabla 17. Comprueban los valores previamente obtenidos con el medidor Net Meter. Es importante mencionar que los valores calculados tanto con la herramienta Net Meter como con Wireshark no son precisos y que más bien muestra un aproximado del valor real; esto se debe al hecho de que no se toman en cuenta el tamaño de las cabeceras o los paquetes perdidos o demorados por el enlace por ejemplo.

En cuanto a la prueba utilizada para el uplink, la Tabla 18. Refleja que para cada estándar el valor de la velocidad en el enlace se mantuvo por debajo del máximo teórico; sin embargo, la diferencia entre ambos valores estuvo dentro de un margen aceptable.

Para el caso de la prueba en la cual se estableció una velocidad máxima en el downlink de 26 Mbps, se observó que para los estándares T1.413, G.Dmt y G.Lite, el valor máximo de descarga superó el límite teórico de cada uno de ellos. Esta respuesta puede tener su causa en el hecho de que la realización de las pruebas se llevó a cabo bajo condiciones que podrían catalogarse como ideales, si se toma en

cuenta que factores como la atenuación en la línea, causada por las largas distancias entre la Central y el Usuario final, no está presente, así como problemas de ruido.

Por otra parte, se encuentran los resultados obtenidos con el Tester ADSL2+ los cuales muestran para cada estándar una velocidad superior a la teórica; sin embargo, esto se explica debido a que el equipo mide la velocidad de la línea, la cual está sujeta al estándar y anexo configurado en el puerto.

Respecto al estudio de ATM, en primer lugar se realizó una prueba que permitió verificar el establecimiento de diferentes circuitos virtuales a lo largo de la red, permitiendo establecer una conexión a lo largo de la misma. De esta manera, se comprobó que los datos enviados desde una fuente, alcanzan su destino, siempre y cuando se establezcan estos caminos virtuales que dependen del VP y VC asignados. Se observó igualmente que a lo largo de la red, tanto el VP como el VC podían variar su valor inicial, e igualmente los datos llegaban a su destino.

Con esta prueba se utilizó el encapsulamiento Ethernet over ATM, definido en el RFC1483. Se utilizó el modo Bridge por lo que el módem en este caso actuó de manera “invisible a la red”. Asimismo, el direccionamiento se llevó a cabo por medio de las MAC Address de cada máquina, con lo cual se verifica que la conexión se llevó a cabo a nivel de capa 2 (referido al Modelo OSI).

Continuando con el estudio de los tipos de encapsulamiento, se procedió a crear en el DSLAM un servicio IPoA; sin embargo, la respuesta del equipo fue un mensaje de error que indicaba que la creación de este servicio había fallado. La configuración de este servicio se quiso hacer desde el Web Server del DSLAM así como por Consola; no obstante, para ambos casos se presentó el error mencionado anteriormente. De igual manera, se procuró crear un servicio del tipo PPPoA para realizar una de las pruebas descritas; para este caso se presentó la misma falla ocurrida con el servicio IPoA. Dado el hecho de que el Manual del DSLAM indicaba que si era posible crear estos servicios, se contactó al fabricante de los equipos (Versa Technology, Inc.), enviando un e-mail al correo de contacto que ofrecían en su

página. Tras el intercambio de información correspondiente a los equipos presentes en el laboratorio, el personal de Versa Technology, Inc. Indicó que aunque a nivel de software sí era posible crear estos servicios, a nivel de hardware los mismos se ven limitados; tras pruebas “Beta” de los mismos, notaron que para poder utilizar estas aplicaciones se requiere de más recursos de CPU y mayor uso de memoria, lo cual hace que el sistema se vuelva inestable hasta llegar a un punto de fallo.

CAPÍTULO VI

Conclusiones y Recomendaciones

VI.1. Conclusiones

Una vez culminado el estudio principal que concierne a este Trabajo Especial de Grado, se puede concluir que el Laboratorio de Telemática de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones, cuenta con equipos que permiten el estudio de ADSL tecnología de acceso a la red por medio del par de cobre.

Con los diferentes estudios realizados, se comprobó que la corta distancia existente entre los equipos terminales y los DSLAM, favoreció las condiciones de velocidad para en el canal de bajada; en este sentido, fue posible obtener valores de descarga mayores a los teóricamente especificados en cada estándar, tal y como ocurrió con los estándares T1.413 y G.Dmt.

En el estudio de la tecnología ATM, el desarrollo de las pruebas se vió afectado por las limitaciones impuestas por los equipos empleados, según sus respectivas configuraciones de fábrica. En este sentido, se tuvo que modificar el programa de pruebas a realizar adaptando el contenido a aquellos parámetros que eran posibles configurar y estudiar.

Fue posible comprobar que si se limita la velocidad en los canales de bajada y subida, durante la configuración del DSLAM, colocando un valor máximo para ambos casos, efectivamente la transmisión de datos no superará este valor.

VI.2. Recomendaciones

A fin de darle continuidad a este Trabajo Especial de Grado y con fines de su implementación e introducción dentro del programa de estudios de la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones, se presentan las siguientes recomendaciones.

- Para un rápido avance en el manejo de los diferentes equipos, se hace énfasis en la lectura de los manuales y guías de usuarios de estos.
- Se sugiere la ampliación del Banco de Pruebas, con la inclusión de equipos que permitan realizar un estudio más profundo de temas como Encapsulamiento de diversos protocolos en la celda ATM ó Calidad de Servicio (QoS) en la tecnología ATM. Igualmente se requieren más equipos para cada uno de los mesones que conforman el Laboratorio de Telemática, como módems.
- La implementación del Banco de Pruebas requiere de un trabajo de cableado estructurado en el Laboratorio que permita conectar las máquinas de cada mesón, con el switch ubicado en el Banco.
- Para futuras aplicaciones del Banco de pruebas puede considerarse la inclusión de los equipos de firewall que se encuentran en el Laboratorio de Telemática; asimismo, es necesaria la inclusión de equipos que soporten Metro Ethernet que permitan la elaboración de prácticas.
- Con el objetivo de incluir más temas de estudio a las pruebas, es recomendable que se incorporen prácticas que permitan profundizar en las características de otras tecnologías como Frame Relay.
- Considerando que la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones cuenta con un equipo de gran valor y utilidad, como lo es el Tester ADSL2+, se sugiere

que se incorpore este dispositivo a las futuras investigaciones a fin de darle un mayor uso a todas las funcionalidades que el mismo incorpora.

- Se propone además la inclusión de atenuadores al Banco de Pruebas con el fin de realizar estudios que permitan observar el comportamiento de la red en escenarios afectados por la atenuación de la línea.

Bibliografía

- ALCALÁ, Yeleyca (2010), Culminación de las instalaciones y configuraciones del banco de pruebas de aplicaciones NGN y elaboración de prácticas para el laboratorio de telemática en la escuela de ingeniería en telecomunicaciones. Informe de Pasantías, Universidad Católica Andrés Bello.
- ALCÓCER GARCÍA, C. (2000). *Redes de computadoras*. Recuperado el Junio de 2012, de Pontificia Universidad Católica del Perú: http://biblioteca.pucp.edu.pe/redes_alcocer.html
- ANDUEZA, Ángel (2004). *Redes de Acceso de Banda Ancha en Navarra*. Universidad Pública de Navarra. Disponible en: http://www.profesaulosuna.com/data/files/TELECOMUNICACIONES/SATELITAL/TELEFONIA%20SAT/PFC_completo.pdf
- ARIAS, Mauricio (2010), *Instalación y Configuración de un banco de pruebas para investigación de aplicaciones NGN en la escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones*, Informe de Pasantías, Universidad Católica Andrés Bello.
- BLAKE, Roy (2004). *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones*. (2° Ed.). Ciudad de México: International Thomson Editores.
- CALERO, R. (2007). *Redes Metro Ethernet*. Recuperado el Octubre de 2012, de materias.fi.uba.ar/6679/apuntes/Metro_Ethernet_2007.pdf
- CALVETE DIETTES, S. J. (2011). *METRO ETHERNET*. Recuperado el Octubre de 2012, de Unidades Tecnológicas De Santander diseño Y Administracion De Sistemasredes I: <http://es.scribd.com/doc/52968952/METRO-ETHERNET>.

- CAMPERO, Simón. ATM en Venezuela y el Mundo. Caracas: Servicios Especiales – CANTV. Disponible en: <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/atm.html>
- CASTILLO, Miguel; PAQUIN, Helena (2008), Estudio de factibilidad tecnológica y procedimental para ofrecer el servicio sobre la Tecnología Metro Ethernet en la plataforma CANTV, Trabajo Especial de Grado, Universidad Católica Andrés Bello.
- CASTRO, Alejandro; FUENMAYOR, Evelio; GONZALEZ, Gerardo; MONTENEGRO, Robert. Redes de Banda Ancha: METRO ETHERNET (2009).
- CUENCA, P. Codificación y transmisión robusta de señales de vídeo MPEG-2 de caudal variable sobre Redes de Transmisión Asíncrona ATM. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Valencia 1999. DSL: Mayor velocidad de los datos a través de la infraestructura existente. CISCO Systems, Inc. Disponible en <http://www.cisco.com/web/ES/solutions/es/dsl/index.html>
- GÓMEZ, G. S. (2005). *Jornadas Técnicas RedIRIS 2005*. Recuperado el Octubre de 2012, de Universidad de La Rioja: www.rediris.es/jt/jt2005/.../MetroEthernet-RedIris.ppt
- GONZÁLEZ SÁNCHEZ, J. L. (24 de Julio de 2001). *Tesis Doctorales en Red*. Recuperado el 05 de Octubre de 2012, de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5966/04capitol1.pdf?sequence=4>
- GAONA, Héctor (2007). *XDSL en el Lazo de abonado*. En Revista Digital Universitaria. Vol. 8, No. 10.

- GORALSKI, W (2000), Tecnologías ADSL y xDSL. McGraw-Hill. España 2000. 1ra Ed.
- JOSKOWICS, José (2007), Redes de Datos. Montevideo: Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República. Disponible en: <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/redcorp/material/2007/Redes%20de%20Datos%202007.pdf>
- LLORET MAURÍ, Jaime; GARCÍA PINEDA, Miguel; BORONAT SEGUI, Fernando (2008), IPTV: La televisión por Internet. En PUBLICACIONES VÉRTICE S.L. p. 148.
- MERLO, A; ORRALA, J; PROAÑO, P; YEPEZ, C. (2004). Configuración DSLAM. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/250>
- MONTAÑANA, Rogelio (2004). Redes Frame Relay y ATM. Departamento de Informática. Universidad de Valencia Disponible en: http://www.uv.es/montan/redes/cap_06.pdf
- MORENO, César; RAMIREZ, Nestor, Implementación de un Proyecto Piloto para la migración de enlaces Frame Relay a Metro Ethernet sobre redes de servicio de datos bancarios, Trabajo Especial de Grado, Universidad Católica Andrés Bello.
- OSORIO, Gustavo Adolfo; GIL, Pedro Enrique; NADER RIZO, Alberto Enrique y SANDOVAL, Juan Carlos (2010), Nuevas tecnologías en redes WAN y LAN. En PUBLICACIONES ICESI, No. 63. p. 59-104.

- STALLINGS, W. Comunicaciones y redes de computadoras. Prentice Hall. México 2004. 4ta Ed.
- TANENBAUM, A. Redes de Computadoras. Pearson-Prentice Hall. México 2003. 4ta Ed.
- ZAPATA, Carlos (2008), Planteamiento de un modelo de interfaz gráfica de usuario que simule al sistema de gestión y aprovisionamiento (SGA) del servicio de transporte de señales de TVa través de la red Metro Ethernet de CANTV. Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela.

APÉNDICES

Apéndice 1

Práctica #1: DSLAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES
CÁTEDRA DE LABORATORIO DE SISTEMAS TELEMÁTICOS

Práctica #1 DSLAM

Objetivos:

- 1.- Familiarizarse con el uso del DSLAM.
- 2.- Conocer comandos de configuración del equipo.
- 3.- Repaso de conocimientos previos.

Materiales:

DSLAM VERSA VX-1000LD
Switch NETGEAR
Router MIKROTIKRB1000U
Router Cisco 2811
Cable Serial

Introducción Teórica:

El término DSLAM proviene de los términos anglosajones Digital Subscriber Line Access Multiplexer (Multiplexor de acceso a la línea digital de abonado). Se trata de un multiplexor localizado en la central telefónica que proporciona a los abonados acceso a los servicios DSL sobre cable de par trenzado de cobre. Este dispositivo separa la voz y los datos de las líneas de abonado. (Lloret, García, Boronat, 2008).

El DSLAM surge como una solución al complicado despliegue de la tecnología xDSL en las centrales. Los equipos de xDSL necesitan de un par de módems por usuario, uno en la central y uno en el domicilio del usuario por lo que el DSLAM resulta una solución apropiada para interconectar a los múltiples consumidores de la tecnología DSL ya que consta de un gran número de tarjetas, cada una de las cuales posee varios módems, además es capaz de concentrar todo el tráfico de los enlaces xDSL hacia una red WAN. La interfaz de salida de este equipo suele ser ATM aunque en la actualidad se está utilizando Ethernet.

Un router es el dispositivo que proporciona los mecanismos de encaminamiento necesarios para poder alcanzar cualquier estación destino desde cualquier estación de origen. Ellos efectúan la traducción de los niveles inferiores entre la red de origen y la de destino.

El switch es un dispositivo de interconexión de redes capaz de proporcionar un camino de comunicación dedicado entre un puerto de origen y otro de destino, filtrando la información en función de la dirección física de la estación destinataria, reenviando los datos por las salidas apropiadas.

Procedimiento:

- 1.- Realice la conexión necesaria para entrar al modo de configuración del DSLAM.
- 2.- Acceder a la herramienta Hyper Terminal y colocar la siguiente configuración:

Nombre: DSLAM
Conectar usando: Com1
Bits por segundo: 9600
Bits de datos: 8
Paridad: Ninguno
Bits de parada: 1
Control de flujo: Ninguno

3.- Encender el equipo y luego de que aparezcan los parámetros del mismo colocar:

Login: admin

Password: admin

4.- Utilice le comando *port <nombre del puerto> show* para conocer la configuración del puerto seis. A continuación la pantalla mostrará una serie de parámetros de los cuales usted debe indicar cuáles corresponden a las siguientes características:

- Velocidad de Transmisión en el enlace Uplink.
- Velocidad de Transmisión en el enlace Downlink.
- Modo de Transmisión en el puerto.
- Estándar DSL.

5.- Utilizando la ayuda proporcionada por el DSLAM encuentre el comando que permita realizar la siguiente función:

- Muestra todos los puertos del DSLAM.
- Muestra la tabla de enrutamiento del DSLAM.
- Permite asignar una dirección IP y la máscara respectiva a la Interfaz de red determinada.
- Asigna la velocidad máxima (bps) del enlace donwlink para el modo de transmisión Fast en un puerto.
- Asigna la velocidad máxima (bps) del enlace donwlink para el modo de transmisión Interleaved en un puerto.
- Asigna la velocidad máxima (bps) del enlace uplink para el modo de transmisión Fast en un puerto.
- Asigna la velocidad máxima (bps) del enlace uplink para el modo de transmisión Interleaved en un puerto.
- Asigna el estándar DSL a utilizar en el puerto.

6.- Repita los pasos 1, 2 y 3 usando ahora el Router Mikrotik. Tome en cuenta que en la configuración del mismo deberá cambiar el valor del parámetro *Bits por segundo* a 115000.

7.- Utilice el comando *Print* para conocer el conjunto de funciones disponibles en el equipo. Observe y tome nota de las funciones relacionadas con los parámetros que se mencionan a continuación:

- Interfaces del equipo.
- IP.
- PPP.

8.- Utilizando la ayuda proporcionada por el DSLAM indique el comando que permita realizar la siguiente función:

- Verifica el estado en el que se encuentran cada una de las interfaces del equipo.
- Habilita una interfaz.
- Deshabilita una interfaz.
- Asigna una dirección IP a la interfaz.

9.- Conecte el switch NETGEAR a la computadora. Acceda al mismo, usando el procedimiento que ya realizó con el Router Mikrotik (ver paso 6).

10.- Ejecute el comando *Enable* para acceder al modo *usuario privilegiado* y poder modificar la configuración del switch via consola.

11.- Use el comando *Ezconfig* para visualizar los parámetros que pueden modificarse. Tome nota de la dirección IP de administración del switch.

12.- Modifique la dirección IP de la computadora, por una perteneciente a la misma familia de la dirección IP del switch. Abra el un navegador web y en la barra de

direcciones coloque la dirección de administración del switch. Coloque el usuario y contraseña usados anteriormente.

13.- Observe en el menú *Navigation* los diferentes parámetros de configuración que se le presentan.

Apéndice 2

Práctica #2: Redes LAN y WAN

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES
CÁTEDRA DE LABORATORIO DE SISTEMAS TELEMÁTICOS

Práctica #2 Redes LAN y WAN

Objetivos:

- 1.- Reforzar los conocimientos teóricos de las redes LAN y WAN.
- 2.- Configuración de una Red de Área Local Virtual (VLAN).
- 3.- Profundizar los conceptos estudiados sobre las tecnologías xDSL.

Materiales:

DSLAM VERSA VX-1000LD
Switch NETGEAR
Módem ADSL
Servidor DELL Powered.
Cable de red
Cable Serial

Introducción Teórica:

Las redes de área amplia, o redes WAN, son un conjunto de elementos que permiten interconectar dos o más redes de área local (LAN), ubicadas en lugares geográficos lejanos. Este tipo de redes, al prolongarse en grandes áreas, pueden ser divididas en subredes interconectadas con equipos de conversión de interfaces y/o protocolos, los cuales a su vez, están conectados a diferentes tipos de líneas de transmisión.

Tecnologías xDSL

Se conoce como DSL (Línea de abonado digital) a una tecnología que utiliza las líneas telefónicas existentes, implementadas sobre par de cobre, para transportar información digital con altos requerimientos en tasas de transmisión, como los son datos, video, audio y aplicaciones multimedia en general, a los abonados o clientes. Esta conexión DSL se establece normalmente entre la oficina central de un proveedor de servicios de red (NSP) y el sitio del cliente, o bien en bucles locales creados dentro de campus o edificios.

Esta tecnología aprovecha el hecho de que las líneas de cobre telefónico pueden soportar varios canales de ancho de banda, con lo cual, mientras el canal más bajo es empleado para la comunicación de voz, los canales de mayor ancho de banda son utilizados para la transmisión de datos, tanto en subida (desde el usuario hasta la central) como en bajada (desde la central hasta el usuario).

Entre las variaciones de la tecnología DSL se encuentran: ADSL, SDSL, IDSL, HDSL, VDSL.

La Línea de Abonado Digital Asimétrica (Asymmetric Digital Subscriber Line) o ADSL es una técnica de transmisión de datos a altas velocidades que se aplica sobre los bucles de abonado de la red telefónica. ADSL proporciona un acceso asimétrico a través del par de cobre lo que se traduce en mayor capacidad de transmisión de datos en el sentido descendente (de la red hasta el usuario) y menor transmisión en sentido ascendente (desde el usuario a la red).

Procedimiento:

A continuación usted trabajará con el switch NETGEAR el cual, en su configuración previa, posee una serie de VLAN preestablecidas.

- 1.- Acceda al servidor web del equipo. Busque en el menú que se despliega, la opción que le permite conocer la configuración de cada VLAN (Dirección IP, puertos asignados, entre otros).
- 2.- Realice la conexión de la PC al switch. Cada mesón representa una LAN independiente, por lo tanto, cada uno de los mismos debe estar asociado a una VLAN diferente.

Configuración del módem ADSL

- 1.- Conecte la computadora con el módem a través del cable ethernet.

2.- Acceda a las propiedades del adaptador de red de su computadora. Modifique la dirección IP y máscara del mismo, por una asociada a la familia de la dirección IP del Módem, la cual por defecto es 192.168.1.a, donde “a” varía entre los números 2 y 7, siguiendo el orden de las VLAN creadas.

3.- Abra el navegador web, deshabilite el proxy en caso de requerirlo para conectarse y coloque en la barra de dirección la IP correspondiente al Módem.

4.- A continuación se abrirá una ventana solicitando el nombre de usuario y la contraseña. Ingrese los siguientes datos: **Login:** *admin*; **Password:** *password*.

5.- Una vez que haya ingresado en el *Web Server* del módem, seleccione a la opción **WAN** que aparece en la barra lateral. Ubique el parámetro VPI/VCI con el valor 0/33 y mantengalo habilitado.

6.- Deshabilite los servicios restantes.

7.- Guarde la configuración.

Configuración del DSLAM

Por cada DSLAM, un mesón realizará la configuración del equipo por consola y el otro utilizando el *Web Server* del equipo.

1.- Para la configuración del DSLAM Versa a través del Web Server debe realizar los pasos 1, 2, 3 y 4 especificados anteriormente para el módem; tome en cuenta que se debe conectar la computadora al equipo mediante el puerto WAN que posee el mismo, utilizando un cable de red, además que la dirección que se posee el equipo por defecto es la 192.168.1.b, donde “b” corresponde a: “251” para el DSLAM 1, “252” para el DSLAM 2 y “253” para el DSLAM 3. Al visualizar la ventana donde se solicita usuario y contraseña coloque *admin* en ambos casos.

2.- Seleccione el puerto al cual se encuentra conectado, y cree un servicio del tipo *RFC 1483 Bridge*. Utilice VP=0 y VC=33

3.- Guarde los cambios realizados y reinicie el equipo.

4.- Si la configuración la realiza por consola, debe utilizar HyperTerminal. Los parámetros de configuración son:

- Bits por Segundo: 9600

- Bits de datos: 8
- Paridad: Ninguno.
- Bits de Parada: 1
- Control de Flujo: Ninguno.

5.- Utilizando los comandos necesarios, cree un servicio del tipo *RFC 1483 Bridge* en el puerto al cual se encuentra conectado. Utilice VP=0 y VC=33

A continuación, modifique las velocidades en los canales de upstream y downstream del puerto que está utilizando para la conexión, de acuerdo a cada uno de los estándares que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 20. Estándares ADSL. Velocidad en los canales downlink y uplink

Estándar	Anexo	Downlink	Uplink
G.DMT o G.992.1	Anexo A	6,144 Mbps	1,536 Mbps
T1.413	Anexo A	6,144 Mbps	1,536 Mbps
G.Lite o G.992.2	Anexo A	1,536 Mbps	512 Kbps
G.Dmt.Bis o G.992.3	G.Dmt.Bis	12 Mbps	3,5 Mbps
G.lite.bis		1,536 Mbps	512 Kbps
G.ReAdsl2 o G.992.3 Annex L	G.Dmt.Bis/ Annex M	12 Mbps	3,5 Mbps
G.Dmt.BisPlus o G.992.5	G.Dmt.Bis	24 Mbps	1,4 Mbps
G.Dmt.BisPlus Auto o G.992.5 Annex M	G.Dmt.Bis/ Annex M	12 o 24 Mbps	3 Mbps

Para cada estándar presentado en la anterior tabla, realice las siguientes pruebas:

1.- Desde una de las computadoras de su red LAN, ingrese al servidor FTP y descargue un archivo. Haciendo uso del software Net Meter, tome nota de la

velocidad máxima de descarga y de los valores promedio de la velocidad en los canales de subida y de bajada. Realice capturas de pantalla al inicio y al final de la descarga.

2.- Utilice la herramienta Wireshark, para calcular la velocidad de descarga del archivo y compare con el valor obtenido en el paso anterior.

3.- Repita el paso 1, ahora utilizando diferentes tipos de servidores: ftp, http y Streaming simultáneamente.

4.- En las dos máquinas de su red LAN, descargue el mismo archivo desde el servidor FTP. Utilice Net Meter para visualizar cómo se realiza la descarga y tomar nota de las velocidades: máxima de descarga, promedio para el canal de bajada y promedio para el canal de subida. Realice capturas de pantalla y describa las imágenes. Explique los resultados obtenidos.

5.- Utilice la herramienta Wireshark, para calcular la velocidad de descarga del archivo y compare con el valor obtenido en el paso anterior.

Para los estándares G.lite y G.Dmt.BisPlus realice la siguiente prueba:

Conecte su módem a uno de los puertos del DSLAM 1. Luego de que todas las VLAN estén asociadas a un puerto, descargue desde ambas máquinas un mismo archivo. Repita los pasos 4 y 5.

Bibliografía Básica

- GORALSKI, W (2000), *Tecnologías ADSL y xDSL*. McGraw-Hill. España 2000. 1ra Ed.
- OSORIO, Gustavo Adolfo; GIL, Pedro Enrique; NADER RIZO, Alberto Enrique y SANDOVAL, Juan Carlos (2010), *Nuevas tecnologías en redes WAN y LAN*. En PUBLICACIONES ICESI
- TANENBAUM, A. *Redes de Computadoras*. Pearson-Prentice Hall. México 2003. 4ta Ed.

Apéndice 3

Práctica #3: ATM

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES
CÁTEDRA DE LABORATORIO DE SISTEMAS TELEMÁTICOS

Práctica #3 ATM

Objetivos:

- 1.- Configuración de una red ATM.
- 2.- Estudio de las capas de ATM.
- 3.- Repaso de conceptos básicos.
- 4.- Estudio de los diferentes tipos de encapsulamiento que puede distinguir una red ATM.

Materiales:

DSLAM VERSA VX-1000LD
Switch NETGEAR
Servidor Dell
Módem ADSL
Cable de red
Cable Serial

Introducción Teórica:

Asynchronous Transfer Mode (ATM) puede definirse como una tecnología que reúne herramientas de software, hardware y medios de conexión con el objetivo de transmitir datos a altas velocidades. ATM, se caracteriza además por permitir a las redes utilizar los recursos de banda ancha con la máxima eficacia y mantener al mismo tiempo la Calidad de servicio (QoS) para los usuarios y programas con unos requisitos estrictos de funcionamiento.

Los componentes básicos del ATM son los equipos que están conectados a una red de este tipo (denominados como estaciones finales) así como los dispositivos encargados de conectar a los mismos y asegurar que los datos se transfieren correctamente. Algunos ejemplos de los dispositivos que conectan a las estaciones finales son: Enrutadores, DSLAM y conmutadores ATM.

En ATM, se utiliza el concepto de celdas pequeñas de longitud fija para estructurar y empaquetar los datos para las transferencias. Al utilizar celdas, en contraste directo con el mecanismo de paquetes de longitud variable utilizado por la mayoría de las tecnologías de red actuales, ATM asegura que las conexiones pueden negociarse y administrarse sin que ninguno de los tipos de datos o conexiones pueda apropiarse en exclusiva de la trayectoria de transferencia.

En ATM se pueden diferenciar 4 capas entre las que se encuentran la Capa Superior, Capa de Adaptación ATM, Capa ATM y Capa Física. A continuación se presenta un pequeño resumen de algunas de ellas:

- **Capa Física:** especifica un medio de transmisión y un esquema de codificación de señal, es decir, controla la transmisión y recepción de bits sobre el medio físico.
- **Capa ATM:** se encarga de definir la transmisión de datos en celdas fijas, así como establecer el uso de conexiones lógicas. Igualmente es la encargada de la comunicación host-host.
- **Capa de Adaptación (AAL):** Su principal función es admitir protocolos de transferencia de información no basados en ATM. Esta capa está definida por la ITU-T en la recomendación I.363, en donde se pueden encontrar detalles de aspectos como los siguientes:
 - Gestión de errores de transmisión.
 - Segmentación y ensamblado para permitir la transmisión de bloques mayores de datos en el campo de información de celdas ATM.
 - Gestión de condiciones de pérdida de celdas y de celdas mal insertadas.

- Control de flujo y temporización.

La capa de adaptación ATM se encuentra dividida en dos subcapas lógicas: la subcapa de convergencia que da soporte a aplicaciones específicas usando AAL, permitiendo adaptar diversos tipos de tráfico para su transporte sobre redes ATM; la segunda subcapa lógica es la de segmentación y ensamblado, la cual adopta funciones de empaquetamiento de la información recibida desde la subcapa anterior en celdas de transmisión, así como desempaquetar información en el otro extremo.

- AAL Tipo 1: se utiliza para aplicaciones que poseen un caudal constante y que necesitan estricta sincronización como lo son la emulación de circuitos de voz o señales de video comprimido.
- AAL Tipo 2: necesario para aplicaciones como el audio o video comprimido que poseen un caudal variable, pero a su vez, una gran sincronización de los relojes de emisión y recepción.
- AAL Tipo 3/4: surge de la fusión de AAL 3 y AAL 4 y se utiliza para la transmisión de datos en modo conectado o desconectado.
- AAL Tipo 5: se puede considerar una versión más simplificada del AAL tipo 3/4 y se utiliza igualmente para la transmisión de datos.

La celda ATM está formada por 5 bytes de cabecera y 48 de carga útil (payload). A continuación se presentan dos de los campos más importantes en ella:

- **Identificador de Camino Virtual (VPI):** este campo identifica el Virtual Path por el que debe circular la celda. Es un campo de encaminamiento para la red.
- **Identificador de Canal Virtual VCI:** identifica el Virtual Channel por el que debe circular el paquete dentro del Virtual Path especificado.

Procedimiento:

A continuación, usted deberá realizar la configuración de una red ATM.

Realice la conexión que se muestra en la Figura 1. tomando en cuenta las VLAN creadas en la práctica anterior. Cada mesón debe conectarse a uno de los puertos del DSLAM 1.

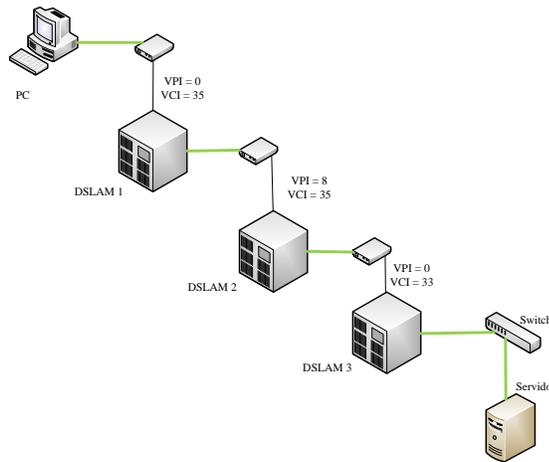


Figura 1. Diseño de Red para verificación integral del servicio.

Fuente: Elaboración Propia.

Parte I. Modo Bridge:

En la primera parte de la práctica se realizará una red ATM con configuración tipo *Bridge*, en la cual el módem ADSL actúa como un dispositivo transparente a la red. Esta configuración requiere que usted modifique los parámetros del módem utilizando el RFC 1483. Este RFC hace referencia al tipo de encapsulamiento que se utilizará en la línea que conecta al módem con el DSLAM.

Configuración del Módem ADSL

1.- Realice la misma configuración que utilizó en la práctica anterior, ahora cambiando utilizando un PVC con los siguientes valores de VP y VC:

- Mesón 1: 0/32
- Mesón 2: 8/81
- Mesón 3: 14/24
- Mesón 4: 0/100
- Mesón 5: 0/33
- Mesón 6: 0/40

Configuración del DSLAM

1.- Haga uso el servicio ATM que creó en la práctica anterior (RFC 1483) para realizar la primera parte de la práctica.

2. - Utilizando la lista de comandos que elaboró anteriormente, configure los siguientes parámetros en cada DSLAM:

- **Estándar DSL:** G.Dmt.BisPlus o G.992.5
- **Modo de transmisión en el Puerto:** Interleaved
- **velocidad máxima (bps) del enlace downlink:** 24 Mbps
- **velocidad máxima (bps) del enlace uplink:** 1.536 Mbps

Una vez realizada la interconexión física, ejecute el comando *ping* desde su máquina con dirección al servidor, con el objetivo de comprobar que efectivamente se establecieron los circuitos virtuales y verificar el estado de la conexión.

Responda: ¿Logran sincronizarse el módem y el DSLAM? Explique

Ahora cambie la configuración del módem a la misma que utilizó en la

Parte II. Modo Router:

A continuación realizará la configuración de la red Atm tipo Router, en la cual el módem ADSL actúa como un dispositivo independiente de la red, el cual recibe paquetes desde el computador y del DSLAM.

Configuración del Módem ADSL:

1.- Ingrese al web server del módem.

2.- Una vez que haya ingresado en el *Web Server* del módem, seleccione a la opción **WAN** que aparece en la barra lateral. Ubique el parámetro VPI/VCI con el valor 0/35 y haga clic en editar.

3.- En la siguiente pantalla ingrese los siguientes valores: VPI=0 y VCI=33 y presione next.

4.- A continuación, en el tipo de conexión seleccione *IP over ATM (IPoA)*. En el modo de encapsulación seleccione *LLC/SNAPRouting*.

5.- Asigne la siguiente dirección IP _____ con su respectiva máscara en la opción que se lo solicita. Presione *next*.

6.- Habilite la opción NAT. Guarde los cambios realizados.

Para cada caso realice pruebas de transmisión utilizando los diferentes servidores disponibles en el laboratorio: http, Ftp, Streaming y de voz (Elastix).

ANEXOS

Anexo 1

Pruebas del Enlace de Bajada. Estándares ADSL

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con el estándar T1.413 utilizando AnnexA:

- Prueba 1:

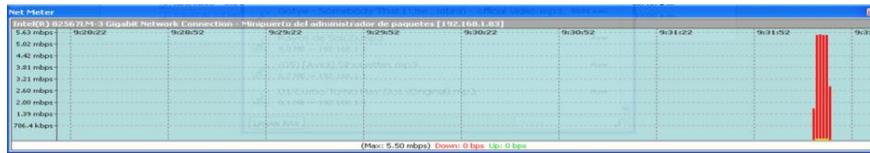


Figura 35. Descarga de un archivo desde hacia la Máquina 3

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 2:



Figura 36. Descarga de varios archivos desde la Máquina 3.

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 3:

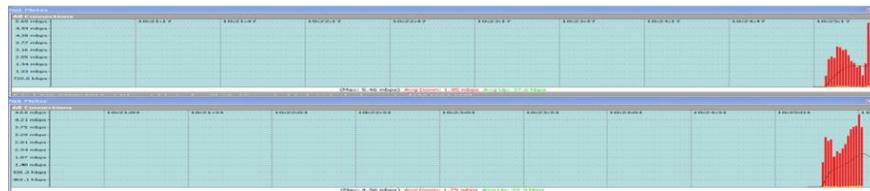


Figura 37 Descarga de un archivo desde LAN 1, utilizando un DSLAM

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 38. Descarga de un archivo desde la VLAN 2, utilizando un DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 4:



Figura 39. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando dos DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.

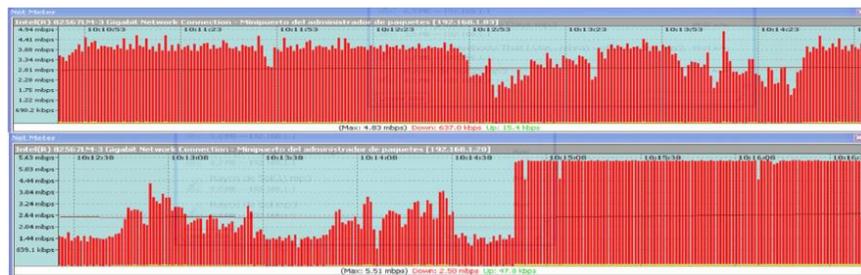


Figura 40. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando dos DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con el estándar G.DMT utilizando el Anexo A:

- Prueba 1:

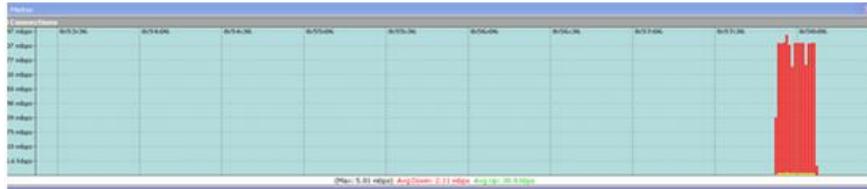


Figura 41. Descarga de un archivo desde la Máquina 2.

Fuente: Elaboración Propia

- Prueba 2:

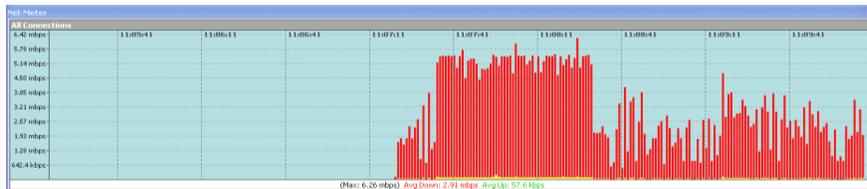


Figura 42. Descarga de varios archivos desde la Máquina 2.

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 3:



Figura 43. Descarga de un archivo desde LAN 1, utilizando un DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 44. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando un DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 4:



Figura 45. Descarga de un archivo desde hacia la LAN 1, utilizando dos DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 46. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando dos DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con el estándar G.Lite utilizando el Anexo A:

- Prueba 1:



Figura 47. Descarga de un archivo desde hacia la Máquina 3.

Fuente: Elaboración Propia

- Prueba 2:

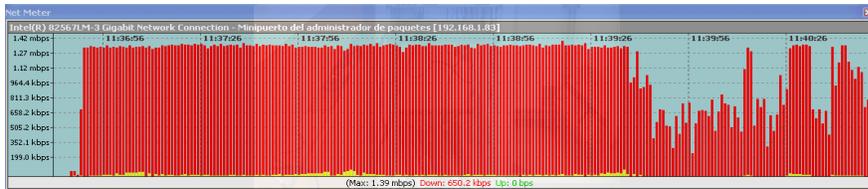


Figura 48. Descarga de varios archivos desde la Máquina 3.

Fuente: Elaboración Propia

- Prueba 3:



Figura 49. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando un DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia

Diseño de un Banco de Pruebas basado en Tecnología xDSL para el Estudio del Transporte de Datos en Redes WAN



Figura 50. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando un DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 4:

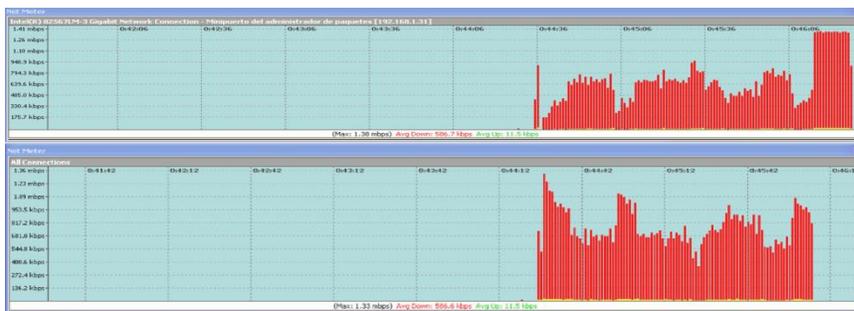


Figura 51. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando dos DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 52. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando dos DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con el estándar G.Dmt.Bis utilizando el G.Dmt.Bis:

- Prueba 1:

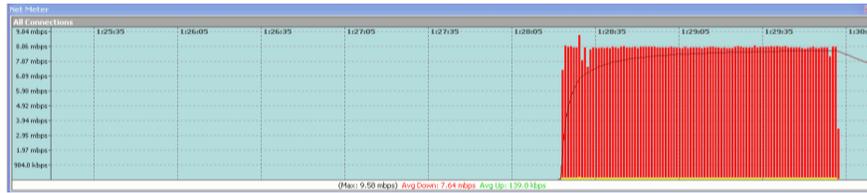


Figura 53. Descarga de un archivo desde la Máquina 2.

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 2:

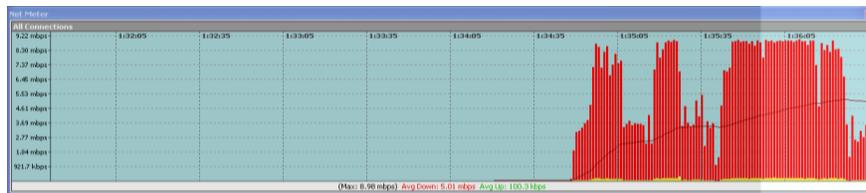


Figura 54. Descarga de varios archivos desde la Máquina 2.

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 3:



Figura 55. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando un DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 56. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando un DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 4:



Figura 57. Descarga de un archivo desde hacia la LAN 1, utilizando dos DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 58. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando dos DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con el estándar G.Dmt.BisPlus utilizando el G.Dmt.Bis:

- Prueba 1:

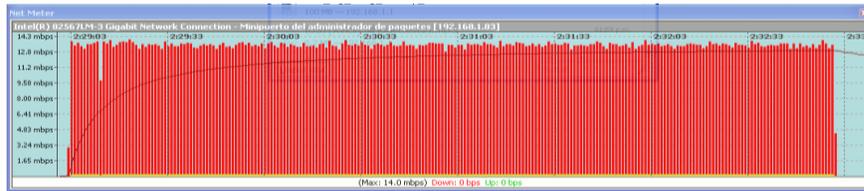


Figura 59. Descarga de un archivo desde la Máquina 3.

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 2:

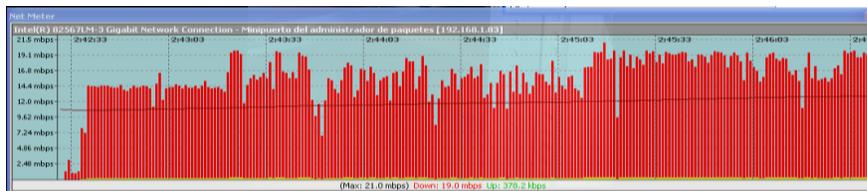


Figura 60. Descarga de varios archivos desde la Máquina 3.

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 3:



Figura 61. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando un DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 62. Descarga de un archivo desde LAN 2, utilizando un DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.

- Prueba 4:



Figura 63. Descarga de un archivo desde la LAN 1, utilizando dos DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 64. Descarga de un archivo desde la LAN 2, utilizando dos DSLAM.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 2

Pruebas del Enlace de Subida y Bajada. Estándares ADSL

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en los enlaces de subida y bajada para una velocidad de transmisión fija:

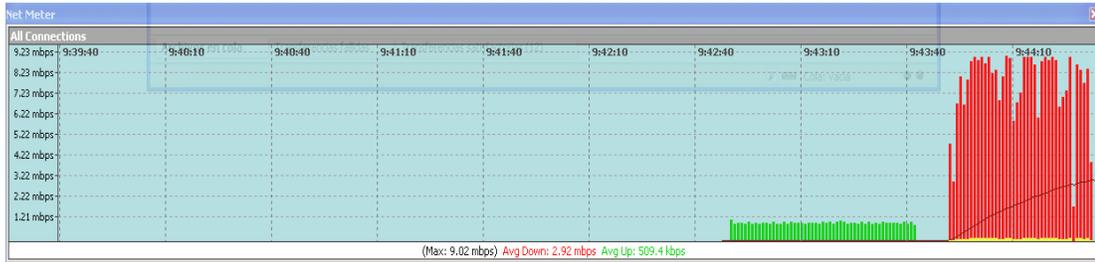


Figura 65. Carga y Descarga de un archivo con el estándar T1.413

Fuente: Elaboración Propia.

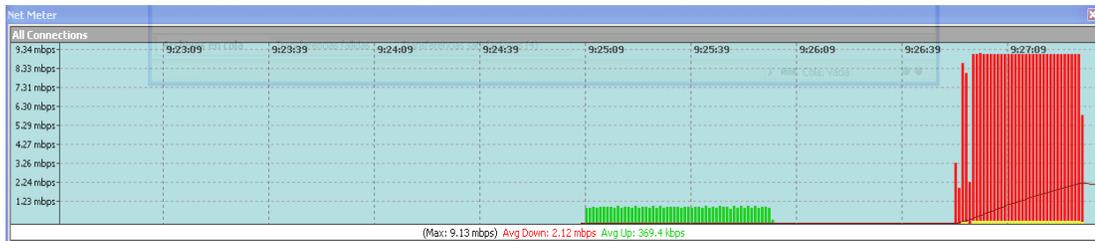


Figura 66. Carga y Descarga de un archivo con el estándar G.DMT

Fuente: Elaboración Propia.

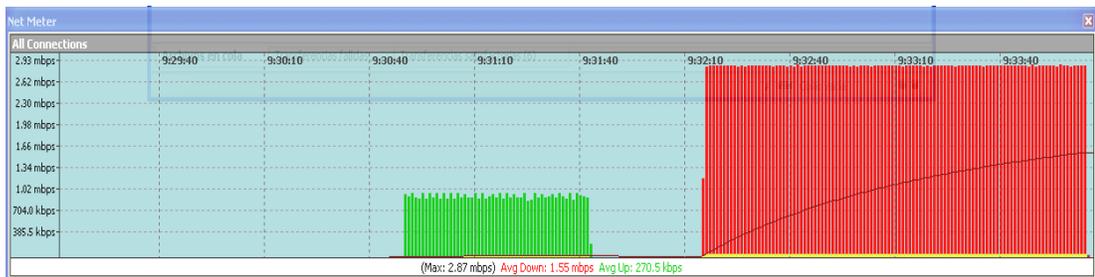


Figura 67. Carga y Descarga de un archivo con el estándar G.Lite

Fuente: Elaboración Propia.

Diseño de un Banco de Pruebas basado en Tecnología xDSL para el Estudio del Transporte de Datos en Redes WAN

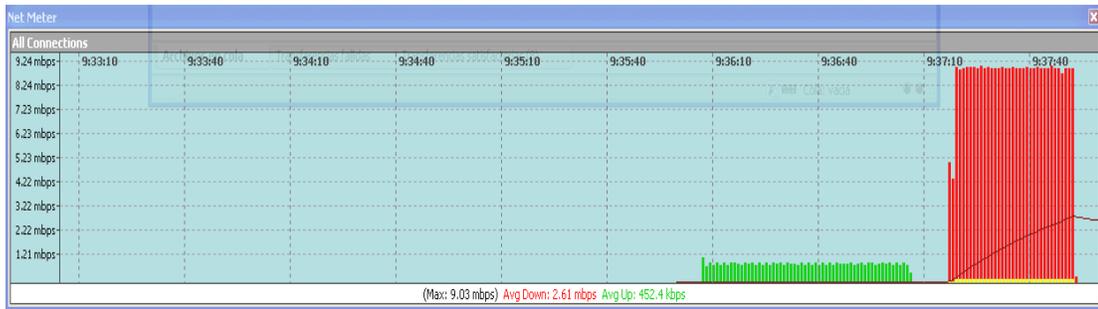


Figura 68. Carga y Descarga de un archivo con el estándar G.Dmt.Bis

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 69. Carga y Descarga de un archivo con el estándar G.Dmt.BisPlus

Fuente: Elaboración Propia.