

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRICA



**“ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ANCHO DE BANDA DE LA  
TECNOLOGÍA ADSL EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE  
TRANSMISIÓN DE LA RED DE PLANTA EXTERNA DE CANTV”**

REALIZADO POR:

**MONICA CAROLINA SOLANO HERNANDEZ**

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

Puerto La Cruz, febrero de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRICA



**“ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ANCHO DE BANDA DE LA  
TECNOLOGÍA ADSL EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE  
TRANSMISIÓN DE LA RED DE PLANTA EXTERNA DE CANTV”**

**Ing. José Bernardo Peña**

**Asesor Académico**

---

**Firma**

Puerto La Cruz, febrero de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRICA



**“ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ANCHO DE BANDA DE LA  
TECNOLOGÍA ADSL EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE  
TRANSMISIÓN DE LA RED DE PLANTA EXTERNA DE CANTV”**

---

**Ing. José Bernardo Peña**  
**Asesor Académico**

---

**Ing. Enrique Serrano**  
**Jurado Principal**

---

**Ing. Margarita Heraoui**  
**Jurado Principal**

Puerto La Cruz, febrero de 2009

## ARTÍCULO 44

*De acuerdo con el reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente:*

***“Los trabajos de Grado son propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual participará al Consejo Universitario”***

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado con muchísimo cariño a mis padres y mis hermanos.

Dedicado con mucho amor a mi novio, porque lo viviste de cerca, me ayudaste y estuviste conmigo en todo momento.

Y por último, a todos los estudiantes de esta carrera, espero que este trabajo les permita despejar sus dudas e inquietudes y les sirva de ayuda en futuras investigaciones.

## AGRADECIMIENTO

Primeramente le doy gracias a Dios y a Jesucristo, por acompañarme y escucharme, porque a pesar de las dificultades no me desampararon en ningún momento.

Le doy gracias a mis padres, Jesús Solano y Casilda Hernández quienes han sido mi ejemplo en todo momento, porque los he visto trabajar toda la vida por mí y por mis hermanos. Gracias por su amor y paciencia. Para ustedes mis mayores respetos y admiración.

Gracias a mis hermanos: Evelyn, Karina, Jesús, Cristina y César, porque todos son tan diferentes que necesito de cada uno de ustedes para complementarme y sentirme bien cada día. Lola gracias por hacerme sentir cada vez que te veo que te importo y mucho!, gracias Karina porque a pesar de estar lejos, me transmites lo fuerte y luchadora que eres, gracias Jesús por ser mi ejemplo a seguir y por esos bellos sentimientos, gracias Cristina por ser tan especial y por compartir conmigo todos los días, y muchas gracias César por hacerme feliz todos los días y por demostrarme que cuento contigo en todo momento. En fin gracias a todos por estar conmigo siempre y por quererme tanto como yo los quiero a ustedes.

Gracias José Luis Marcano, porque desde que te conocí cambiaste mi vida, me has demostrado que me quieres, me has cuidado y apoyado en todo, creo que voy a estar en deuda contigo siempre. Has sido un ejemplo para mí de lucha, paciencia y amor. Gracias por hacerme feliz todos los días, doy gracias a Dios por ponerte en mi camino y permitirme estar un día más contigo. Te amo muchísimo!

Gracias a mis compañeros del Departamento de Datos de CANTV, por hacerme más fácil y grata mi estadía en todos los meses que duró mi pasantía, aprendí mucho de ustedes. Muchísimas gracias especialmente al señor Nelson Piñero porque sin conocerme y sin estar recomendada, me dio la oportunidad de aprender y compartir con ese gran grupo de trabajo, gracias al señor Omar Amariscua por dedicarme un poco de su valioso tiempo, aprendí muchísimo con cada trabajo realizado, gracias a los señores José Vicente Acero y William Pacheco, por enseñarme sin ningún egoísmo sus conocimientos, me sirvieron de mucho para la realización de este trabajo, gracias a Bertha y a Sandra por su amistad, porque compartieron conmigo como unas verdaderas amigas, gracias a mis compañeros pasantes, por hacerme más divertida la estadía.

Gracias al profesor Bernardo Peña, por guiarme en la realización de este trabajo, por brindarme su tiempo y que gracias a sus enseñanzas demostré un buen desempeño durante todo el tiempo que realicé la pasantía.

Muchas Gracias a todos!

## RESUMEN

El objetivo de esta tesis es estimar la capacidad de transmisión de la red de acceso de CANTV y ayudar a mejorar los criterios de determinación de la aptitud de un bucle para la provisión de servicios, a fin de determinar si la red bajo análisis es capaz de soportar la transmisión de señales ADSL con máximas garantías. Este estudio se lleva a cabo de la siguiente manera: 1) Empleando las técnicas de precalificación del lazo se realizan mediciones sobre la planta externa, con el fin de determinar los parámetros del medio de transmisión, 2) Tomando en cuenta las características eléctricas de cada uno de los tramos del bucle se realiza el modelado del par en Matlab. El primer cálculo que realiza el programa, es el de la matriz de transmisión  $T$ , de donde se obtiene la función de transferencia del abonado, luego se realiza una operación de convolución entre los coeficientes del canal y el número de bits de transmitidos, adicionando en el cálculo el efecto del ruido de fondo y el NEXT, lo que permite obtener el número de bits transmitidos por subportadora y en función de ellas la del sistema total; para luego compararlos con las prestaciones teóricas máximas y medidas. Este resultado permitirá determinar la factibilidad del servicio sobre un bucle determinado e identificar con precisión el desempeño de los bucles que aún no soportan ningún servicio de banda ancha.



## CONTENIDO

<b>PÁGINA DE TÍTULO</b> .....	i
<b>ARTÍCULO 44</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>CONTENIDO</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	xiv
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xv
<b>CAPITULO 1</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Descripción de la tecnología xDSL.....	1
1.1.1. Inicio del DSL.....	1
1.1.2. La familia xDSL en detalle .....	2
1.1.2.1. HDSL / HDSL2 – High-bit-rate (DSL de alta velocidad).....	3
1.1.2.2. SDSL- Symmetric (o single Pair) DSL (DSL simétrico, o de par único) 4	
1.1.2.3. ADSL –Assymmetric DSL (DSL asimétrico).....	4
1.1.2.4. RADSL- Rate Adaptative DSL (DSL de velocidad adaptable).....	5
1.1.2.5. CDSL – Consumer DSL (DSL del consumidor) .....	5
1.1.2.6. IDSL – ISDN DSL (DSL de RDSI).....	5
1.1.2.7. VDSL- Very High- Speed DSL (DSL de muy alta velocidad).....	6
1.1.3. Ventajas del xDSL .....	7
1.2. Introducción a la DSL asimétrica (ADSL).....	8
1.3. Arquitectura del ADSL .....	10
1.3.1. Splitter.....	12
1.3.2. Multiplexor de acceso DSL (DSLAM).....	13
1.4. Técnicas de modulación para ADSL.....	15

1.5. Organizaciones que establecen las normas de ADSL .....	19
1.6. ADSL-full .....	20
1.7. ¿Que es aba?.....	21
1.7.1. Características del Servicio .....	22
1.7.2. Limitaciones de aba.....	23
1.8. Evolución de la red hacia el concepto NGN .....	24
1.8.1. Definición de NGN .....	24
1.8.2. Características fundamentales.....	25
1.8.3. Arquitectura de la NGN .....	26
1.8.4. Ventajas para CANTV de la NGN.....	29
1.8.5. Equipos NGN empleados por CANTV .....	29
1.8.5.1. El SOFTX3000 .....	29
1.8.5.2. El UMG8900 .....	30
1.8.5.3. El iManager N2000 .....	31
1.8.5.4. El UA5000 (inidad de acceso universal).....	32
1.8.6. Plataforma actual de CANTV .....	34
1.9. Resumen.....	37
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>38</b>
<b>PARAMETROS QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DE TRANSMISION DEL LAZO TELEFONICO .....</b>	<b>38</b>
2.1. La Red telefónica .....	38
2.1.1. El bucle local.....	38
2.1.2 Estructura del bucle de abonado .....	39
2.2. Parámetros que afectan la transmisión en el bucle de abonado .....	40
2.2.1. Parámetros fijos y variables .....	41
2.2.2. Parámetros físicos .....	41
2.2.3. Atenuación .....	42
2.2.4. Ruido de fondo.....	43
2.2.5 Ruido impulsivo.....	43

2.2.6 Derivaciones (bridge taps) .....	44
2.2.7. Bobinas de pupinización (load coils) .....	46
2.2.8. Interferencias de otros servicios.....	46
2.2.8.1. Interferencias de emisiones de radio .....	46
2.2.8.2. El crosstalk.....	47
2.2.9. Distancia.....	48
2.2.10. Otros parámetros que afectan la calidad del enlace .....	49
2.3. Resumen.....	50
<b>CAPITULO 3.....</b>	<b>51</b>
<b>MEDICIONES DE CAMPO PARA LA PRECALIFICACION DEL DESEMPEÑO DEL PAR DE COBRE .....</b>	<b>51</b>
3.1. Medición a nivel de la capa física .....	51
3.1.1. Sistema TAS .....	51
3.2. Sistema de prueba 4TEL .....	52
3.2.1. Pruebas a pedido .....	54
3.2.2. Valores de referencia utilizados por el sistema 4TEL .....	56
3.3. Dynatel 965 DSP.....	56
3.4. Pruebas de precalificación del bucle de abonado.....	57
3.4.1. Prueba de voltaje.....	59
3.4.1.1. Voltaje DC .....	59
3.4.1.2. Voltaje AC .....	59
3.4.2 Prueba de corriente.....	60
3.4.3. Prueba de resistencia de aislamiento.....	61
3.4.4. Conteo de bobinas de pupinización.....	62
3.4.5. Prueba de capacitancia mutua .....	63
3.4.6. Prueba de ruido de fondo y ruido impulsivo.....	63
3.4.6.1. Ruido de fondo.....	63
3.4.6.2. Ruido impulsivo.....	63
3.4.7. Prueba de balance longitudinal .....	64

3.4.8 Pruebas en ADSL.....	65
3.4.9. Gráfica ADSL .....	69
3.4.10. Prueba de resistencia de lazo.....	70
3.5. Valores de Referencia (típicos).....	71
3.6. Resultados de las pruebas.....	73
3.7. Resumen.....	83
<b>CAPITULO 4.....</b>	<b>85</b>
<b>MODELADO DEL LAZO DE ABONADO .....</b>	<b>85</b>
4.1. Caracterización del lazo de abonado.....	85
4.2. Modelado del par trenzado.....	86
4.2.1. Capacitancia .....	87
4.2.2. Resistencia .....	88
4.2.3. Inductancia .....	88
4.2.4. Conductancia.....	89
4.3. Modelado de la estructura del lazo.....	94
4.4. Estimación de la función de transferencia .....	95
4.4.1. Representación de redes de dos puertos.....	96
4.5. Modelado del NEXT y FEXT .....	101
4.5.1 PSD de ADSL Upstream.....	102
4.5.2. PSD de ADSL Downstream.....	104
4.5.3. Next.....	106
4.5.4. Fext.....	107
4.6. Lazos de abonados analizados .....	108
<b>CAPITULO 5.....</b>	<b>112</b>
<b>PROPUESTA PARA LA ESTIMACION DE ANCHO DE BANDA Y DE MEJORAS EN LA INFRAESTRUCTURA PARA EL INCREMENTO DE LA CAPACIDAD Y DE SERVICIOS .....</b>	<b>112</b>
5.1. Análisis de la capacidad del canal.....	112
5.1.1. Simulación del lazo de abonado.....	112

5.2. Estimación de la capacidad de canal.....	122
5.3. Mejoras a nivel de planta interna .....	132
5.3.1. Optimización del CAPEX y OPEX .....	132
5.3.2. Despliegue de nuevos centros de operaciones de red .....	134
5.4. Mejoras a nivel de planta externa.....	135
5.4.1. Asegurar el suministro de energía.....	135
5.4.2. Proteger los equipos contra el vandalismo.....	135
5.4.3. Rehabilitación de gabinetes activos para incrementar la base de clientes .	136
5.4.4. Bucles locales más cortos.....	136
5.4.5. Mantener el calibre del cable .....	137
5.4.6. Sustituir antiguas unidades remotas .....	138
5.4.7. Automatizar la operación de terminales remotos (UA5000) .....	139
5.5. Desarrollo de nuevas tecnologías y procesos.....	139
5.5.1. Implementar nuevas tecnologías de radio para zonas de baja densidad ....	140
5.5.2. GPON (Gigabit Passive Optical Networks).....	143
5.6 Resumen.....	144
<b>5.7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>146</b>
<b>5.8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>147</b>
<b>5.9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>152</b>
<b>METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO.....</b>	<b>183</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. La familia xDSL en particular. <sup>[1]</sup> .....	2
Tabla 1.2. Velocidad y distancia de aba de acuerdo al calibre utilizado. <sup>[9]</sup> .....	23
Tabla 3.1 Relación S/ N mínima de bajada y de subida. <sup>[27]</sup> .....	67
Tabla 3.2 Atenuación para un conductor de 0.4mm y 0.5mm. <sup>[28]</sup> .....	67
Tabla 3.3 Atenuación máxima de bajada y de subida para servicios ADSL. ....	68
Tabla 3.4 Valores recomendados de los parámetros eléctricos del par. [Autor].....	71
Tabla 3.5 Valor mínimo de S/ N (Down). [Autor].....	72
Tabla 3.6 Valores de atenuación para la transmisión de datos Up y Down. [Autor]..	73
Tabla 3.7. Parámetros eléctricos y de ADSL obtenidos con el Dynatel 965. [Autor]	75
Tabla 3.8. Parámetros eléctricos y de ADSL obtenidos con el Dynatel 965. [Autor]	76
Tabla 3.9 Parámetros eléctricos y de ADSL obtenidos con el Dynatel 965. [Autor]	77
Tabla 3.10 Parámetros eléctricos y de ADSL obtenidos con el Dynatel 965. [Autor]	78
Tabla 3.11 Parámetros eléctricos y de ADSL obtenidos con el Dynatel 965. [Autor]	79
Tabla 4.1 Constantes de línea. [30].....	90
Tabla 5.1 Número de bits/símbolo y SNR para un BER= $10^{-7}$ . <sup>[36]</sup> .....	115
Tabla 5.2 Parámetros de la simulación. [Autor] .....	115
Tabla 5.3 Caudal de salida de cada lazo. [Autor] .....	119
Tabla 5.4 Caudal transmitido para cada lazo para N= 24. [Autor] .....	121
Tabla 5.5 Caudal de entrada y salida de cada lazo en presencia de ruido. [Autor]..	121
Tabla 5.6 Capacidad del canal estimada en Mbps. [Autor] .....	128
Tabla 5.7 Capacidad del canal estimada y medida. [Autor] .....	128
Tabla 5.8 Capacidad estimada con ajuste de la S/N. [Autor].....	129
Tabla 5.9 Capacidad del canal estimada en presencia de ruido. [Autor] .....	129
Tabla 5.10 Triple Play – Requerimientos de AB <sup>[37]</sup> .....	131

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Tecnologías xDSL. <sup>[2]</sup> .....	6
Figura 1.2. Conexión de ADSL. <sup>[3]</sup> .....	9
Figura 1.3. Arquitectura del sistema ADSL. <sup>[2]</sup> .....	10
Figura 1.4. Funcionamiento del Splitter. <sup>[4]</sup> .....	12
Figura 1.5. Multiplexor de acceso DSL (DSLAM) <sup>[5]</sup> .....	13
Figura 1.6. DSLAM ATM. <sup>[3]</sup> .....	14
Figura 1.7. Modulación ADSL DMT con FDM <sup>[6]</sup> .....	17
Figura 1.8. Modulación ADSL DMT con Cancelación de Eco. <sup>[6]</sup> .....	18
Figura 1.9. ADSL con microfiltros. <sup>[8]</sup> .....	21
Figura 1.10. Imagen publicitaria del servicio ABA. <sup>[9]</sup> .....	21
Figura 1.11. Arquitectura de NGN. <sup>[12]</sup> .....	28
Figura 1.12. Softx3000 empleado por CANTV. <sup>[15]</sup> .....	30
Figura 1.13. Pasarela de acceso universal (UMG8900). <sup>[15]</sup> .....	31
Figura 1.14. Diagrama del sistema de gestión para la red NGN de CANTV. <sup>[15]</sup> .....	32
Figura 1.15. UA5000 interno y externo. <sup>[16]</sup> .....	33
Figura 1.16. Operación en red típica del UA5000. <sup>[16]</sup> .....	34
Figura 1.17. Red NGN de CANTV en el año 2005. <sup>[34]</sup> .....	35
Figura 1.18. Plataforma actual NGN de CANTV. <sup>[17]</sup> .....	36
Figura 2.1. Distribuidor principal. <sup>[18]</sup> .....	39
Figura 2.2. Estructura del lazo de abonado. <sup>[19]</sup> .....	40
Figura 2.3. Atenuación vs. Frecuencia. <sup>[21]</sup> .....	43
Figura 2.4. Efecto de una línea derivada de 4.5 m. <sup>[22]</sup> .....	45
Figura 2.5. Paradiafonía NEXT y FEXT. <sup>[23]</sup> .....	48
Figura 2.6. Efecto de la distancia en la velocidad de transmisión. <sup>[19]</sup> .....	49
Figura 3.1. Pantalla del sistema TAS. <sup>[24]</sup> .....	52

Figura 3.2. Acceso al servidor del sistema 4TEL. <sup>[25]</sup> .....	53
Figura 3.3. Pantalla principal del sistema 4TEL. <sup>[25]</sup> .....	54
Figura 3.4. Información que presenta la prueba a pedido <sup>[25]</sup> .....	55
Figura 3.5. Dynatel 965 DSP. <sup>[26]</sup> .....	57
Figura 3.6. Tipos de pruebas en xDSL. <sup>[27]</sup> .....	58
Figura 3.7. Medición de voltaje. <sup>[26]</sup> .....	60
Figura 3.8. Medición de Corriente. <sup>[26]</sup> .....	61
Figura 3.9. Montaje para medir el aislamiento. <sup>[26]</sup> .....	62
Figura 3.10. Resultado de pruebas con Dynatel 965DSP. <sup>[26]</sup> .....	65
Figura 3.11. Relación señal/ ruido Vs. distancia. <sup>[27]</sup> .....	66
Figura 3.12. Gráfica de atenuación Vs distancia. <sup>[27]</sup> .....	68
Figura 3.13. Gráfica de ADSL. <sup>[26]</sup> .....	70
Figura 3.14. Prueba 4TEL realizada al número 02812675770. [Autor] .....	75
Figura 3.15 Pruebas realizadas al número 02812650050. [Autor].....	77
Figura 3.16. Pruebas realizadas al número 02812675987. [Autor].....	78
Figura 3.17 Pruebas realizadas al número 02812675093. [Autor].....	79
Figura 3.18 Pruebas realizadas al número 02812650795. [Autor].....	80
Figura 4.1. Procedimiento empleado para la simulación. [Autor] .....	85
Figura 4.2. Modelo de una línea de transmisión por unidad de longitud. <sup>[29]</sup> .....	87
Figura 4.3. (a) Variación de la resistencia para los calibre 24 y 26 AWG.....	91
(b) Variación de la inductancia para los calibre 24 y 26 AWG. [Autor] .....	91
Figura 4.4. (a) Variación de la capacitancia para los calibre 24 y 26 AWG (b)	
Variación de la conductancia para los calibre 24 y 26 AWG. [Autor] .....	91
Figura 4.5. Impedancia característica para los calibre 24 y 26 AWG. [Autor].....	92
Figura 4.6. Parte real e imaginaria de la constante de propagación. [Autor] .....	93
Figura 4.7. Representación grafica del lazo de suscriptor. <sup>[31]</sup> .....	94
Figura 4.8. Representación de una red de 2 puertos. <sup>[32]</sup> .....	98
Figura 4.9. Circuito equivalente para una red de 2 puertos. <sup>[32]</sup> .....	99
Figura 4.10. PSD's Upstream y Downstream. [Autor].....	105



Figura 4.11. Next Upstream para 10, 24 y 49 interferentes. [Autor] .....	106
Figura 4.12. Next Downstream para 10, 24 y 49 interferentes. [Autor] .....	107
Figura 4.13. NEXT y FEXT para 49 interferentes. [Autor].....	108
Figura 4.14. Estructura de los bucles de prueba (CC-09). [Autor] .....	109
Figura 4.15. Estructura de los bucles de prueba (CC-21). [Autor] .....	110
Figura 4.16. Plano de la Red del Centro Operativo Anzoátegui I. <sup>[35]</sup> .....	111
Figura 5.1. Esquema utilizado para la simulación. [Autor] .....	114
Figura 5.2. Asignación de bits de cada lazo medido con el Dynatel 965. [Autor]. ..	116
Figura 5.3. Respuesta en frecuencia de cada lazo. [Autor].....	116
Figura 5.4. $H(f) + \text{AWGN}$ para cada lazo. [Autor].....	117
Figura 5.5. Asignación de bits después de agregarle ruido AWGN. [Autor] .....	118
Figura 5.6. Efecto del Next en la distribución de bits (N=24). [Autor] .....	120
Figura 5.7. Constelación QAM <sup>[37]</sup> .....	124
Figura 5.8. Capacidad por subcanal de un par calibre 26 AWG [Autor].....	126
Figura 5.9. Capacidad por subcanal en presencia de NEXT [Autor].....	127
Figura 5.10. Configuración DSLAM splitterless [Autor] .....	133
Figura 5.11. Migración a IP sin interrupción del servicio [Autor].....	134
Figura 5.12. Reutilización de Armarios. [Autor] .....	136
Figura 5.13. Longitud máxima sugerida del par local. [Autor] .....	137
Figura 5.14. Combinaciones de calibre en el lazo del suscriptor. [Autor].....	138
Figura 5.15. Posibles zonas para implementar el servicio. [Autor] .....	142

# **CAPITULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Descripción de la tecnología xDSL**

#### **1.1.1. Inicio del DSL**

La Línea Digital de Abonado, DSL, comenzó al mismo tiempo que la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que fue creada para fomentar la digitalización extremo a extremo de la Red Telefónica Conmutada (RTC), desde un dispositivo de usuario (teléfono, PC, etc.) hasta otro dispositivo de usuario. La RDSI fue el primer servicio DSL, y su posición como primera tecnología basada en DSL nunca debería ser olvidada. Muchas de las características más avanzadas del ADSL han sido desarrolladas gracias a la experiencia acumulada con los métodos de la RDSI DSL.

Para servicios residenciales, la RDSI DSL toma la forma de Interfaces Básicos (BRI Basic Rate Interface). El BRI opera a 144 Kbps full- dúplex (esto es, en ambas direcciones), divididos en dos canales B que operan a 64 Kbps cada uno, y un canal D para señalización y datos que opera a 16 Kbps. Los dos canales B pueden unirse para alcanzar 128 Kbps en algunas ocasiones. Las modernas tecnologías DSL son más interesantes y prometedoras, y constituye una práctica común denominarlas xDSL, donde la 'x' representa una determinada letra. Algunas tecnologías xDSL son denominadas en ocasiones simétricas, en el sentido de que las velocidades son

idénticas en ambas direcciones y asimétricas que es diferentes velocidades en cada dirección.

### 1.1.2. La familia xDSL en detalle

Presentamos a continuación (tabla 1.1) el conjunto de tecnologías que hacen a la familia xDSL. Se presta una atención especial al funcionamiento técnico. El orden que se ha establecido ha sido cronológico. Esto es, HDSL fue lo primero que apareció, y VDSL es la tecnología mas moderna.

**Tabla 1.1. La familia xDSL en particular.** <sup>[1]</sup>

Nombre	Significado	Velocidad	Modo	Comentario
<b>HDSL / HDSL2</b>	DSL de alta velocidad	1,544Mbps 2,048Mbps	Simétrico Simétrico	Utilizaba 2 pares de hilos. Utiliza un par de hilos.
<b>SDSL</b>	DSL de par único	768 Kbps	Simétrico	Utiliza un par de hilos.
<b>ADSL</b>	DSL asimétrico	De 1,5Mbps a 8Mbps De 16 Kbps a 640 Kbps	Downstream (Descendente) Upstream (Ascendente)	Utiliza un par de hilos. Máxima longitud de bucle 5.5Kms.
<b>RADSL</b>	DSL de velocidad adaptable	De 1,5 Mbps a 8 Mbps De 16 Kbps a 640 Kbps	Downstream (Descendente) Upstream (Ascendente)	Utiliza un par de hilos pero puede adaptar la velocidad de datos a las condiciones de la línea.
<b>CDSL</b>	DSL de consumidor	Hasta 1 Mbps 16 a 128 Kbps	Downstream Upstream	Utiliza un par de hilos, usa equipos remotos en casa.

**Tabla 1.1. Continuación**

<b>IDSL</b>	DSL de RDSI	Igual que el interfaz básico (BRI)	Simétrico	Utiliza un par de hilos denominado Bri sin conmutador
<b>VDSL</b>	DSL de alta velocidad	De 13 a 52 Mbps	Downstream Upstream	De 300 a 1300 m de longitud de bucle

El factor común de todas las tecnologías DSL (Digital Subscriber Line) es que funcionan sobre par trenzado y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión, aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia y configuración. Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico descendente (el que va desde la central hasta el usuario) y el ascendente (en sentido contrario). Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a algún tipo de aplicaciones. El carácter asimétrico de algunas tecnologías xDSL se adapta perfectamente a Internet, ya que los usuarios de la red suelen recibir (velocidad de bajada) más datos de los que envían (velocidad de subida). Los miembros de la familia xDSL mostrados en la tabla 1.1 se explican a continuación:

#### **1.1.2.1. HDSL / HDSL2 – High-bit-rate (DSL de alta velocidad)**

HDSL se basa en un código de línea orientado a obtener más distancia del cable de cobre sin repetidores. Está basado en 2B1Q (dos-binario, uno cuaternario) a diferencia del ISDN básico. Al contrario del T1 que usan un par de alambre para transmitir y un par para recibir a 1.544 Mbps (half dúplex), HDSL emplea dos pares

de cada uno operando en modo full dúplex (traslado bidireccional). El campo T1 - E1 opera a 1.544 Mbps - 2.048 Mbps full dúplex respectivamente. El alcance de la transmisión depende en la medida del alambre de cobre desplegado. En la mayoría de los tendidos se utilizan alambres 24 AWG, con longitudes promedio de 3,000 pies (915 metros) a 4,200 pies (1,280 metros). El campo T1 /E1 puede alcanzar 5 millas (8 km) con conductores 19 AWG. También existe la posibilidad de emplear un sólo par, en cuyo caso se pueda transmitir solo 15 canales de 64 Kbps. Sin embargo, las interfaces externas de la HTU-C y la HTU-R siguen siendo de 2.048 Mbps de acuerdo a las normas G3703/G.704 del ITU-T. Para soportar la atenuación y posibles disturbios que se presentan en la línea, HDSL emplea una sofisticada técnica de ecualización adaptativa.

#### **1.1.2.2. SDSL- Symmetric (o single Pair) DSL (DSL simétrico, o de par único)**

Si el objetivo de la tecnología xDSL es la reutilización de los bucles locales analógicos, entonces quizás lo mejor sea emplear un único par de hilos, que es de lo que se componen los bucles locales analógicos. SDSL utiliza solo un par de hilos, pero tiene su tope en los 3 kilómetros, al menos en sus especificaciones de diseño. SDSL se ofrece normalmente a 768Kbps.

#### **1.1.2.3. ADSL –Assymetric DSL (DSL asimétrico)**

ADSL aprovecha la naturaleza asimétrica de muchos servicios de banda ancha y a la vez amplía la distancia a la que puede operar llegando alcanzar hasta los 5,5 Km. (ver sección 1.4 para más detalle).

#### **1.1.2.4. RADSL- Rate Adaptative DSL (DSL de velocidad adaptable)**

Normalmente, cuando se instala un equipo se asume que se cumplen algunos criterios mínimos para operar a una velocidad dada. Esto ha sido así con tecnologías anteriores, tales como la portadora –T o la RDSI. De todos modos, ¿Que ocurre si las condiciones de la línea varía o las velocidades a las que operan estos equipos hacen que estos sean sensibles a los cambios atmosféricos? RADSL, al utilizar la modulación DMT (características también de ADSL) puede adaptarse a cambios en las condiciones de la línea y ajustar las velocidades por separado para maximizar el rendimiento de cada línea individual.

#### **1.1.2.5. CDSL – Consumer DSL (DSL del consumidor)**

Es generalmente más modesto en términos de velocidad y distancia comparado con ADSL y RADSL, pero tiene una clara ventaja: con CDSL no hay que preocuparse por los dispositivos conocidos como splitter (filtro). La utilización de estos filtros en la casa del usuario es la de permitir la utilización de teléfonos y faxes de la misma manera que se utilizaban con anterioridad.

#### **1.1.2.6. IDSL – ISDN DSL (DSL de RDSI)**

Esta técnica toma el acceso básico (BRI) de la RDSI, compuesto por los canales 2B+D, que opera a 144 Kbps (dos canales B a 64 Kbps cada uno y un canal D a 16 Kbps), y lo desvía del conmutador de voz de la RTC para dirigirlos a los equipos xDSL. ISDL también funciona sobre un par de hilos y alcanza 5,5 kilómetros.

### 1.1.2.7. VDSL- Very High- Speed DSL (DSL de muy alta velocidad)

El miembro más reciente de la familia, VDSL, considerado el último de la tecnología DSL. Es una tecnología xDSL que proporciona una transmisión de datos hasta un límite teórico de 52 Mbit/s de bajada y 12 Mbit/s de subida sobre una simple línea de par trenzado. Actualmente, el estándar VDSL utiliza hasta cuatro bandas de frecuencia diferentes, dos para la subida (del cliente hacia el proveedor) y dos para la bajada. La técnica estándar de modulación puede ser QAM/CAP (carrierless amplitude/phase) o DMT(Discrete multitone modulation), las cuales no son compatibles, pero tienen un rendimiento similar. Actualmente la más usada es DMT.

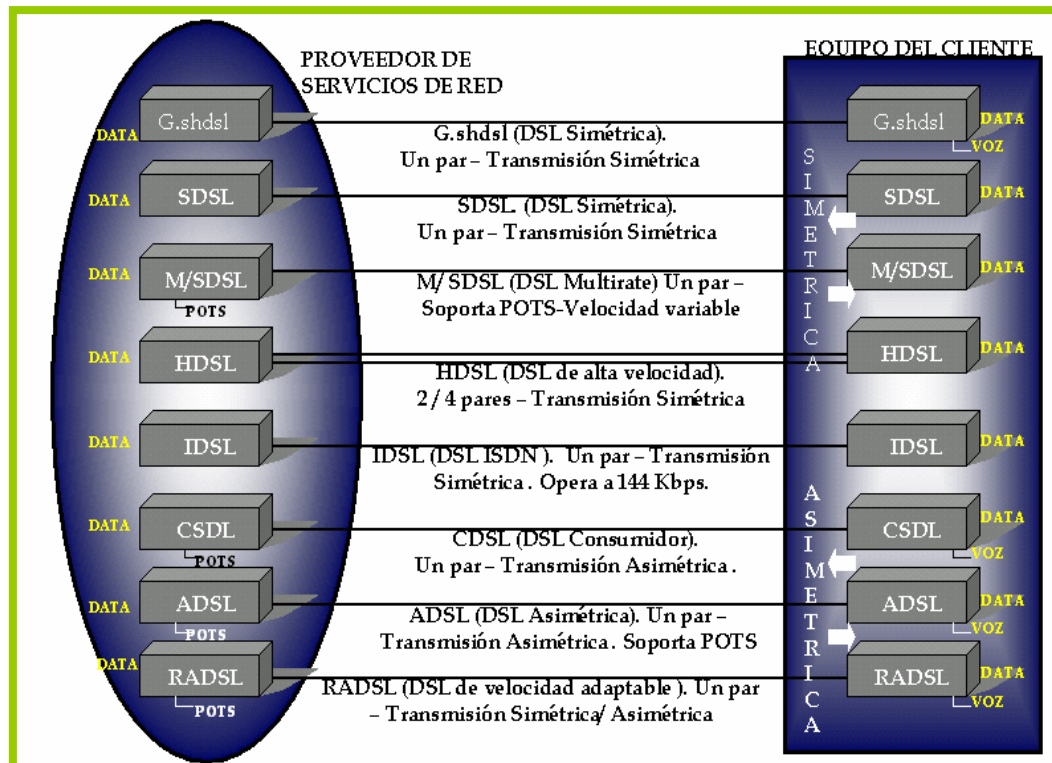


Figura 1.1. Tecnologías xDSL. [2]

Esta tecnología posee las velocidades mas altas posibles, pero con un alcance de sólo entre 300 y 1300 metros sobre un par de cobre trenzado. VDSL es capaz de soportar aplicaciones que requieren un alto ancho de banda como HDTV (televisión de alta definición). La figura 1.1 muestra una comparación de las tecnologías xDSL.

### **1.1.3. Ventajas del xDSL**

- En primer lugar, xDSL se pone en marcha sólo cuando un cliente requiere el servicio. Desde luego, se necesita partir de unos gastos iniciales, pero generalmente son mucho menores que en otras tecnologías.
- Ninguna tecnología xDSL requiere cambios en el software del conmutador de la central local. En la mayoría de los casos, un filtro dirige la voz analógica normal hacia el conmutador, y el resto de servicios se encaminan hacia enrutadores y servidores.
- De igual modo, xDSL puede utilizarse para usuarios residenciales, pequeñas y medianas empresas, y grandes corporaciones.
- Otra ventaja de xDSL es que algunas versiones, especialmente ADSL / RADSL y VDSL pueden interactuar con un gran número de configuraciones de usuario. Se pueden soportar PC's y set top-box (un tipo de decodificadores de televisión) de manera individual, así como redes de área local (LAN) de tipo Ethernet, por ejemplo.
- xDSL ofrece, la infraestructura necesaria para el transporte de celdas ATM, esto es importante ya que ATM, a su vez, forma la base para el estándar



internacional de servicios de banda ancha, conocido como RDSI de Banda Ancha (B-RDSI). Es difícil pensar en otras tecnologías que se adapten mejor a ATM de lo que lo hace xDSL, especialmente ADSL / RADSL y VDSL.

## **1.2. Introducción a la DSL asimétrica (ADSL)**

La DSL asimétrica resuelve algunas de las limitaciones que HDSL, HDSL2 y sus variaciones impusieron sobre los bucles locales digitalizados. En primer lugar, HDSL, SDSL y sus variaciones raramente hacían concesiones a la voz analógica, la mayoría de la gente tenía, y tiene, teléfonos analógicos en sus casas, y, dado que HDSL, HDSL2 y sus variaciones sólo transportan señales digitales, los usuarios de HDSL o SDSL deben adquirir equipos especiales de conversión (conocidos como adaptadores de terminales TA) o comprar teléfonos digitales. De cualquier modo, ninguna de las alternativas pareció interesar a los usuarios o las compañías telefónicas. Quizá se podría encontrar algún método para continuar utilizando de una forma más económica estos teléfonos analógicos en los bucles locales recientemente digitalizados.

En segundo lugar, se realizó un gran esfuerzo por parte de las compañías telefónicas en 1992 para ofrecer video digital (y el sonido que lo acompañaba) a usuarios residenciales. Se exploraron muchas tecnologías, y la atracción despertada por ADSL en aquellos años fue una promesa de la distribución de estos servicios sobre el mismo bucle utilizado para la voz analógica, por lo que ADSL podría ser la base para servicios de video/demanda, denominados sistemas video dial tone, que fueron fuertemente promocionados en aquellos años. Estos servicios de video necesitaban una gran cantidad de ancho de banda en sentido descendente (downstream), es decir hacia el usuario, y un ancho de banda mucho menor en sentido ascendente (upstream).

También se observó que muchas de las actividades de los usuarios residenciales seguían este modelo asimétrico. El acceso a un servidor Web de Internet, e incluso el comercio electrónico son, del mismo modo, actividades asimétricas. Cualquier técnica DSL que soporte grandes anchos de banda en una dirección y pequeños anchos de bandas en otra, es por definición, una DSL asimétrica.

El ADSL es una técnica para la transmisión de datos a gran velocidad sobre el par de cobre. Una diferencia entre el esquema de modulación empleado por ella y las usadas por los módems en banda vocal (V.32 a V.90), es que estos últimos sólo transmiten en la banda de frecuencias usada en telefonía (300 Hz a 3400 Hz), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio que va desde los 24 KHz. hasta los 1104 KHz., aproximadamente. Esto hace que el ADSL pueda coexistir en un mismo lazo de abonado con el servicio telefónico (ver figura 1.2), pues no se solapan sus intervalos de frecuencia, cosa que no es posible con un módem convencional pues opera en banda vocal, la misma que la telefonía, lo cual constituye otra diferencia de gran importancia.

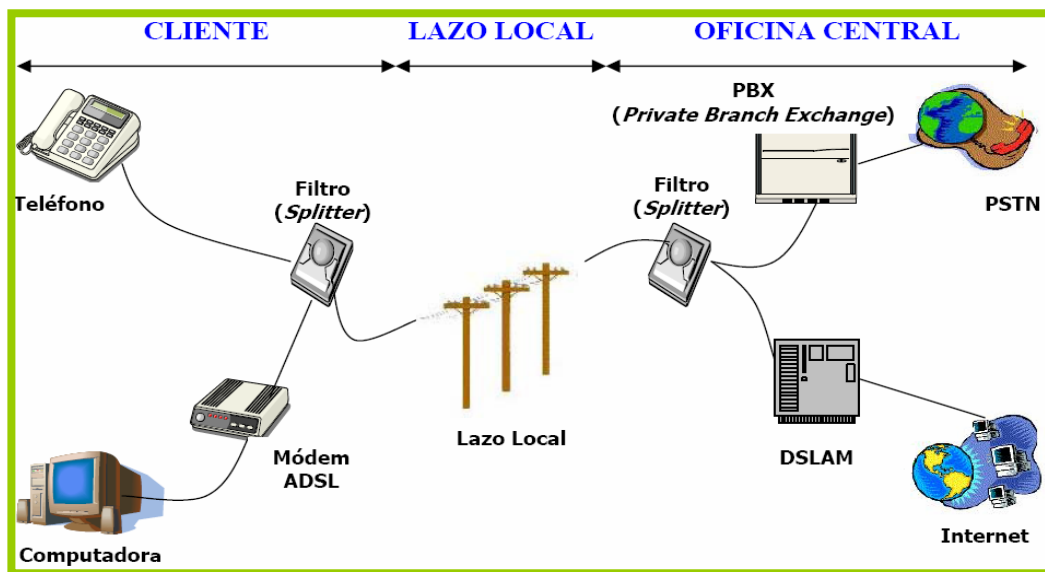


Figura 1.2. Conexión de ADSL. <sup>[3]</sup>

### 1.3. Arquitectura del ADSL

Al tratarse de una modulación asimétrica, o sea, en la que se transmiten diferentes caudales en los sentidos usuario-red y red-usuario, el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del lazo, en la central local. En la figura 1.3 se observa la arquitectura de un sistema ADSL, en el que se muestran de manera conceptual las distintas interfaces estándar. El funcionamiento interno de estos componentes es diferente para cada fabricante según su propio diseño, mientras cumpla con estas interfaces estándar. En la misma figura se observa que además de los módems situados en el domicilio del usuario (ATU-R) y en la central (ATU-C), delante de cada uno de ellos se ha de colocar un dispositivo denominado "splitter" (divisor).

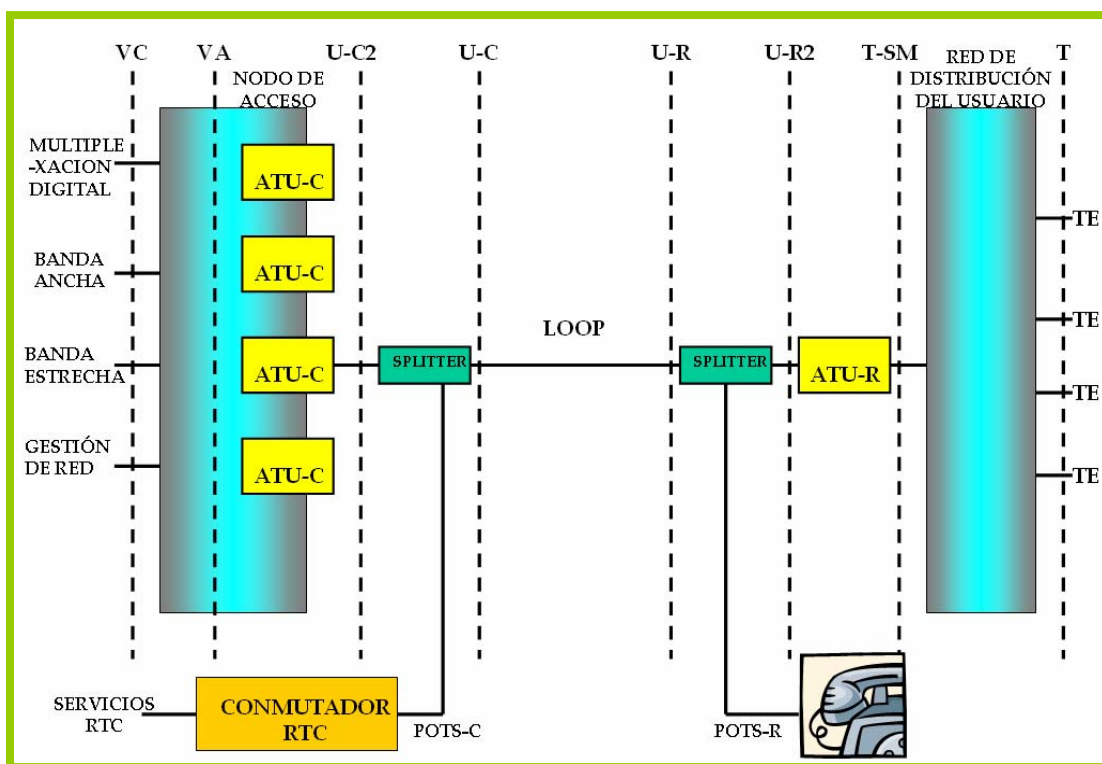


Figura 1.3. Arquitectura del sistema ADSL. <sup>[2]</sup>

Los componentes o interfaces que conforman este modelo son:

- **ATU-C:** ADSL Terminal Unit-Central (Unidad de transmisión ADSL lado central).
- **ATU-R:** ADSL Terminal Unit-Remote (Unidad de transmisión ADSL lado remoto).
- **DSLAM:** DSL Access Multiplexer (Multiplexor de Acceso DSL).
- **POTS-C:** Interface PSTN / Splitter CO Side (Interfaz RTC / Filtro lado Central).
- **POTS-R:** Interface PSTN/Splitter Remote Side (Interfaz RTC /Filtro lado Remoto).
- **T-SM:** T-Interface for Service Module (Interfaz T para el módulo de Servicio). Si existe puede haber más de una por ATU- R. Puede ser la misma interfaz T en varios casos en particular, si el módulo de servicio se encuentra integrado a la ATU-R.
- **T:** T-Interface, (Interfaz T) puede ser interna en el SM o en el ATU-R. También podría estar ausente si el equipo terminal está integrado a la ATU-R.
- **U-C:** U Interface, CO side (Interfaz U, lado central).
- **UC2:** U Interface, CO side from Splitter to ATU-C (Interfaz U, lado central desde el ATU-C).
- **U- R:** U Interface, Remote Side (Interfaz U, lado remoto).
- **U- R2:** U Interface, Remote from the splitter to ATU-R (Interfaz U, lado remoto desde el filtro a la ATU-C). Las interfaces U podrían no existir si el filtro se incluye en alguno de los ATU, o si se utilizan aplicaciones de ADSL sin filtro.
- **Va:** V Interface, Access Node side, (Interfaz V, lado nodo de acceso). Desde la ATU-C al nodo de acceso. La interfaz V suele ser más lógica que física, como suele suceder si el DSLAM realiza funciones de conmutación o de concentración.
- **V:** V Interface, CO Side from AN. to Network Svc. (Interfaz V, lado central, desde el nodo de acceso a los servicios de red). Generalmente es física y puede ser de varios tipos, ya sea para TCP/IP, ATM u otras redes de servicios.

### 1.3.1. Splitter

El Splitter es un filtro pasabajos que se coloca en ambos extremos de la línea y que hace posible el suministro de los servicios de voz y datos en forma simultánea, sin interferirse el uno con el otro (figura 1.4), actúa filtrando las señales de alta frecuencia provenientes de la transmisión de datos a alta velocidad de ADSL, que normalmente empiezan en el orden de los 25 Khz. Una de sus principales funciones es el bloqueo del ruido impulsivo proveniente de las líneas telefónicas ubicadas en el domicilio del cliente, ya que uno de los mayores factores de disturbio proviene de la señal de campanilla de estos aparatos, y de la conmutación de la central. También filtra las señales del módem ADSL, que reducen el desempeño de la línea telefónica de voz.

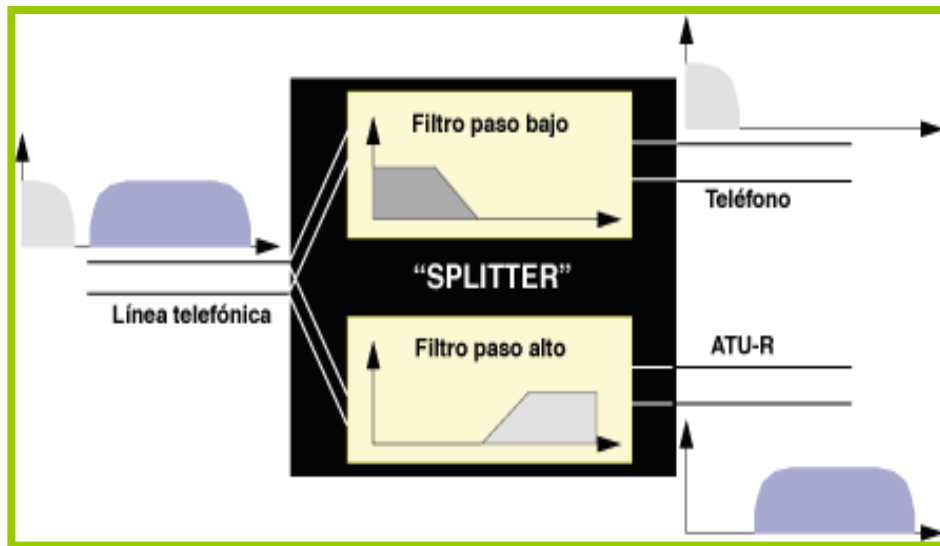


Figura 1.4. Funcionamiento del Splitter. <sup>[4]</sup>

°Existen filtros activos y pasivos. Los filtros activos, con alimentación local, tienen el inconveniente que si se produce una falla en la alimentación local o en el módem, quedan fuera todos los servicios. Por el contrario, los filtros pasivos mantienen siempre funcionando la línea telefónica, de manera totalmente

independiente de lo que suceda con la alimentación local, o el módem del abonado, comportándose como un canal de voz común, tal y como los usuarios están acostumbrados a percibir este servicio en sus hogares u oficinas. Estos filtros están mejor protegidos contra sobretensiones o descargas eléctricas sobre las líneas telefónicas, además de no requerir alimentación local.

### 1.3.2. Multiplexor de acceso DSL (DSLAM)

El DSLAM es un equipo ubicado en la central que agrupa gran número de tarjetas, cada una de las cuales consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia la red WAN (Figura 1.5). Su utilización favoreció el despliegue de ADSL, al requerir menos espacio en las centrales.



Figura 1.5. Multiplexor de acceso DSL (DSLAM) <sup>[5]</sup>

La integración de varios ATU-Cs en el DSLAM es un factor fundamental que ha hecho posible el despliegue masivo del ADSL ya que facilita la instalación de todo el sistema.

Los estándares y la industria han impuesto mayormente el modelo de ATM sobre ADSL. En ese contexto, el DSLAM pasa a ser un conmutador ATM con múltiples interfaces (Figura 1.6), las interfaces WAN pudieran ser STM-1, STM-4, E3 u otras estandarizadas, y el resto ADSL-DMT. El núcleo del DSLAM es una matriz de conmutación ATM. De este modo, el DSLAM puede ejercer funciones de control de parámetros conformado sobre el tráfico de los usuarios con acceso ADSL.

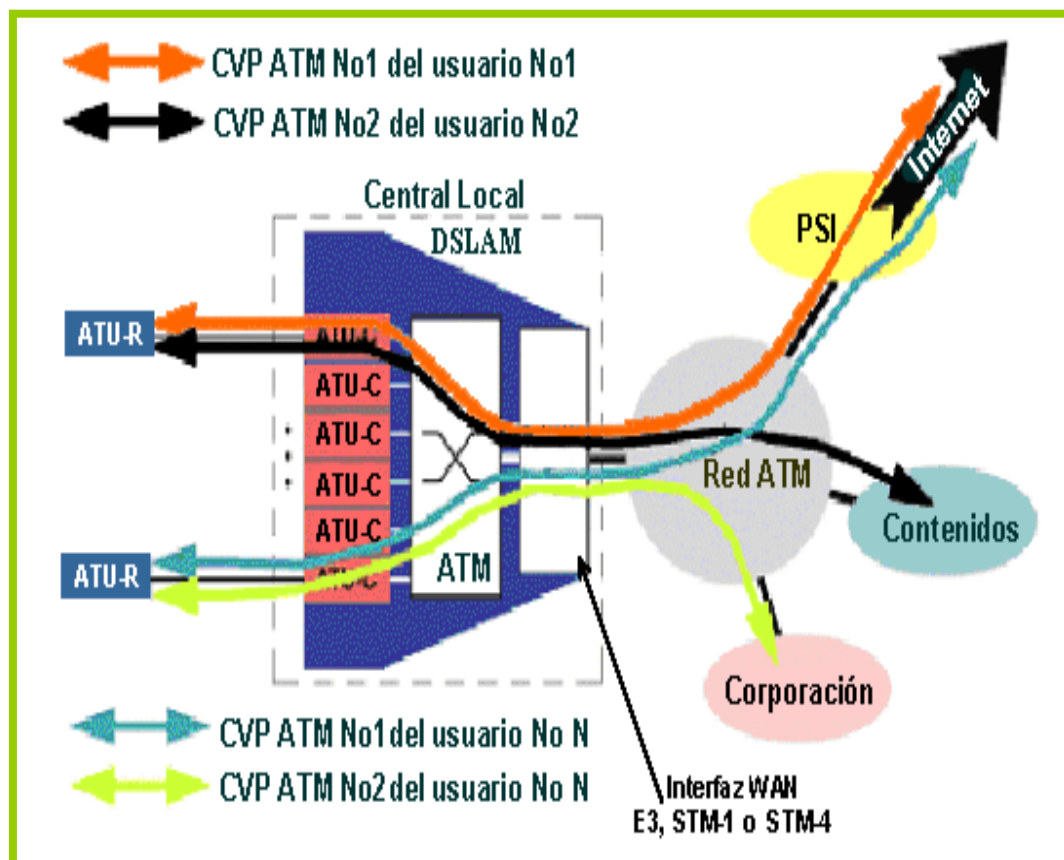


Figura 1.6. DSLAM ATM. <sup>[3]</sup>

#### 1.4. Técnicas de modulación para ADSL

En una primera etapa coexistieron dos técnicas de modulación para el ADSL: CAP (Carrierless Amplitude/Phase, Modulación de fase y amplitud con supresión de portadora) y DMT (Discrete MultiTone, Modulación multitono discreto). Finalmente los organismos de estandarización (ANSI, ETSI e ITU) optaron por la solución DMT. Básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras y no sólo una, que es lo que se hace en los módems de banda vocal. Cada una de estas portadoras (denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que se puede transmitir por una subportadora.

Una de las principales ventajas de la técnica DMT es su capacidad de adaptación a las condiciones del medio y su casi óptima utilización del espectro. Esto se debe a que es posible asignar a cada subportadora una cantidad diferente de bits, adecuada a la capacidad determinada por su SNR específica. Este proceso de adaptación se realiza durante la inicialización de los módems, mediante la asignación de un número fijo de bits a cada tono, así como también durante su operación normal (“showtime”), mediante una técnica dinámica llamada “bit swapping”. Esta adaptación al medio requiere que ambas unidades de terminación ADSL (la ATU-R, del lado del abonado, y la ATU-C, del lado de la central) efectúen mediciones de la SNR de cada subportadora durante el proceso de encendido y que continúen este monitoreo durante la operación normal. Este proceso es realizado con el fin de detectar situaciones en que la SNR de una subportadora disminuye a un nivel por debajo del necesario para seguir



transmitiendo a la razón bits/símbolo original. Cuando tiene lugar un escenario como el mencionado, los módems ADSL pueden hacer uso de “bit swapping”, que consiste en disminuir el número de bits/símbolo transmitidos por una subportadora y al mismo tiempo incrementar el número de bits/símbolo de otra subportadora, en la misma cantidad en que fue disminuido el primero. De esta manera los sistemas ADSL son capaces de reaccionar activamente a las variaciones de las condiciones bajo las cuales se realiza la transmisión, sin que esto conlleve necesariamente cambios en las velocidades o interrupciones en el servicio.

La técnica de modulación usada es la misma tanto en el ATU-R como en el ATU-C. La única diferencia consiste en que el ATU-C dispone de hasta 256 subportadoras, mientras que el ATU-R sólo puede disponer como máximo de 32. El algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (Transformada Rápida de Fourier Inversa) en el modulador, y en una FFT (Transformada Rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del enlace. Estas operaciones se efectúan fácilmente en el núcleo del módem, las mismas se describen a continuación:

- El modulador del ATU-C, hace una IFFT de 512 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido descendente.
- El modulador del ATU-R, hace una IFFT de 64 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido ascendente.
- El demodulador del ATU-C, hace una FFT de 64 muestras tomadas de la señal ascendente que recibe.
- El demodulador del ATU-R, hace una FFT, sobre 512 muestras de la señal descendente recibida.

Las últimas modificaciones a los estándares sobre ADSL han llevado al desarrollo de una nueva generación de módems capaces de transmitir hasta 8,192

Mbps en sentido descendente y hasta 0,928 Mbps en sentido ascendente. La separación de los trayectos en ADSL se efectúa por Multiplexación por División en Frecuencias (FDM) ó por Cancelación de Eco.

En la figura 1.7 y 1.8 se presentan las dos modalidades dentro del ADSL con modulación DMT: FDM y cancelación de ecos. En la primera, los espectros de las señales ascendente y descendente no se solapan, lo que simplifica el diseño de los módems, aunque reduce la capacidad de transmisión en sentido descendente, no tanto por el menor número de subportadoras disponibles sino por el hecho de que las de menor frecuencia, aquellas para las que la atenuación del par de cobre es menor, no están disponibles. La segunda modalidad, basada en un cancelador de eco para la separación de las señales correspondientes a los dos sentidos de transmisión, permite mayores caudales a costa de una mayor complejidad en el diseño.

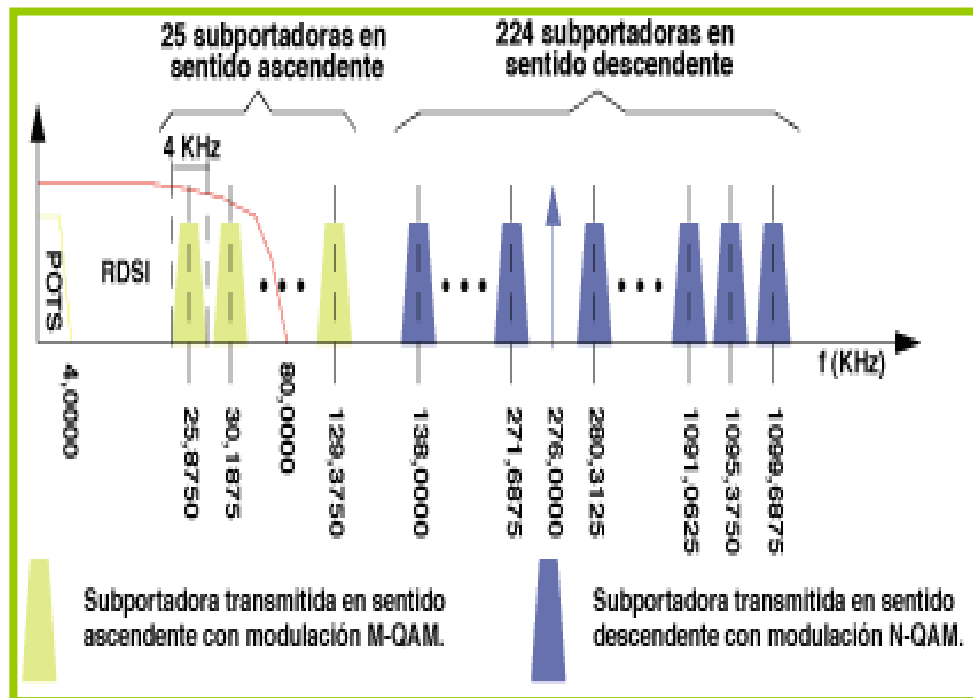


Figura 1.7. Modulación ADSL DMT con FDM <sup>[6]</sup>

Como se puede ver, los espectros nunca se solapan con la banda reservada para el servicio telefónico básico (POTS, Plain Old Telephone Service), y en cambio sí se solapan con los correspondientes al acceso básico RDSI. Por ello el ADSL y el acceso básico RDSI son incompatibles, aunque existen implementaciones que logran la compatibilidad.

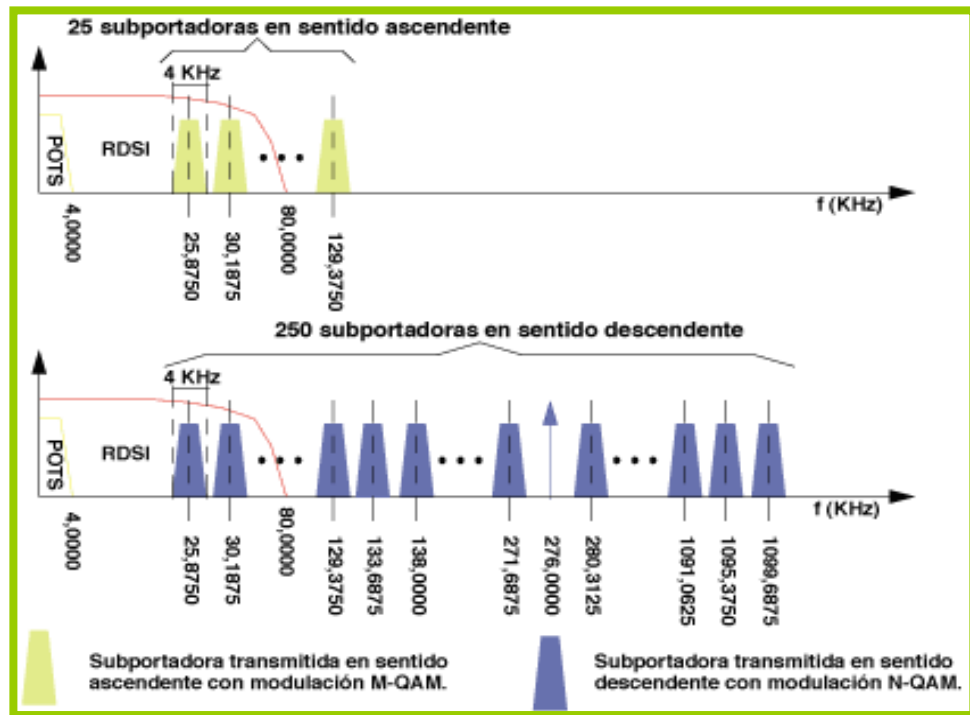


Figura 1.8. Modulación ADSL DMT con Cancelación de Eco. <sup>[6]</sup>

En un par de cobre la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas, y cuanto mayor es la longitud de la línea, tanto mayor es la atenuación total que sufren las señales transmitidas.

Ambas características explican que el caudal máximo que se puede conseguir mediante los módems ADSL varíe en función de la longitud de la línea de abonado. La presencia de ruido externo provoca la reducción de la relación Señal/Ruido con la

que trabaja cada una de las subportadoras, y esa disminución se traduce en una reducción del caudal de datos que modula a cada subportadora, lo que a su vez implica una reducción del caudal total que se puede transmitir a través del enlace entre el ATU-R y el ATU-C. En el ADSL DMT la tasa de muestreo de datos es 4000 muestras por segundo, el máximo teórico upstream de un sistema ADSL es 1.8 Mbps. Debido a limitaciones en la arquitectura de sistema, el máximo logable upstream es típicamente menor que 1Mbps.

### **1.5. Organizaciones que establecen las normas de ADSL**

Un gran número de organizaciones están implicadas con DSL. En los EE.UU, el comité T1E1.4, es patrocinado por la Alianza para Soluciones de la Industria de Telecomunicaciones (ATIS), y acreditado por el Instituto Nacional de Normas Americano (ANSI). T1E1.4 ha escrito normas para la dirección del espectro, VDSL, filtros, HDSL4, HDSL2, ADSL, HDSL, ISDN, líneas T1, etc.

La Unión Internacional de Telecomunicación (ITU-T), ha escrito normas globales para VDSL, G.shdsl, G.lite, G.dmt.bis, HDSL2, etc. Muchas organizaciones regionales usan normas ITU para DSL creando las normas "de indicador" que principalmente se refieren el estándar pertinente ITU y añaden unos parámetros regionales como la utilización de 2.048 Mbps (E1 la tasa de Europa) o 1.544 Mbps (T1 la tasa de Norteamérica).

El Instituto de Normas de Telecomunicación Europeo (ETSI), establece normas europeas para DSL como la Transmisión y la Multiplexación 6 (TM6). El Comité de Tecnología de Telecomunicación de Japón (TTC) formula normas japonesas. La Red de Acceso de Servicios Completos (FSAN) no escribe normas en sí, pero ha sido

activa en la definición VDSL. El Foro DSL dirige los aspectos del sistema de punta a punta de DSL, típicamente se ubica en la capa física. Un nuevo comité es el IEEE 802.3ah Ethernet en la Primera Milla (EFM), que estudia el DSL para llevar el tráfico de Ethernet.

### **1.6. ADSL-full**

Se basa en la utilización de microfiltros (ver figura 1.9). En la central local, se encuentran ubicados el DSLAM de ADSL y la central de conmutación local. Desde el DSLAM, y hacia el backbone, se comunica con la red de Internet y/o con los distintos proveedores de servicios de banda ancha. En el ingreso a la central, el filtro o splitter deriva las señales recibidas del cliente hacia la central de conmutación para las señales de voz, y de allí se conecta a toda la red telefónica pública por un lado. Por el otro, envía las señales de datos de alta velocidad hacia el DSLAM y de allí a la red, y como en el caso anterior, a través de un único par trenzado de cobre envía ambas señales hacia el domicilio del cliente, tanto las de datos de alta velocidad como las de voz. La diferencia en este caso, radica en que entre la conexión de pared y cada uno de los aparatos telefónicos, se colocan microfiltros.

Estos microfiltros, son de fácil instalación y pueden ser instalados por el mismo cliente, sin necesidad de que la operadora del servicio ADSL deba enviar personal a sitio. El estándar G.992.1 UIT-T/ T1.413 ANSI es el que adopta esta tecnología y posee las siguientes velocidades: canal upstream 640kbps, canal downstream 8Mbps.

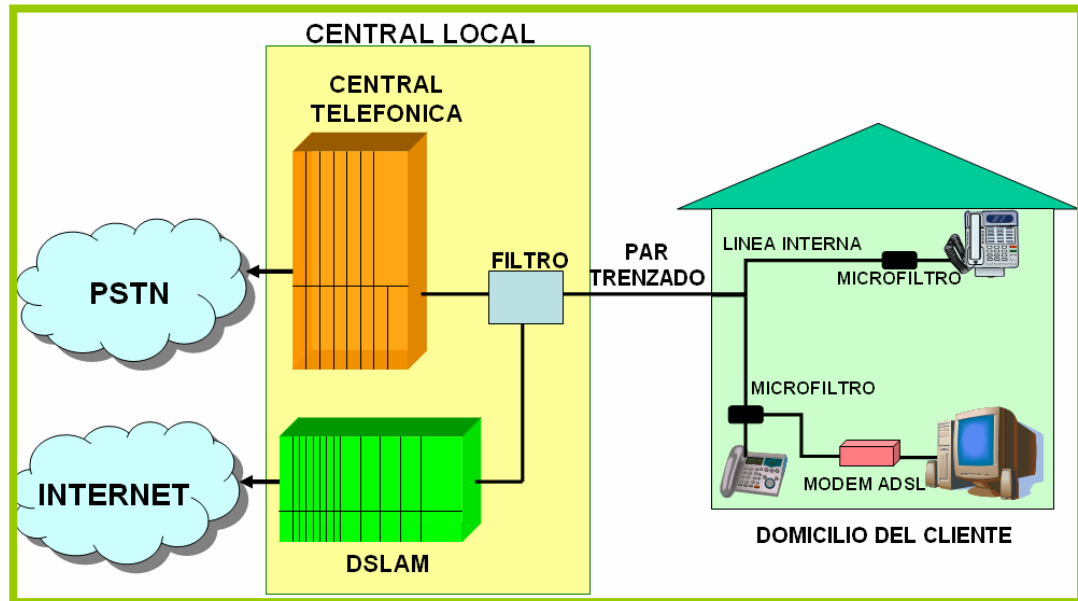


Figura 1.9. ADSL con microfiltros. <sup>[8]</sup>

### 1.7. ¿Que es aba?

aba significa Acceso a Banda Ancha y como servicio funciona sobre la tecnología ADSL que permite a CANTV aprovechar la plataforma telefónica de pares de cobre, para ofrecer acceso a Internet a velocidades muy superiores a las de un acceso dial-up o discado (ver figura 1.10).



Figura 1.10. Imagen publicitaria del servicio ABA. <sup>[9]</sup>

### 1.7.1. Características del Servicio

- **Altas velocidades de navegación.** Proporciona velocidades desde 256 Kbps hasta 1.5 Mbps, para poder disfrutar de servicios de videoconferencia, bajar video, música de alta calidad y juegos interactivos en red, entre otras aplicaciones.
- **ABA es ilimitado.** El usuario puede buscar, enviar y recibir toda la información que desee sin tener que realizar pagos adicionales a la mensualidad del plan al cual ésta suscrito, independientemente del tiempo de uso.
- **ABA no interfiere con el servicio telefónico.** Es posible disfrutar del servicio telefónico, realizando o recibiendo llamadas, al mismo tiempo que navega en Internet sin ocupar la línea telefónica.
- **Conexión permanente a gran velocidad.** Permite dejar la computadora siempre encendida y lista para recibir o enviar información. No se conecta mediante llamadas telefónicas, ni debe esperar los tiempos de conexión de un plan discado.
- **Mayor seguridad.** Establece las tasas de error más bajas y garantiza la entrega correcta y fiable de la información.
- **Conexión única hasta la central telefónica.** Ofrece conexión directa desde el hogar hasta la central más cercana, sin compartir el medio de acceso, esto hace que las velocidades de ABA sean mayores.

### 1.7.2. Limitaciones de aba

aba tiene ciertas limitaciones tecnológicas: no puede implementarse con multiplicadores de pares, ni telefonía pública, ni cobre pupinizado y en aquellas líneas con hilo musical, se recomienda la desinstalación de este último servicio. No funciona con centrales privadas automáticas (CPA), ni con bloqueadores del “cero”.

Por otro lado, su velocidad está influenciada por la edad, calibre y diámetro del cable de dicha línea telefónica (ver tabla 1.2), mientras más antiguo sea el cable se tiene menor calidad, y a mayor distancia menor velocidad.

**Tabla 1.2. Velocidad y distancia de aba de acuerdo al calibre utilizado.** <sup>191</sup>

Velocidad de Datos	Calibre del Cobre	Diámetro	Distancia
1.5-2 Mbps	24 AWG	0.5mm	5.5 Km
1.5-2 Mbps	26 AWG	0.4mm	4.6Km
6.1Mbps	24 AWG	0.5mm	3.7 Km
6.1 Mbps	26 AWG	0.4mm	2.7 Km

El servicio de acceso de banda ancha (ABA) vía la tecnología ADSL es uno de los servicios más importante ofrecido por CANTV, y ha visto un aumento de más del 80% de su clientela los últimos 2 años. Sin embargo la tendencia actual para el desarrollo de la red es la construcción de redes de acceso de banda ancha, combinando nuevas tecnologías (NGN) con las empleadas actualmente (ADSL), lo que permitirá proveer a los usuarios de servicios de comunicaciones como: la voz sobre IP, correo electrónico, mensajería y el vídeo ofrecido por IPTV.



## **1.8. Evolución de la red hacia el concepto NGN**

La tecnología evoluciona hacia las redes basadas en paquetes y la empresa CANTV necesita la habilidad para interconectar sus clientes sin perder la fiabilidad, conveniencia y funcionalidad de las redes públicas de centrales telefónicas. Las Redes de Nueva Generación, NGN, está enfocada a resolver estas necesidades, ya que se plantea como la solución que permitirá llevar a cabo las propuestas del modelo All-IP (Todo por medio de IP) de forma adecuada, se presenta, pues, como una solución para la convergencia de redes con interfaces de alta velocidad, con seguridad y calidad garantizadas y que facilita el despliegue de los servicios, tanto actuales como futuros. La idea es proporcionar una diversidad de servicios de comunicaciones basados en IP (Protocolo de Internet) equivalentes a los servicios de redes tradicionales por su calidad y facilidad de uso. La plataforma NGN ofrecerá lo mejor de las redes telefónicas tradicionales combinada con la versatilidad de Internet, utilizando para ello la banda ancha de las líneas fijas basadas en el cobre combinada con la banda ancha ofrecida por la fibra, creando de esta manera un alto porcentaje de confiabilidad además de rápidas reducciones en los costos e innovadores servicios, lo que permitirá que se beneficie un porcentaje más alto de la población por las continuas mejoras de rendimiento y costos que ofrece esta tecnología. A continuación describiré los aspectos más resaltantes de esta nueva tecnología:

### **1.8.1. Definición de NGN**

“NGN es un concepto para definir y desplegar redes que, debido a su formal separación en diferentes capas y planos y al uso de interfaces abiertas, ofrece a los proveedores de servicios y operadores de telecomunicaciones una plataforma que

puede evolucionar en etapas, para crear, desplegar y administrar servicios innovadores”. [10]

“Una red de próxima generación es una red por paquetes que proporciona múltiples servicios de banda ancha, que utiliza tecnologías de transporte con una calidad de servicio mínima y en la cual las funciones relacionadas con el servicio son independientes de las tecnologías de transportes subyacentes”. [11]

### **1.8.2. Características fundamentales**

- La NGN provee infraestructuras para la creación, desarrollo y gestión de toda clase de servicios actuales y futuros, distinguiendo y separando los servicios y las redes de transporte; es decir posee una arquitectura de red horizontal basada en una división transparente de los planos de transporte, control y aplicación.
- El plano de transporte se basa en tecnología de conmutación de paquetes IP/MPLS.
- Migración de las redes actuales (PSTN, ISDN y otras) a NGN, a través de interfaces abiertos y protocolos estándares.
- Escalabilidad de la infraestructura de red; esto implica permitir la ampliación de la red de acuerdo a las necesidades, teniendo en cuenta la cantidad de usuarios y la variedad de servicios a ofrecer en cada etapa de su desarrollo.
- Soporte de servicios de diferente naturaleza: tiempo real y no real, streaming, servicios multimedia (voz, video, texto).
- Su arquitectura funcional soporta la conexión a red basada en tres modos de conmutación: de circuitos, de paquetes y de paquetes sin conexión.
- Posibilitar la distribución simultanea de diferentes servicios, como telefonía, televisión, acceso a Internet, datos y otros servicios de valor agregado.

- Flexibilidad para distribuir solo los servicios que el usuario requiera, en cualquier combinación.
- Simplificar al máximo la administración, el mantenimiento y la distribución de los servicios.
- Configuraciones redundantes para asegurar la disponibilidad de los servicios.
- Capacidad de banda ancha con calidad de servicios (QoS), garantizada de extremo a extremo.
- Seguridad, acceso universal, ahorros en mantenimiento y consumo de energía.

### 1.8.3. Arquitectura de la NGN

Las NGN requieren una arquitectura que permita la integración perfecta de servicios de telecomunicaciones tanto nuevos como tradicionales entre redes de paquetes de alta velocidad, interoperando con clientes que poseen capacidades distintas. Dicha arquitectura generalmente esta estructurada alrededor de cuatro capas principales de tecnología (figura 1.11), las cuales son: capa de acceso, capa de transporte (conectividad), capa de control (gestión) y capa de servicio.

Cada una de estas capas se basa en una serie de normas que son esenciales para la implementación exitosa de una NGN. El UIT-T está trabajando activamente en una visión emergente de una NGN, la cual se basa en un prototipo de redes inalámbricas y alámbricas convergentes [13].

Los componentes que conforman cada una de estas capas son:

- **El Softswitch.** Es el dispositivo más importante en la capa de control dentro de una arquitectura NGN, que se encarga del control de llamada (señalización y

gestión de servicios), procesamiento de llamadas, y otros servicios, sobre una red de conmutación de paquetes (IP). Opera como administrador, al interconectar redes de telefonía fija, con las redes de conmutación de paquetes (IP), siendo su objetivo principal brindar confiabilidad y calidad de servicio. Trabaja con estándares abiertos para integrar las redes de próxima generación con la capacidad de transportar voz, datos y multimedia, sobre redes IP.

- **El Gateway Controller.** Mantiene las [normas](#) para el procesamiento de llamadas, por medio del Media Gateway y el Signalling Gateway los cuales ayudan a mejorar su operatividad. El responsable para ejecutar el establecimiento y desconexión de la llamada. Sirve de puente para redes de diferentes características, incluyendo PSTN, SS7 y redes IP. Es responsable del manejo del tráfico de voz y datos a través de varias redes. El elemento controlador es frecuentemente conocido como Media Gateway Controller.

- **El Signalling Gateway.** Sirve como puente entre la red de señalización SS7 y los nodos manejados por el Softswitch en la red IP. Crea un puente entre la red SS7 y la red IP bajo el control del Gateway Controller. El Signaling Gateway hace aparecer al Softswitch como un nodo en la red SS7. El Signaling Gateway únicamente maneja señalización SS7, el Media Gateway maneja los circuitos de voz establecidos por el mecanismo de señalización.

- **El Access Media Gateway (AMG).** Reemplazan las tarjetas de línea TDM de los switches. Hay varios subtipos de Access Media Gateways, mostrando diferentes acercamientos a las redes de telecomunicaciones. Un subtipo muy importante son las Pasarelas de Acceso Multiservicio MSAG (Multiservice Access Gateway), también conocida como Nodos de Acceso Multiservicio MSANs (Multiservice Access Nodes), los cuales brindan servicios de banda ancha y Triple

Play, soportando una migración fluida a tecnologías NGN. El AMG también realiza labores de compresión y descompresión de señales de voz, por lo que requiere potencia de procesamiento.

- **El Feature Server.** Se define como una aplicación al nivel de servidor que hospeda un conjunto de servicios. Controla los datos para la generación de la facturación, usa los recursos y los servicios localizados en los componentes del softswitch.
- **Terminales de los Usuarios.** Todas las categorías de equipos de usuarios son soportadas por la NGN, desde los sencillos aparatos telefónicos convencionales hasta las complejas redes corporativas. El equipo de usuario final puede ser fijo o móvil. Los terminales son los sustitutos de los actuales teléfonos.

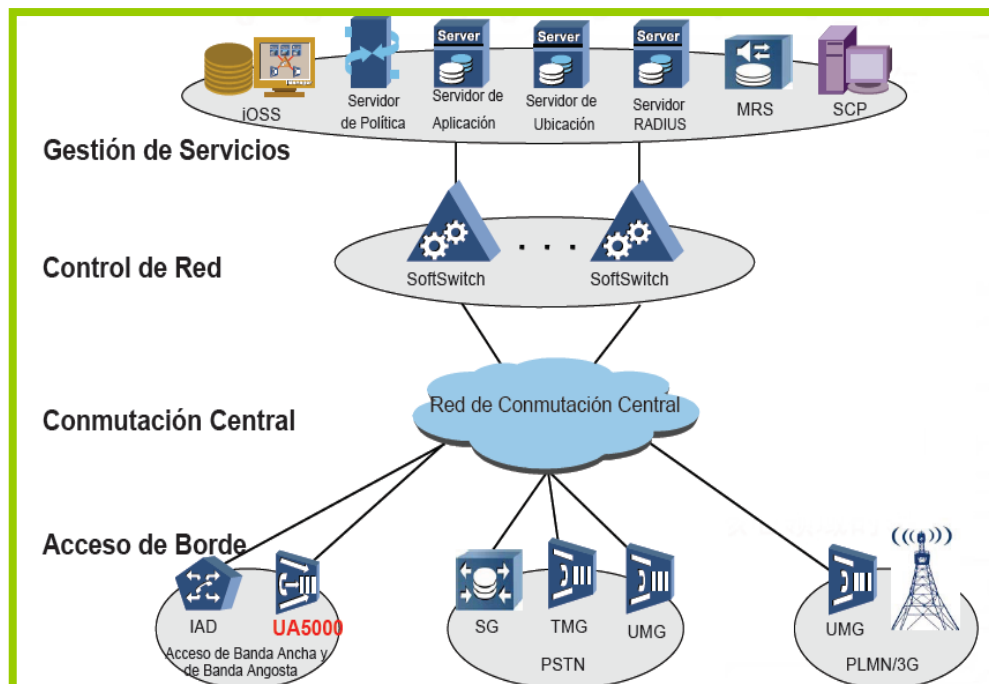


Figura 1.11. Arquitectura de NGN. <sup>[12]</sup>

#### **1.8.4. Ventajas para CANTV de la NGN**

- Reduce los costos operativos e incrementa la rentabilidad de los negocios. (disminución de los gastos de mantenimiento del 16% y ahorros del consumo de energía en un 75%).
- Los servicios son ubicuos, no hay límites por geolocalización de los mismos.
- Reduce al máximo el tiempo de recuperación de las inversiones, ya que factura a los usuarios múltiples servicios utilizando una misma red.
- Cuenta con una amplia variedad de productos y servicios que van de acuerdo a las necesidades de cada usuario.
- Invierte en el desarrollo de la red gradualmente y a medida que va desarrollando su negocio.
- Permitir que el costo por abonado se ajuste a los servicios brindados.
- Dispone de una red con redundancia, lo que implica asegurar la disponibilidad permanente de los servicios (calidad de servicio) y el incremento de la rentabilidad global del negocio.
- Puede diseñar esquemas de negocios donde el abonado pague de acuerdo a los servicios que utiliza, manteniendo un costo base por abonado. [14]

#### **1.8.5. Equipos NGN empleados por CANTV**

##### **1.8.5.1. El SOFTX3000**

Es aplicable a la capa de control de red del NGN. Es el equipo de control central en NGN para conmutación de informaciones. El softX3000 implementa los servicios de control de llamada y gestión de conexión de voz, datos y multimedia basados en la red IP (figura 1.12). Permite controlar la comunicación en varias MGWs. Soporta diferentes protocolos, por ejemplo: H.248/ MGCP, SIP/SIP-T, H 323, etc. Sus

funciones principales son: control de llamadas, control de acceso al Media Gateway, asignación de recursos, procesamiento de protocolos, enrutamiento, autenticación, facturación e interfaces de programación de aplicaciones (API).



**Figura 1.12. Softx3000 empleado por CANTV.** <sup>[15]</sup>

#### **1.8.5.2. El UMG8900**

Es el equipo encargado de convertir las redes convencionales PSTN a redes próxima generación NGN (figura 1.13). Las principales funciones son: servir como “trunk gateway” (TG), actuar como “access gateway” (AG) y soporta gateway de señalización (SG) interno. El UMG8900 puede dividirse en dos partes: conmutación de servicios y acceso de usuario.

- **Módulo de conmutación de servicios (SSM):** Ejecuta el procesamiento de formato de flujo de tráfico y su conmutación. Actúa como TG o como switch en NGN.
- **Módulo de acceso de usuario (UAM):** Proporciona funcionalidades de acceso integrado Narrowband-Broadband para usuarios. Actúa como AG.



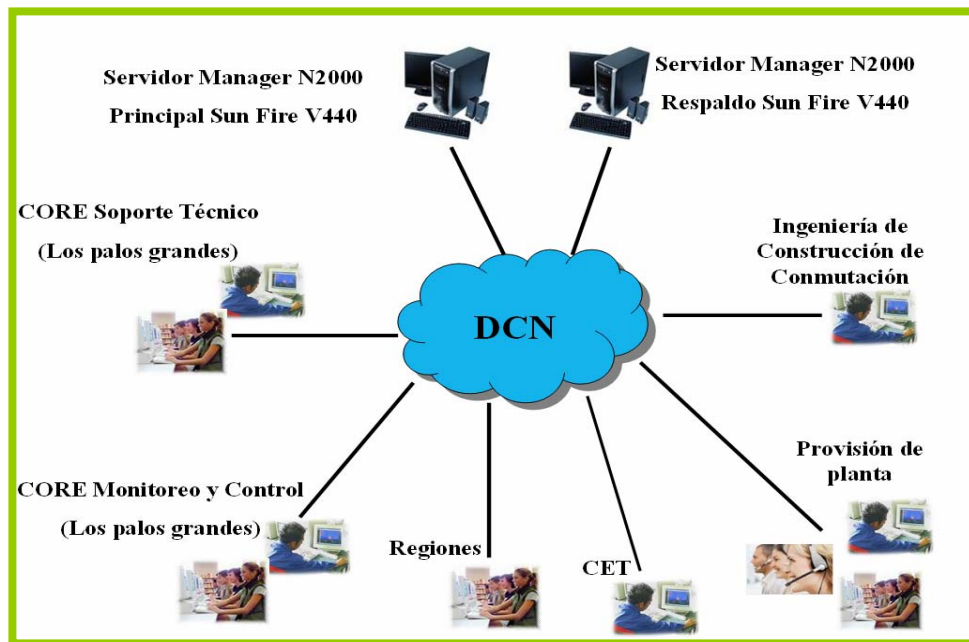
**Figura 1.13. Pasarela de acceso universal (UMG8900).** <sup>[15]</sup>

### **1.8.5.3. El iManager N2000**

Es un equipo ubicado en la capa de aplicación, el cual se encarga del monitoreo de toda la red NGN, gestión de alarmas y configuración de servicios son algunas de sus funciones. NGN delega en el N2000 tanto la gestión de dispositivos como el aprovisionamiento de servicios (ver figura 1.14). Sus principales características son:

- Dirección de red unificada para todos los componentes de U-SYS.
- Interfaces: SNMP, MML, Telnet, FTP/TFTP, TL1.
- Interface para el sistema OSS por TL1.
- Pueden ser almacenadas como máximo 1000000 de registro de alarmas.
- Las direcciones de red pueden ser asignadas fácilmente basándose en el
- usuario, grupos de usuarios, tipo de operación, y tipo de dispositivo.





**Figura 1.14. Diagrama del sistema de gestión para la red NGN de CANTV.** <sup>[15]</sup>

#### 1.8.5.4. El UA5000 (unidad de acceso universal)

Es un equipo ubicado en la capa de acceso que se encarga de brindar puertos de servicios de voz y de datos (ver figura 1.15). Permite la conexión de líneas de abonados a la red de paquetes, es decir convierten los flujos de tráfico de acceso analógico (POTS) o los mecanismos de acceso de 2 Mbps en paquetes y proveen el acceso de los abonados a redes y servicios NGN (ver figura 1.16). Provee:

- Servicios de acceso integrado de banda ancha y banda angosta.
- Servicios VoIP (como componente AG de NGN)
- Interfaces: FE/GE, POTES, ISDN, xDSL, etc, y Protocolo: H.248/MGCP.
- Buses configurable, VAD, CNG, CE y codec's (G 711, G 723, T 38, etc.)
- Provee funciones de conversión de media stream de TDM e IP.

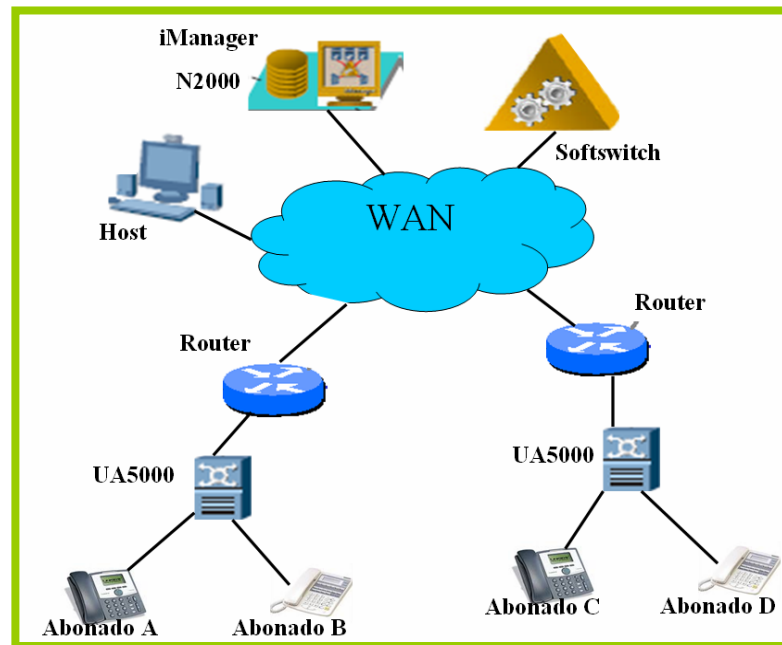
- Pertenece a la capa de acceso de contenido, la cual convierte los formatos de mensajes a los que pueden ser transmitidos a través de la red IP.
- Está orientado a portadoras de telecomunicaciones y a los usuarios de Intranet.
- Soporta las pruebas de línea interna y de línea externa de abonado mediante la tarjeta TSS.
- Soporta el entorno de monitoreo (temperatura, humedad, etc).



**Figura 1.15. UA5000 interno y externo.** <sup>[16]</sup>

**Bastidores del UA5000.** Se clasifican en [16]:

- HABD (Bastidor maestro).
- HABE (Bastidor esclavo) es controlado por el HABD.
- HABF (Bastidor extendido) es controlado por el HABD.



**Figura 1.16. Operación en red típica del UA5000.** <sup>[16]</sup>

### 1.8.6. Plataforma actual de CANTV

La creciente oferta de servicios y contenidos de las operadoras de telecomunicaciones en Venezuela, imponen mayores requerimientos en las redes de acceso al usuario. Solamente la contribución de fabricantes innovadores puede dar salida a la fuerte demanda tecnológica requerida por las operadoras en la red de acceso, por esta razón CANTV seleccionó a la china Huawei Technologies como contratista para el despliegue de NGN, un desarrollo que involucró la adición de softswitches y la alteración de los nodos de acceso, para dotar de la tecnología de banda ancha más innovadora existente hoy en día en el bucle de abonado (ver figura 1.17).

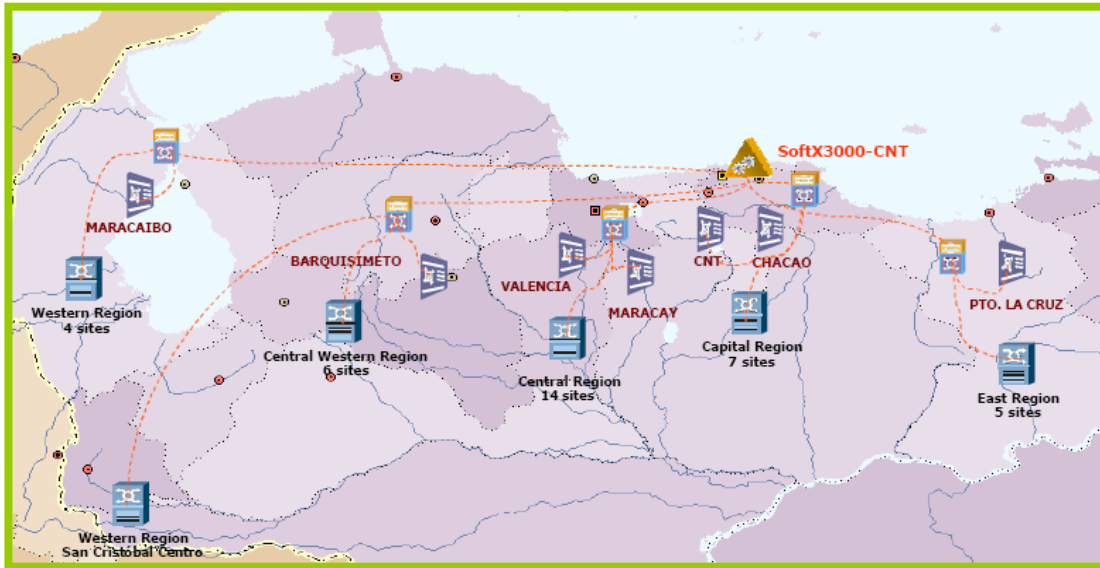
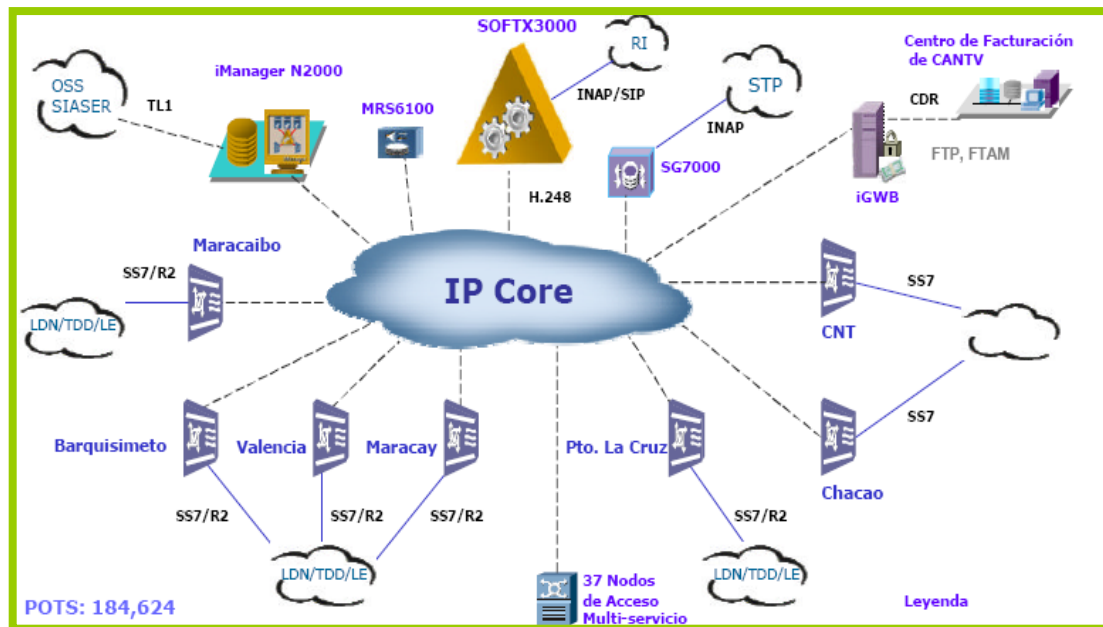


Figura 1.17. Red NGN de CANTV en el año 2005. [34]

### Leyenda



En la actualidad CANTV ya realizó la migración de tráfico de la red SDH a redes IP, interconectando las operadoras con la red NGN para lograr la centralización del control de todos los servicios (ver figura 1.18), además realizó la migración de centrales analógicas a nodos multiservicios con la eliminación de centrales Tandem/LDN.



**Figura 1.18. Plataforma actual NGN de CANTV.** <sup>[17]</sup>

El principal objetivo de CANTV y Huawei es construir una red de acceso multiservicio integrada, basada en anillos y buses de fibra óptica en las principales ciudades del país. Dicha red brindará gran capacidad de ancho de banda y alcance de decenas de kilómetros, además de integrar múltiples accesos o conexiones de diferentes tecnologías con sólo la integración de tarjetas (POTS, ISDN, ADSL, GSHDSL, E1 G703, Fast\_Ethernet).

Los nodos que conforman la red de acceso se interconectan a través de cables de fibra óptica y por radio, en la mayoría de los casos se usa fibra óptica (CANTV emplea fibra de 48 hilos). CANTV emplea dos tipos de nodos: El D100 que posee en su interior regletas donde se pueden conectar hasta 1600 pares, sin embargo sólo se pueden atender 1300 de ellos y el D500 posee en su interior regletas que sirven para albergar hasta 1412 pares locales, sin embargo solo tiene capacidad para atender a 960 abonados. Se pueden colocar hasta dos nodos (uno al lado del otro) en aquellos lugares

donde la cantidad de casas supere la cantidad de números que atienden los nodos [17]. En el anexo A se muestra los nodos instalados actualmente.

## **1.9. Resumen**

La tecnología ADSL empleada por CANTV constituye hoy en día el método más común de prestación de servicios de banda ancha a pequeñas empresas y usuarios individuales, principalmente en el ámbito de provisión de acceso a Internet. Su popularidad se debe principalmente al aprovechamiento de las plantas utilizadas por el sistema telefónico tradicional, a las cuales tienen acceso miles de personas y a las altas velocidades de transferencias que éstas permiten alcanzar. Sin embargo, la futura estrategia de CANTV incorpora: 1) La reducción en términos de inversión de capital y de gastos de mantenimiento y operación, y 2) Extensión de la red tanto en mercados maduros como sin explotar, por esta razón, es necesario mejorar el acceso existente a fin de maximizar la amplitud de banda disponible. La iniciativa más importante es de integrar la red análoga y digital a las redes NGN.

## **CAPITULO 2**

### **PARAMETROS QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DE TRANSMISION DEL LAZO TELEFONICO**

#### **2.1. La Red telefónica**

La Red Telefónica Pública Conmutada, RTPC, está conformada esencialmente por una red de acceso, por medio de la cual se conectan los usuarios utilizando terminales adecuados (teléfonos o módems) con los nodos o centrales de conmutación telefónica.

##### **2.1.1. El bucle local**

A la red de acceso (o red de abonado) de los sistemas de telefonía se le denomina comúnmente bucle local o bucle de abonado. Este bucle local está constituido, en la mayoría de los casos, por un par de hilos de cobre que va desde el punto de terminación de la red en el predio del abonado, hasta el distribuidor principal en la central local a donde éste pertenece (figura 2.1). Esta red típicamente consiste de cables que transportan millones de pares trenzados e interfaces de distribución. Algunos usuarios se encuentran muy lejos de la central por lo que requieren de un bucle de mayor distancia, dando como resultado niveles bajos de relación señal a ruido, debido a que las señales eléctricas recorren mayores distancias y por lo tanto disipan más energía.



**Figura 2.1. Distribuidor principal.** <sup>[18]</sup>

Aunque existen otras formas de tener acceso a los usuarios, desde los antiguos gruesos alambres de cobre que iban paralelos en los postes, hasta las modernas redes de fibra óptica y los métodos inalámbricos y vía satélite, el objetivo de esta tesis se limita esencialmente al acceso a los abonados por el bucle de par trenzado. La configuración más común de CANTV de la red de abonado está basada en el modelo europeo, el cual está constituida en principio por:

- Red primaria que va desde el DP hasta los ADS.
- Red secundaria que va desde el ADS hasta el terminal.
- La acometida externa que va desde el terminal hasta el cajetín en el predio del abonado.

### **2.1.2 Estructura del bucle de abonado**

El lazo de abonado puede ser dividido en tres secciones funcionales: el cable alimentador, el cable de distribución y el cable hacia el cliente (ver figura 2.2). El



cable alimentador, es un grupo de pares trenzados que van desde la central hasta los armarios de distribución, por lo general contienen de 1000 a 2500 pares trenzados que están enterrados en el suelo con sus respectivas protecciones. El cable de distribución que enlaza a los armarios de distribución a los terminales donde se ubican los clientes, son por lo general cables de 10 a 500 pares. El cable hacia el cliente es la sección final del cable que conecta los cables de distribución con los equipos del cliente.

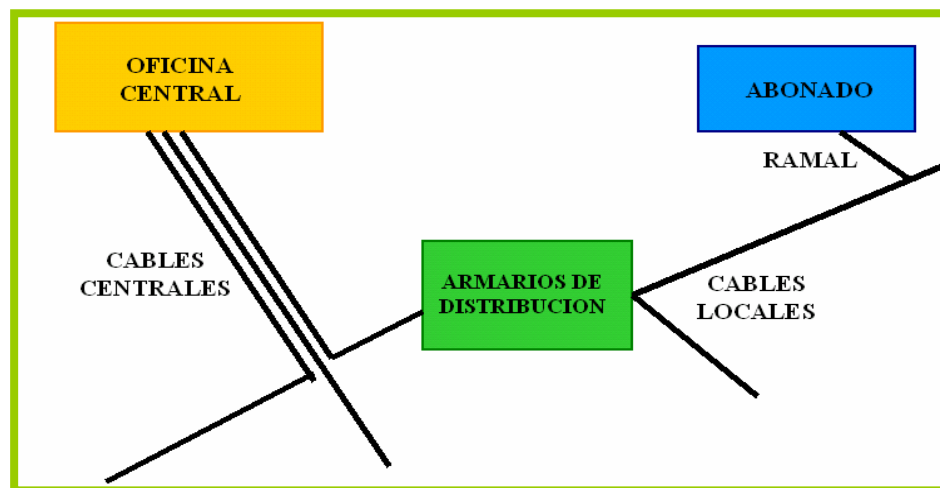


Figura 2.2. Estructura del lazo de abonado. <sup>[19]</sup>

## 2.2. Parámetros que afectan la transmisión en el bucle de abonado

La red telefónica opera en medio de un ambiente hostil, con múltiples agentes extraños y fuentes externas que influyen en el equilibrio eléctrico, continuidad y estabilidad para la cual fue creada, problemas como humedad, altas y bajas temperaturas, agentes químicos en el aire y la tierra, influencias eléctricas y electromagnéticas de todo tipo, limitan las transmisiones digitales en alta frecuencia. Por tales motivos, el par telefónico presenta diferentes problemas que la tecnología ADSL debe afrontar, entre ellos se encuentran:

- Parámetros fijos y variables
- Parámetros físicos
- Pérdida de inserción (atenuación)
- Ruido de fondo
- Ruido impulsivo
- Líneas en paralelo (derivaciones)
- Bobinas de carga (pupinización)
- Interferencias de otros servicios
- Distancia

Los sistemas DSL modernos utilizan sistemas de modulación/ transmisión que ocupan un gran ancho de banda (1.1 MHz ADSL para DMT y 1.6 MHz para CAP). Por esta razón son afectados, de una u otra forma, por todos los parámetros [20].

### **2.2.1. Parámetros fijos y variables**

La resistencia de lazo, capacitancia, aislamiento y longitud se consideran parámetros fijos. La variación de la resistencia con la temperatura y de la capacitancia con la humedad, no son tomadas en cuenta en la mayoría de los casos. De todas maneras, estos son solo parámetros de referencia.

### **2.2.2. Parámetros físicos**

- Medidas Tip(A) - Ring(B), Tip(A) - GND, Ring(B) - GND
- Resistencia de Aislamiento
- Capacitancia
- Voltaje AC

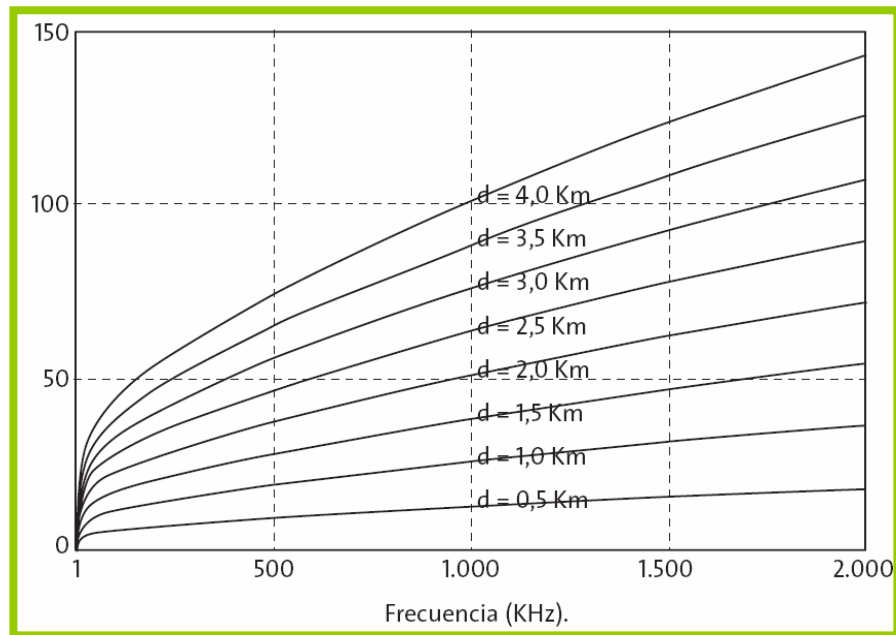
- Voltaje DC

Es importante saber que los multímetros digitales para planta externa son diferentes a los multímetros para aplicaciones en electrónica. Estos últimos están diseñados para medir resistencias confinadas o concentradas en áreas relativamente pequeñas y para esto utilizan voltajes muy bajos. En el caso de los cables de planta externa, la resistencia está distribuida en distancias muy grandes y con voltaje/ ruido inducidos. Por esta razón, los multímetros diseñados para planta externa, deben hacer la medida con voltajes relativamente altos (de decenas a cientos de voltios, dependiendo de la aplicación). Algunos utilizan voltajes muy altos (más de 250V) para aplicaciones que requieren medir aislamiento.

### **2.2.3. Atenuación**

Las señales eléctricas transmitidas sobre el par de cobre y el uso de altas frecuencias para soportar servicios de alta velocidad dan como resultado un menor alcance del bucle. Esto se debe a que las señales con frecuencias altas transmitidas sobre el par metálico atenúan señales (disipan energía) más rápidamente que las frecuencias bajas (figura 2.3). Además existe otro problema que debe ser considerado, debido a la existencia de capacitancias y resistencias distribuidas a lo largo de los pares de cobre, las señales de voz y datos pueden verse distorsionadas, efectos que se ven incrementados con la distancia y en la frecuencia.

La característica de atenuación en todo el ancho de banda es una medida excelente, porque resume o contiene los efectos causados por cada uno de los parámetros individuales. Es decir, conociendo la curva de atenuación es posible identificar muchos de los problemas del cable.



**Figura 2.3. Atenuación vs. Frecuencia.** <sup>[21]</sup>

#### 2.2.4. Ruido de fondo

Otros de los parámetros claves para detectar problemas en la línea es el análisis de ruido de fondo en banda ancha, de esta forma es posible detectar interferencias de otras fuentes como otros servicios digitales, radiodifusión AM o equipos eléctricos. Estudios realizados por la empresa Telcordia durante el proceso de estandarización concluyeron que el ruido de fondo, en el caso peor, puede modelarse como un ruido blanco gaussiano aditivo, con un nivel de potencia de -140 dBm/Hz.

#### 2.2.5 Ruido impulsivo

Son ráfagas de gran amplitud de ruido, con duración variable desde unos pocos hasta unos cientos de microsegundos, procedentes de diversas fuentes: impulsos de disco, corriente de llamada, cambios de polaridad en la línea, rayos, etc. Se define

como un pulso aleatorio cuya amplitud es mucho mayor que la del ruido de fondo. El valor de aceptación, en la medición de ruido impulsivo, deberá ser inferior a  $-87$  dBm.

### 2.2.6 Derivaciones (bridge taps)

Las derivaciones en la planta externa (líneas en paralelo o *bridge taps*) y los cableados internos pueden también causar algunos dolores de cabeza. Una derivación es un segmento de cable conectado en paralelo a la línea principal, que degrada la respuesta en frecuencia del cable debido a la pérdida de inserción del cable, especialmente para las señales de alta frecuencia. Estas derivaciones pudieron haber sido creadas durante el diseño, construcción o mantenimiento de la red (por ejemplo en múltiples acometidas), también pueden ser cables de crossconexión (cruzadas) olvidados, alguna vez instalados con propósitos de prueba, o simplemente adiciones o traslados de nuevas extensiones telefónicas dentro de la edificación. Estas derivaciones causan un efecto de filtro de rechazo (*notch filter*) que produce la cancelación de ciertas frecuencias, el cual es más notorio cuando la derivación no está debidamente terminada en el extremo. Este efecto es más notorio en la frecuencia central (resonancia), aunque afecta un rango más amplio de frecuencias adyacentes.

La longitud de las líneas derivadas juega un papel crítico, en cuanto esta define el rango de frecuencias afectadas. Las líneas más cortas afectan frecuencias más altas y las más largas a las frecuencias menores. Una línea paralela tiene múltiples efectos, no solamente alrededor de la frecuencia de resonancia principal, sino en todos sus armónicos impares. En el pasado, las líneas paralelas (*taps*) no fueron catalogadas como un gran problema y algunas veces consideradas como necesarias. Mientras la planta externa transportaba señales de voz a bajas frecuencias (máximo 4 kHz), aun las líneas paralelas muy largas no mostraban algún efecto sensible. Con la

introducción de los servicios como T1, E1 y HDSL, sobre el par trenzado, la planta externa empezó a mostrar efectos de algunas líneas paralelas. Luego de la introducción de los servicios de banda ancha, como ADSL y ADSL2 con anchos de banda de 1,1 y 2,2 MHz, el efecto de la línea paralela ha tenido un protagonismo mucho mayor debido a que en altas frecuencias, hay mayor pérdida de inserción e interferencias de RF. Las líneas paralelas de menor longitud, anteriormente consideradas inofensivas, llegan a afectar estas señales. Si los enlaces ADSL son afectados por líneas paralelas cortas, ubicadas principalmente en la planta externa, los enlaces VDSL con un mayor ancho de banda de 12 o 17 MHz serán afectados por líneas paralelas aun más cortas. Tan cortas, que una simple derivación telefónica o cordón telefónico podría causar problemas.

La figura 2.4 muestra el efecto de una línea derivada de apenas 4,5 metros (verde) para ilustrar este problema potencial. Una línea de esta longitud es apenas comparable con un cordón telefónico normal. Derivaciones como ésta pueden no afectar las señales ADSL, en cuanto el efecto producido está fuera de su banda de frecuencias, pero significarían un serio problema para VDSL.

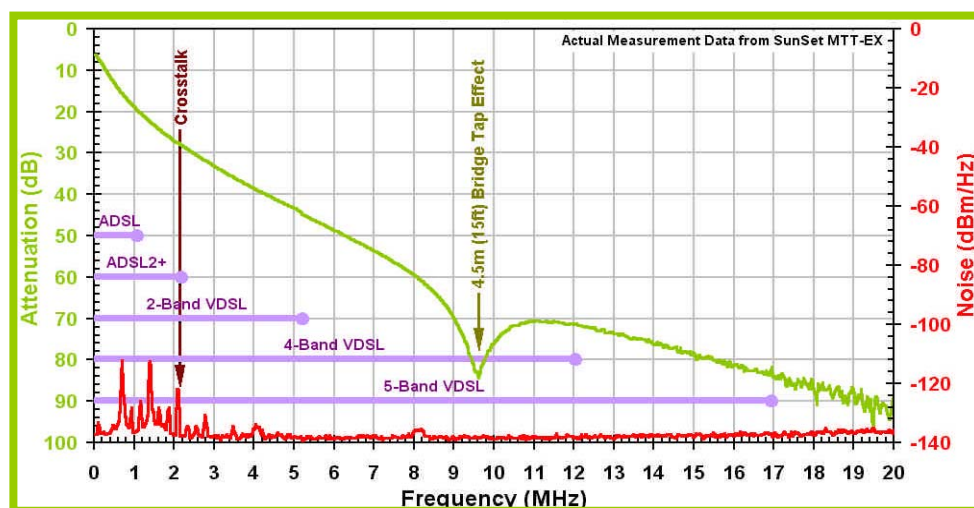


Figura 2.4. Efecto de una línea derivada de 4.5 m. <sup>[22]</sup>

### **2.2.7. Bobinas de pupinización (load coils)**

Fueron muy utilizadas para compensar el efecto capacitivo, en líneas muy largas, y mantener la calidad de voz. Dependiendo de la longitud del cable, un circuito puede tener más de una bobina de pupinización. Hoy se consideran un problema para los servicios DSL, en cuanto atenúan las frecuencias que se encuentran más allá del espectro audible. Para solucionar el problema, se utilizan dos herramientas:

- Un detector de bobinas de carga, que cuenta cuantas hay en la línea (por resonancia). Los resultados son dados en forma gráfica y/o numérica.
- Una vez detectadas, se utiliza un TDR (ecómetro) para ubicar la posición de la primera bobina y enviar un técnico a que la retire. En un TDR, una bobina de carga se visualiza como un abierto o fin del cable. Es por esto que la primera bobina debe ser retirada, antes de poder ubicar la siguiente.

### **2.2.8. Interferencias de otros servicios**

#### **2.2.8.1. Interferencias de emisiones de radio**

Aunque el par trenzado telefónico es teóricamente un sistema de transmisión equilibrado, este equilibrio decrece con la frecuencia. Además, la planta externa tiene recorridos en el espacio abierto (fachadas, interior de las casas, zonas rurales en postes) que incluso en algunos tramos se realizan con pares paralelos en vez de trenzados. Todo esto hace que estas partes de la planta se conviertan en antenas

captadoras de las emisiones de radio, tanto en onda larga, como media o corta, especialmente las emisiones de radioaficionados.

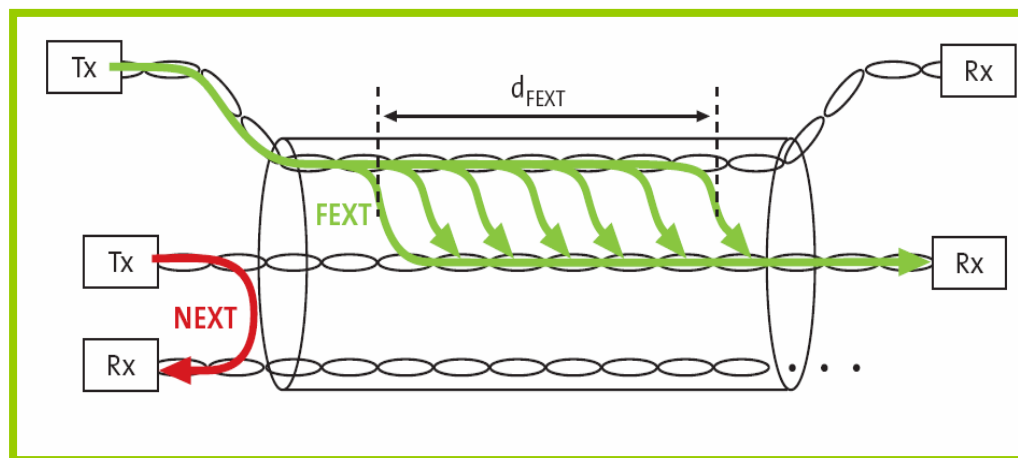
#### **2.2.8.2. El crosstalk**

Son intermodulaciones de otros servicios de transmisión digital que viajan en el mismo grupo de cables entre pares de un cable multipar. Es el principal inconveniente en cualquier implementación de un sistema ADSL. La razón de que aparezca es la existencia de acoplamientos inductivos y capacitivos (o más precisamente, el desbalance de dichos acoplamientos). Los más críticos son los producidos por los equipos de la central, que transmiten señales con potencias relativamente altas. Los servicios basados en codificaciones simples como 2B1Q (Ej: HDSL e ISDN) son muy robustos y muy pocas veces son afectados por otros servicios. Si la atenuación y el margen de señal/ ruido están dentro de las especificaciones del modem, el sistema funcionará con un margen de error muy bajo. El caso como el de ADSL, donde no se habla de una sola portadora y el ancho de banda es mayor, el servicio se ve mas afectado por el ruido. Sin embargo, la flexibilidad de un sistema adaptativo como ADSL compensa este tipo de pérdidas, eliminando las portadoras afectadas por ruido o cancelación y concentrando toda su potencia en aquellas que poseen un buen margen de señal/ ruido.

Existen dos tipos de diafonía: la paradiafonía (NEXT) cuando la fuente de la señal perturbadora está colocada en el mismo extremo que el receptor perturbado; y la telediafonía (FEXT), cuando el receptor esta colocado en el lado remoto (figura 2.5). La diafonía además puede ser auto, cuando es producida por sistemas de la misma tecnología, o foránea, cuando son sistemas diferentes. Fácilmente se comprende que el tipo de diafonía más perjudicial es la autoparadiafonía, causada por el acoplamiento de la señal sin atenuar a la salida de un módem sobre el receptor de otro



módem. Para evitar este efecto, en ADSL se suele emplear duplexado por división en frecuencia, es decir, bandas distintas en cada extremo para recepción y transmisión. Otra alternativa es el duplexado por división en el tiempo (“ping-pong”), en donde la transmisión y recepción se alternan en el tiempo. En este caso, sin embargo, se requiere que todos los emisores y receptores de la red estén sincronizados, lo cual puede presentar problemas en entornos multioperador. En lo que a prestaciones (velocidad, distancia) se refiere, es la paradiafonía foránea, causada por otros sistemas de transmisión digital, la que mayores limitaciones plantea.



**Figura 2.5. Paradiafonía NEXT y FEXT.** <sup>[23]</sup>

### 2.2.9. Distancia

El objetivo de los sistemas ADSL es llegar a la mayor parte de los abonados dentro del Área de Servicio (zona geográfica servida por una central de conmutación o una Unidad Remota de Líneas), en donde se ubica el banco de módems y el multiplexor digital DSL (conocido como DSLAM).

A partir de las estadísticas de los operadores, se estima que un 90% de los abonados en EEUU. y la mayoría de los abonados en Europa están a una distancia

menor de 6 km con pares de 0,5 mm, o de 4,5 km con pares de 0,4 mm. En la práctica, sin embargo, es necesario tener en cuenta las posibles irregularidades que pueden presentarse en la planta telefónica, como empalmes de distinto calibre y derivaciones sin terminar (*bridge taps*). En estos casos, puede ser necesario compensar las discontinuidades de impedancias y reflexiones que se producen a lo largo del par. Podemos observar en la figura 2.6 que si la distancia a la central es superior a los 3 kilómetros, la calidad del ADSL disminuye notablemente.

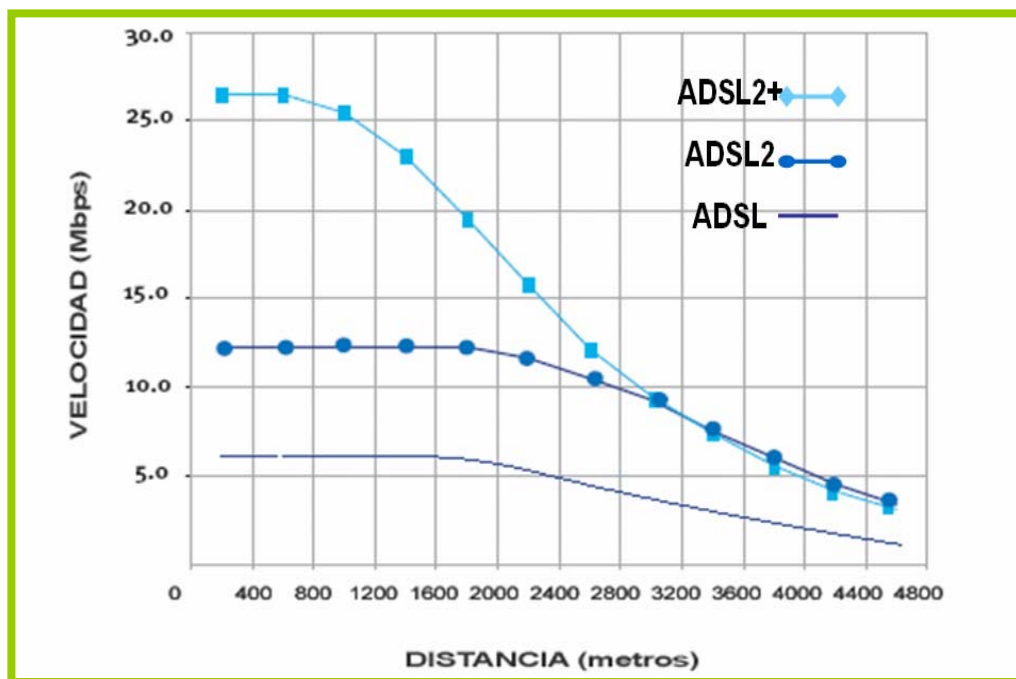


Figura 2.6. Efecto de la distancia en la velocidad de transmisión. <sup>[19]</sup>

#### 2.2.10. Otros parámetros que afectan la calidad del enlace

- **Coexistencia con el servicio telefónico.** Además de los efectos de ruido impulsivo mencionados antes, una línea telefónica presenta cambios de impedancia dependiendo de si el aparato telefónico está colgado o descolgado.

- **Usuarios conectados simultáneamente.** Si poseemos una red local (en casa o en la oficina) el hecho de que dos o más usuarios se conecten a Internet a través del mismo servicio ADSL disminuye la velocidad.
- **Sitio a los que nos conectamos.** Las páginas web se alojan en servidores web. La capacidad, los equipos de la empresa responsable y el número de usuarios que están en el portal afectan a la velocidad de carga de las páginas, es decir, si nos conectamos a una página web muy transitada, la velocidad de conexión también disminuye.
- **Protocolos de transmisión de datos.** Un porcentaje de la capacidad de transmisión de datos (hasta un 20%) es utilizado por los datos de gestión de la información que se recibe y se envía. Es decir, de nuestra capacidad de transmisión, 20 megas por ejemplo, hasta un 20% podría estar ocupado por los distintos datos de gestión necesarios para el correcto funcionamiento de nuestra comunicación ADSL.
- **Programas instalados en el PC.** Por ejemplo, los programas de seguridad que monitorizan los accesos a Internet afectan al rendimiento de la conexión.

### 2.3. Resumen

Las capacidades de transferencia y velocidades máximas que desarrollan los accesos ADSL están íntimamente ligadas al las características bucle de abonado, su operación y mantenimiento, siendo una de las principales causas de limitación de la velocidad los efectos de las diafonías NEXT y FEXT, la relación señal ruido, el ruido, pares múltiples o paralelos, y los cambios de calibre en los tramos de la línea.

## **CAPITULO 3**

### **MEDICIONES DE CAMPO PARA LA PRECALIFICACION DEL DESEMPEÑO DEL PAR DE COBRE**

Con el fin de maximizar la calidad del enlace xDSL, es necesario que se midan las características físicas del par de cobre y evaluar su aplicabilidad al xDSL específico. Esta evaluación se hace necesaria debido a que la mayoría de los pares fueron instalados hace muchos años y no para transmitir varios megabits por segundo, sino el simple canal de voz (4 KHz).

#### **3.1. Medición a nivel de la capa física**

Para la realización de las mediciones se emplearon tres herramientas que posee la empresa, las cuales son: el sistema TAS para la selección de números averiados, el sistema 4TEL y el analizador de lazo **Dynatel 965 DSP**.

##### **3.1.1. Sistema TAS**

Es un sistema empleado por CANTV a nivel nacional, mediante el cual personal autorizado por la empresa para ingresar al sistema, pueden realizar labores tales como: crear las órdenes para reparación de números telefónicos averiados (teléfonos residenciales, teléfonos públicos, teléfonos comerciales, clientes con ABA residenciales o comerciales, etc), también pueden ubicar al grupo de trabajo

adecuado para atender la falla, revisar las órdenes pendientes por reparación e instalación, además de otras funciones ejecutadas específicamente por el personal del Centro de Servicio. En la figura 3.1 se muestra la pantalla principal del sistema TAS, donde se muestran los campos que deben llenarse para obtener los números telefónicos con ABA que presentan fallas, los campos mas importantes son: número de la central (8151 que en este caso es la central de Puerto La Cruz), número de orden (34 que se refiere a los reportes pendientes) y los datos de la función (abae que se refiere a ABA especialistas).

```

Winsock 3270 Telnet - 161.196.25.2
Connect  Close  Exit  Edit  Print Screen  Setup  Help
MOD# 052-105-007.02  TAS - FUNCTION SELECT SCREEN - SUP  AA206
TSP  Q05U1809
TN : STA: NPA: DAC: 0600 CO: 8151 R/C:
CKT: SEG: CKL:
FUNCTION NUMBER: 34  FUNCTION DATA: abae

01 CREAR REPORTE NUEVO DE AVERIAS      09 MUESTRA PANTALLA FACTURA RECHAZADA
10 MUESTRA REPORTE PARA NUM. INDICADO  11 MUESTRA HIST. AVERIA NUM. INDICADO
12 1ER REPORTE PARA ESTA UBIC. TRABAJO 13 1ER REPORTE PARA UBIC. TRABAJO XXXX
14 CAPACIDADES DE REPARACION R/C XXXXX 15 MUESTRA REPORTES PENDIENTES
17 MUESTRA REPORTES POR SECUENCIA XXX   18 MUESTRA EN PANTALLA REPORTE SALIDA
19 MUESTRA FACT. ASOCIADA POR NUM FACT  20 IMPRIME REPORTE ONLINE NUM. INDICADO
23 IMPRIMIR NUMEROS DE REP. PENDIENTES  25 IMP. ESTADISTICAS SEMANAL RAC/DAC
26 IMP. REP. EN IMPRESORA LOCAL XX     30 LISTA RESUMEN DE PATRONES PARA XXXX
31 REPORTES FUERA DE SERU. VENCIDOS    33 LIST REP. CON ____ HORAS DE COMPROM
34 REPORTES PEND. PARA UBIC.TRAB XXXX  35 LISTA REP. DETALLADO NUM. INDICADO
36 LISTA REPORTES PENDIENTES PRIORIDAD  40 COLAS PENDIENTE UBIC. TRABAJO XXXX
41 ACTUALIZAR MENSAJES                42 ACTUALZ. LISTA DE SERU. CRITICOS
44 ACT. REGISTRO DE SEGURIDAD EMPLEADO  45 ACT. COMPROMISO POR DEFECTO DEL DAC
46 ACT. CAPACIDAD DE CANCELACION R/C   47 LISTA REP. CONDICION TIPO SERVICIO
50 SALIDA DEL SISTEMA

TASA211 - REQUEST HAS BEEN PROCESSED
NUM 12:29:53 IBN-3278-2
Clear Erase EOF New Line PA1 PA2 PA3

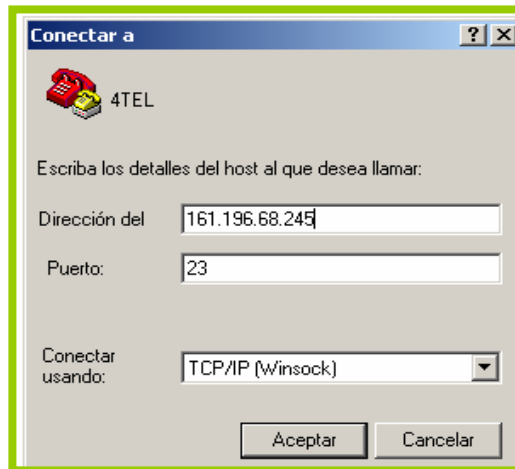
```

Figura 3.1. Pantalla del sistema TAS. <sup>[24]</sup>

### 3.2. Sistema de prueba 4TEL

El sistema 4TEL consta de siete (7) servidores a los cuales se puede acceder vía *Telnet* (cada servidor tiene una dirección IP asociada). Cada uno de los servidores es capaz de realizar pruebas sobre toda la planta de pares de cobre. Para tener acceso se debe tener un identificador de registro (*login*) y una contraseña (*password*). Para

acceder al sistema se debe iniciar una sesión de hyperterminal, en la cual se escribe la dirección IP del servidor 4TEL que se va a utilizar (ver figura 3.2), para la realización de este trabajo se utilizó la dirección IP 161. 196. 68. 245.



**Figura 3.2. Acceso al servidor del sistema 4TEL.** [25]

Al conectarse con el sistema se debe ingresar a la opción **Prueba a demanda**, donde se solicitará ingresar el número telefónico que se quiere probar en el campo **número de directorio**. El número telefónico debe ser ingresado con su código de área correspondiente, sin espacios intercalados y se debe presionar **enter** para iniciar la prueba, ver figura 3.3.

En un tiempo máximo de un (1) minuto se presentan los resultados de la evaluación de la línea. Este sistema provee una herramienta que ofrece resultados de pruebas rápidos y exactos al personal de reparaciones. Ante un pedido de reparación se puede realizar rápidamente una prueba a pedido de 4 TEL en la línea dudosa utilizando el número de la línea telefónica.

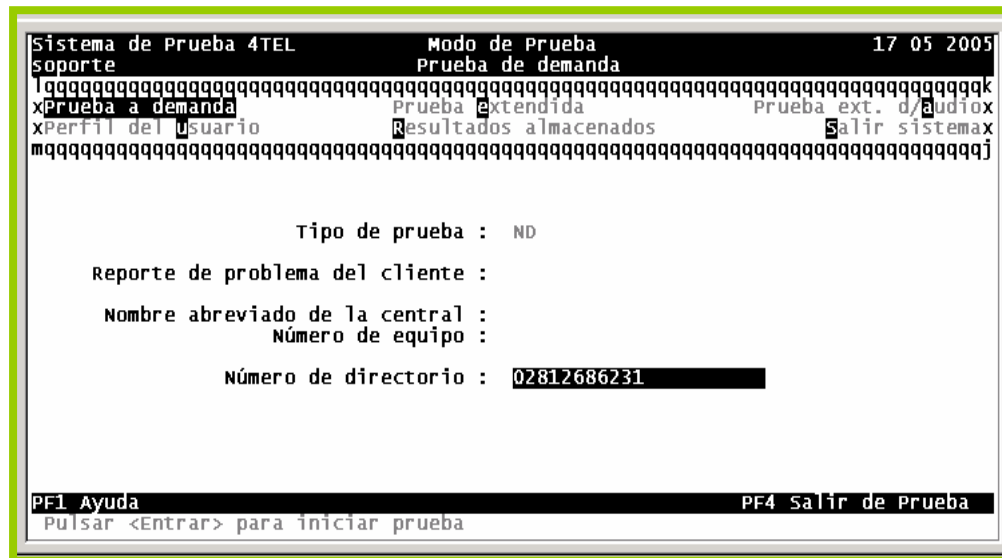


Figura 3.3. Pantalla principal del sistema 4TEL. [25]

### 3.2.1. Pruebas a pedido

Los resultados indican las condiciones de la línea en el momento de realizar las mediciones y los mismos permanecen a disposición del usuario una vez liberada la línea (figura 3.4). Las condiciones de falla son normalmente lo suficientemente estables como para que la prueba a pedido pueda proveer un diagnóstico rápido y confiable de la condición de la línea telefónica.

En el campo **resultado de prueba** se presentan los siguientes resultados:

- **Probado Bien:** No hay fallas de aislación y está terminada correctamente con un tipo convencional de instrumento telefónico.
- **Falla:** 4TEL detecta que la línea presenta una falla lo suficientemente grave como para afectar el servicio.

- **Falla Menor:** La línea posee una condición de falla que probablemente no afectará el servicio.
- **Indeterminada:** Las mediciones son tales que la línea no se puede clasificar como defectuosa o libre de fallas.

```

Sistema de Prueba 4TEL          Modo de Prueba          11 03 2005
02812675770                    Resultados archivados          cruz
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
xPrueba a demanda                Prueba extendida                Prueba extendida de audiox
xSeleccionar resultado          Resul. prueba d/línea          Resumen de medicio%nx
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
Resultado d/Prueba : PROBADO BIEN

Reporte d/aver%a d/cliente : Not Available
Aislaci%n : BIEN
Aparatos : Con tel%fono
Largo de Cable : 2.0 Kil%metros
Archivado por : Usuario de terminal usted
Hora : 10 03 2005 13:49:24

Tensi%n      A/E:  0.4 V   B/E:  -1.9 V   A/B:  1.9 V   B/A:  -1.9 V
Resistencia A/E: > 1 MOhm B/E: > 1 MOhm A/B: > 1 MOhm B/A: > 1 MOhm
CapacitanciaA/E: 102 nF  B/E:  102 nF  A/B:  850 nF  B/A:  850 nF
PF1 Ayuda      PF2 Men: Principal
Ultimo resultado. Pulse <Entrar> para probar

```

Figura 3.4. Información que presenta la prueba a pedido <sup>[25]</sup>

Las fallas más comunes que han sido predefinidas en el sistema son:

- **Falla de abierto:** indica una total interrupción de uno de los hilos.
- **Falla de corto:** se refiere a una baja aislación entre los hilos de un mismo par.
- **Falla de liga:** se refiere a una baja aislamiento entre hilos da pares diferentes.
- **Falla de tierra:** indica baja de aislamiento entre uno de los hilos y la tierra (pantalla).



### 3.2.2. Valores de referencia utilizados por el sistema 4TEL

#### **Falla franca**

Serán consideradas fallas francas los siguientes casos:

- Resistencia de aislamiento A/ T, B/ T, A/ B menores a 20 K $\Omega$
- Voltajes CA superiores a 3 V.
- Voltaje DC A/ B inferior a 48 V.

#### **Fallas menores**

Se consideran fallas menores los siguientes casos:

- Voltajes CA entre 2 y 3 V.
- Corrientes parásitas superiores a 25 $\mu$  A.

### 3.3. Dynatel 965 DSP

En la actualidad los instrumentos modernos contienen en un simple aparato de mano, un analizador de espectros sencillo, un reflectómetro (TDR), un detector de bobinas y un multímetro digital. Además pueden incorporar diferentes modelos para emular cada uno de los servicios DSL y poder obtener datos más precisos relativos a la velocidad máxima y al margen de ruido.

La empresa CANTV cuenta con el Dynatel 965 DSP (ver figura 3.5) el cual es un equipo utilizado por los técnicos del departamento de datos para realizar las pruebas a los pares que poseen ABA y que han sido reportados como averiados. El Dynatel 965DSP es la combinación de: TDR +Analizador +Localizador de fallas en red Telefónica + Modem ADSL + Analizador de Espectros.

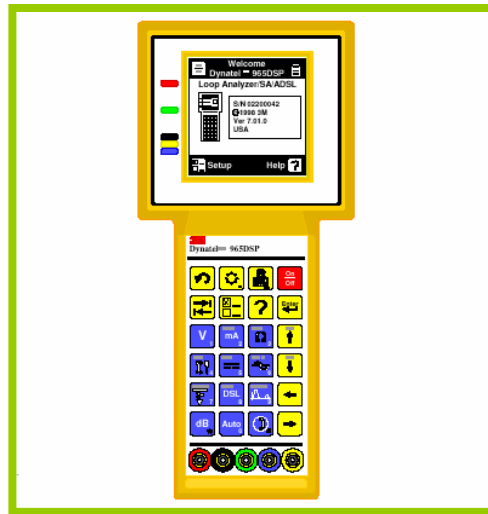


Figura 3.5. Dynatel 965 DSP. [26]

### 3.4. Pruebas de precalificación del bucle de abonado

Existen dos métodos de pruebas de evaluación que pueden realizarse: 1) El que puede hacerse con un solo equipo desde un único extremo del par de hilos y 2) El que necesita un equipo de pruebas en cada extremo del par de hilos (ver figura 3.6). El primero, pruebas desde un único extremo, evita el traslado de un técnico a la casa del abonado ya que las pruebas pueden hacerse desde la central y nos da una seguridad de aproximadamente un 90%. El segundo método, sin embargo, es mas preciso y nos permite evaluar completamente el bucle de abonado.

En esta tesis se han definido un grupo de 13 pruebas, realizadas con el analizador de red de abonado **DYNATEL 965DSP**. Algunos de los parámetros más importantes que deben analizarse para obtener la precalificación del par son las siguientes:

- \* Voltaje AC y DC
- \* Resistencia de aislamiento
- \* Corriente de lazo
- \* Bobinas de pupinización

- \* Capacitancia mutua
- \* Balance longitudinal
- \* Velocidad máxima permitida por la línea
- \* Atenuación
- \* Ruido de fondo e impulsivo
- \* Velocidad de transmisión de datos
- \* Relación Señal / Ruido
- \* Resistencia de lazo

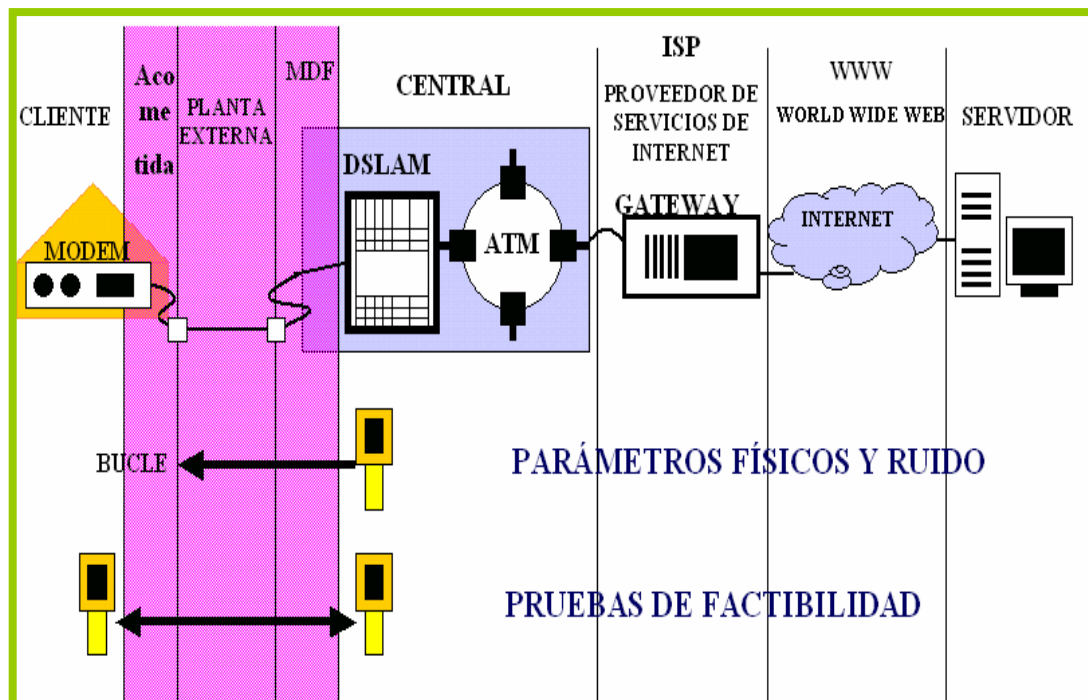


Figura 3.6. Tipos de pruebas en xDSL. <sup>[27]</sup>

A continuación se describirán las pruebas que deberán ser efectuadas a cada uno de los pares que se encuentren habilitados o que se deseen habilitar para el servicio ABA. Para la realización de la simulación tomaremos en cuenta solo los resultados de las pruebas de velocidad de transmisión de datos y la de relación señal / ruido, el resto se tomara como referencia para determinar los parámetros eléctricos del bucle de abonado bajo prueba.



### 3.4.1. Prueba de voltaje

#### 3.4.1.1. Voltaje DC

La medición de Voltaje DC debe indicar en estado normal que entre los hilos A-B existen -48 V, puede estar entre - 40 y - 52 V, y mantener un buen funcionamiento. Obsérvese que tensiones superiores a estos valores, de corriente continua, pueden presentar peligro al personal de mantenimiento.

#### 3.4.1.2. Voltaje AC

Al medir voltajes AC se verifican voltajes no deseados. Todos los voltajes deberán ser menores a 5 VAC recomendado. La inducción eléctrica en estado normal es igual a “0” Voltios. En el par telefónico, puede estar entre 0 y 5 V.

La prueba puede ser realizada desde el MDF o desde el domicilio del cliente. Se utilizara el Dynatel 965DSP en la función de medición de voltaje (). Esta función primero mide y presenta en pantalla el voltaje entre los cables de prueba rojo, negro y verde (ver figura 3.7).  Presionando la tecla “Tab” se puede elegir la siguiente configuración de los cables. La lectura elegida está “activa” y las lecturas anteriores se mantienen en la memoria del 965DSP. Presione “*enter*” para alternar entre la medición de voltaje DC y voltaje AC.

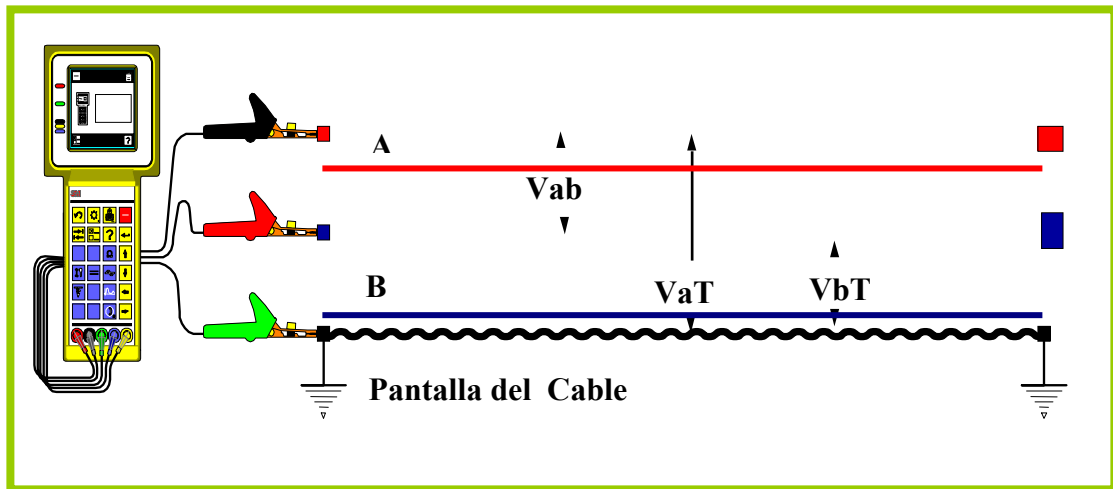


Figura 3.7. Medición de voltaje. <sup>[26]</sup>

### 3.4.2 Prueba de corriente

Permite determinar la corriente de bucle de un par activo y saber si esta es suficiente para una operación normal del par. La corriente presente en bucle de abonado en estado normal es igual a 24 mA, puede estar entre 20 y 45 mA y mantener un buen funcionamiento.

El aparato mide la corriente DC que suministra la central telefónica al par y que fluye a través de una resistencia de 430 Ohm dentro del 965DSP y simula un teléfono descolgado. Conecte los cables de prueba rojo y negro al par para medir la corriente de bucle (ver figura 3.8). Si la corriente es mayor a 110 mA, aparecerá en la pantalla del Dynatel “Aviso de Alta Corriente”.

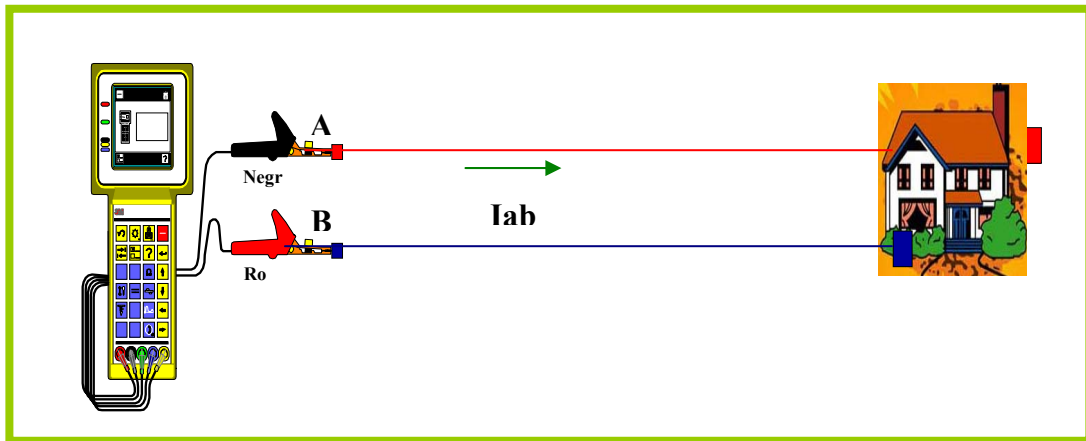



Figura 3.8. Medición de Corriente. [26]

### 3.4.3. Prueba de resistencia de aislamiento

El estándar ANSI.T1.413 especifica que los valores de la resistencia de aislamiento ( $M\Omega$ ) medidas entre A-B, A-GND, B-GND deberán ser mayores a 5  $M\Omega$ . Si el resultado de A-B es menor a 5  $M\Omega$  esto indicará la posibilidad de un corto o contacto por corrosión/ sulfatación. Si se obtiene un valor menor de 5  $M\Omega$  entre A-GND y B-GND indica que existe una tierra en el par.

El equipo mide la resistencia entre los cables de prueba negro, rojo y verde, emplea un voltaje de prueba aproximado de 100 VDC (figura 3.9). Se debe utilizar el instrumento Dynatel 965DSP en la función para medir resistencia, ( $\Omega$ ). Oprima la tecla “Tab”  para moverse a la siguiente configuración de conexión de prueba. La prueba puede ser realizada desde el MDF o desde el abonado. El valor de la medición debe ser superior o igual a 5  $M\Omega$ .

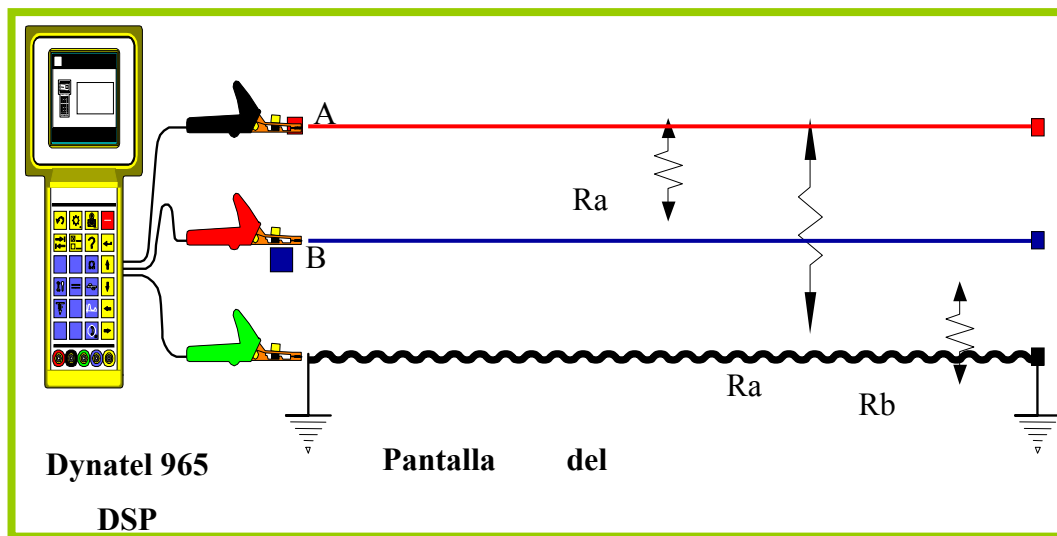


Figura 3.9. Montaje para medir el aislamiento. <sup>[26]</sup>


#### 3.4.4. Conteo de bobinas de pupinización

Una sola bobina puede causar que no se otorgue el servicio DSL. Debido a esto es conveniente chequear las presencias de estas bobinas antes de la instalación del servicio o en el caso de no poder establecer un enlace verifique si se tiene bobinas que estén evitando el servicio DSL. La medición debe indicar que hay “0” bobinas en el par.

Esta función cuenta hasta 4 bobinas de carga en el par. Se verá la palabra “Contando” en la pantalla mientras la prueba está corriendo. La palabra “Hecho” (terminado) aparecerá cuando haya concluido la prueba. Se puede presionar “enter” en cualquier momento para detener el conteo. La pantalla entonces muestra el número de bobinas contadas y la palabra terminado. Si se desea saber si una línea tiene bobinas de carga o no, se puede detener la prueba una vez que se haya detectado una de las bobinas.

La medida de bobinas de pupinización utiliza el mismo montaje que se usa para la prueba de voltaje.

### **3.4.5. Prueba de capacitancia mutua**


Esto verifica que no se tendrán cortos en el par. Esta prueba también sirve para verificar la presencia de derivaciones en el par, (pares en múltiple o paralelo) o si hay cambios de calibre. La prueba puede ser realizada desde el MDF o en el extremo del abonado. Se utilizará el Dynatel 965DSP en la función 5 (  ). Se configura el equipo para medir Capacitancia, seleccionando en el menú medición de “Capacidad”; se debe leer siempre el valor de “mutuo”, o sea la Capacitancia entre A y B. El montaje del instrumento es igual al empleado en la prueba de voltaje.

### **3.4.6. Prueba de ruido de fondo y ruido impulsivo**

#### **3.4.6.1. Ruido de fondo**

Estudios realizados por la empresa Telcordia durante el proceso de estandarización concluyeron que el ruido de fondo, en el caso peor, puede modelarse como un ruido blanco gaussiano aditivo, con un nivel de potencia de -140 dBm/Hz.

#### **3.4.6.2. Ruido impulsivo**

Se refiere a picos de ruido en la señal. Esta función se realiza utilizando parte del menú de la tecla 10  , en la función para medir el ruido impulsivo (A/ B) y el



ruido de fondo (B/ T). Conecte los cables de prueba rojo y negro al par y el verde a la tierra. Esta prueba permite comprobar la inducción electromagnética producida especialmente por las redes eléctricas adyacentes al cable telefónico, por efecto del desequilibrio del par, por discontinuidad de la pantalla del cable o por sistemas de tierra deficientes (con alta impedancia) conectados a la pantalla del cable o por carencia de estos. Montaje del instrumento para medir el ruido de fondo y el ruido impulsivo es igual al empleado en la pruebas voltaje.

### **3.4.7. Prueba de balance longitudinal**

Indica la susceptibilidad al ruido de un cable. Esta es una medida que muchos saben que existe, algunos conocen de qué se trata, pocos la entienden y solo una minoría sabe como interpretar los resultados. La mayoría de los instrumentos de campo que realizan esta medida lo hacen para la banda de audio (4 kHz), que no es aplicable a ADSL o a xDSL en general. Esto causa aun más confusión, el balance longitudinal fue un medio de estimar la susceptibilidad al ruido de un cable, es decir, la posibilidad de que entre ruido al cable. Desafortunadamente, en la práctica, una vez que el cable está instalado el ruido deja de ser una posibilidad, se convierte en un hecho y no hay mucho que podamos hacer. Es por esta razón que los instrumentos modernos se enfocan a la medida e identificación del ruido que existe en el cable, por medio de sonómetros o analizadores de densidad espectral de potencia (PSD). La recomendación G.992.1 en su anexo A, sección A.4.3.1 especifica que el par utilizado para ADSL debe tener un balance longitudinal  $> 40\text{dB}$ , para el rango de frecuencias de 30 a 1104 Khz. Esta función se realiza utilizando parte del menú de la tecla 10, en la función para medir el balance longitudinal. Se conecta los cables de prueba rojo y negro al par y el verde a la tierra. El 965DSP automáticamente simula un teléfono descolgado para medir el balance longitudinal.

### 3.4.8 Pruebas en ADSL

Se debe ingresar por la tecla 8 del Dynatel 965 DSP, el cual desplegará toda la información disponible acerca de la conexión del modem ADSL (ver figura 3.10).

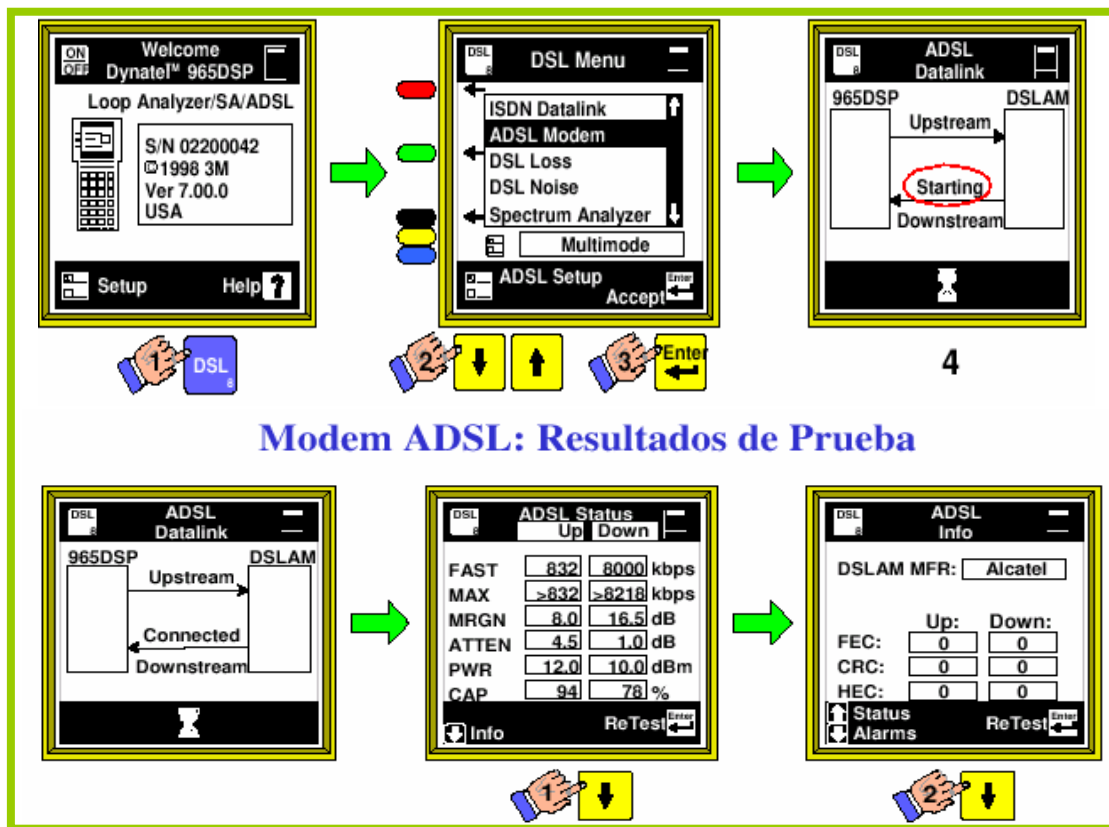
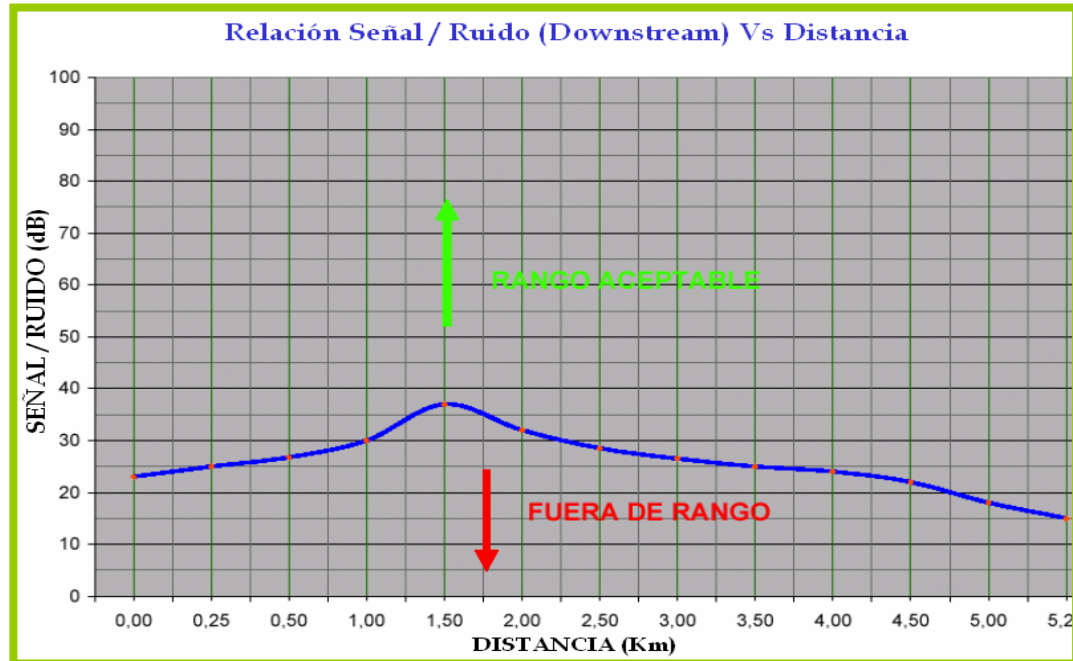


Figura 3.10. Resultado de pruebas con Dynatel 965DSP. <sup>[26]</sup>

Los datos transmitidos en un enlace ADSL pueden ser enviados en un canal fast o en un canal interleaved, aunque ambos canales pueden existir sobre la misma conexión, en la práctica solo uno es utilizado. El tipo de canal es seleccionado por el DSLAM. Otras características de desempeño son las siguientes:

- **FAST** – Es la tasa de Kbps de la línea alcanzada sobre el canal Fast.
- **MAX** – Es la máxima tasa de transmisión posible en Kbps de la línea. Debe conocerse la cantidad de bits actuales entre el ATU-R y el ATU-C. Estos valores dependen de las velocidades contratadas por el suscriptor en el servicio de ABA.
- **MGRN** – Es la mínima relación de señal a ruido requerida en la conexión. Indica el margen de ruido obtenido. En la figura 3.11 se muestran los valores de referencia considerados por la empresa CANTV como aceptables para las medidas de la relación Señal/ Ruido a diferentes distancias de la central telefónica. Estos valores están referenciados a los canales downstream para los servicios ADSL.



**Figura 3.11. Relación señal/ ruido Vs. distancia.** <sup>[27]</sup>

Para el rango de frecuencia de 25 KHz a 138 KHz, distintas empresas de telecomunicaciones como Sunrise Telecom y 3M consideran que el valor debe estar por encima de los 6 dB, para indicar que no hay degradación en las señales upstream. En la tabla 3.1 se muestran los valores manejados por la empresa CANTV como valores mínimos de la relación Señal/ruido para los canales downstream y upstream.

**Tabla 3.1 Relación S/ N mínima de bajada y de subida.** <sup>[27]</sup>

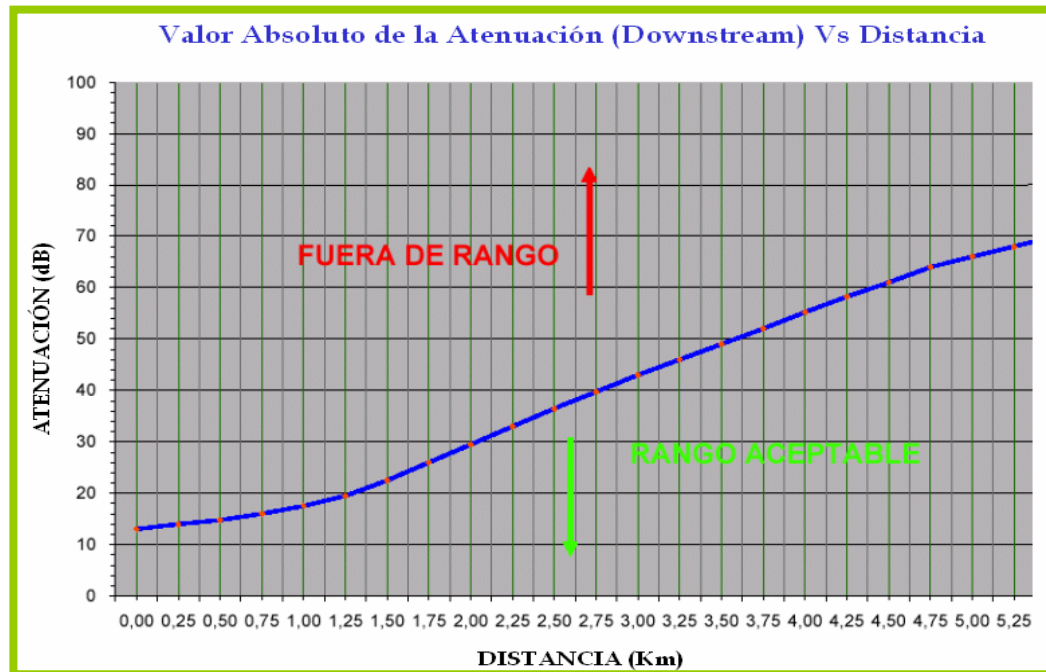
Distancia(m)	Down(dB)	Up(dB)	Distancia(m)	Down(dB)	Up(dB)
<b>100</b>	21	20	<b>3000</b>	30	25
<b>500</b>	28	20	<b>4000</b>	24	21
<b>1000</b>	30	25	<b>5000</b>	18	15
<b>2000</b>	33	27	<b>5500</b>	10	6

- **ATTEN** – es el nivel de señal ADSL recibida en dB (ver tabla 3.2). Es común tomar un valor de atenuación por kilómetro, como medio de verificación de la respuesta del cable.

**Tabla 3.2 Atenuación para un conductor de 0.4mm y 0.5mm.** <sup>[28]</sup>

Frecuencia	Atenuación (0.4mm)	Atenuación (0.5mm)
138 KHz	12.39 dB/km	8.30 dB/km
1.1 MHz	26.12 dB/km	20.60 dB/km

La figura 3.12 muestra los valores de referencia empleados por la empresa CANTV como márgenes aceptables de atenuación a medida que aumenta la longitud del bucle de f3ryabonado. Estos valores están referenciados al rango de frecuencia de 140 KHz y 1100 KHz, que comprende el rango de valores de los canales downstream para los servicios ADSL.



**Figura 3.12. Gráfica de atenuación Vs distancia.** <sup>[27]</sup>

Los canales upstream que abarcan el rango de frecuencias de 25 KHz a 138 KHz, ocupan la parte más baja del espectro, por lo tanto la atenuación es menor a estas bajas frecuencias, por lo que la empresa CANTV considera que la atenuación en los canales upstream no debe excederse de los 43 dB, para garantizar la transmisión de señales ABA en ese sentido, en bucles de abonado con una longitud menor a los 5.5 Km, ver tabla 3.3.

**Tabla 3.3 Atenuación máxima de bajada y de subida para servicios ADSL.**

Distancia(m)	Down(dB)	Up(dB)	Distancia(m)	Down(dB)	Up(dB)
<b>100</b>	13	5	<b>3000</b>	45	38
<b>500</b>	15	8	<b>4000</b>	58	40
<b>1000</b>	18	12	<b>5000</b>	60	40
<b>2000</b>	30	22	<b>5500</b>	64	43

- **PWR** – Es la potencia de señal ADSL transmitida en dBm en los extremos de la línea.
- **CAP** – Es el porcentaje de capacidad de la línea, comparando la tasa de datos transmitida contra la máxima tasa de transmisión que la línea puede soportar.

### 3.4.9. Gráfica ADSL

DMT trabaja dividiendo el ancho de banda del bucle local en un gran número de subcanales separados igual distancia uno de otros. Técnicamente se denominan subportadoras pero mucha gente los sigue llamando subcanales. Por encima de la banda reservada a la señalización analógica, este ancho de banda se extiende normalmente hasta los 1.1 Mhz, y se encuentra dividido en 256 subportadoras, comenzando en los 0 Hz. Cada canal ocupa 4.3125 Khz, dando como resultado un ancho de banda total de 1.104 Mhz en el bucle local. Algunas de las subportadoras son especiales, y otros no se utilizan.

La mayoría de los sistemas DMT utilizan sólo 249 o 250 subportadoras para la información. Las subportadoras más bajas, normalmente desde la #1 hasta la # 6, se reservan para la banda dedicada a la voz analógica. Dado que 6 por 4.3125 es 25.875 Khz, es normal ver los 25 Khz como punto de partida para los servicios ADSL. Se puede observar que se deja una gran zona de guarda entre la voz analógica y las señales DMT. Además la atenuación de la señal de las portadoras más altas, del # 250 en adelante, es tan grande que es difícil utilizarlos para transmitir información en bucles de longitud considerables.

En el Dynatel, el gráfico de ADSL, muestra un despliegue en pantalla del número de bits transmitidos en cada subportadora de multitono discreto DMT. Los

modem de ADSL requieren un amplio ancho de banda para operar debido a que esencialmente usan 256 ‘modems’ simultáneos separados, cada uno de los cuales requiere cerca de 4 Khz. de ancho de banda. Cada uno de esos modems transmite simbología compleja (baudios) a razón de 4000 símbolos por segundo. Cada símbolo representa desde 0 a 15 bits de información codificada. El número de bits codificados en cada símbolo depende de la relación señal a ruido (SNR) de la subportadora.

Una reducción significativa en el número de bits por portadora, puede resultar en un incremento del ruido de la línea y produce una atenuación de la señal ADSL. Mediante el examen de la cantidad de bits por subportadora (ver figura 3.13), se podrá detectar la presencia de señales interferentes en ciertas frecuencias o rangos de frecuencia del espectro de ADSL.

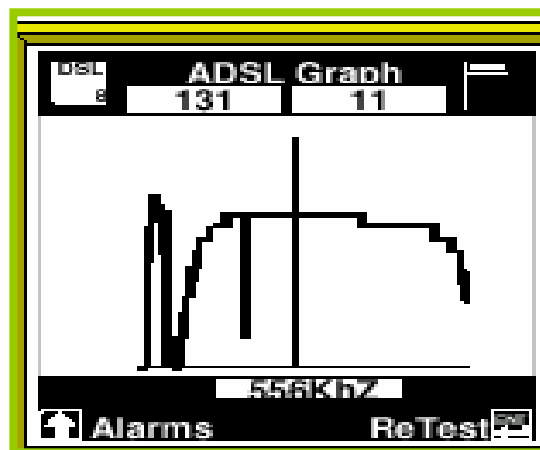


Figura 3.13. Gráfica de ADSL. <sup>[26]</sup>

#### 3.4.10. Prueba de resistencia de lazo

Es necesario verificar que el circuito muestre una resistencia de lazo aceptable. Para la realización de esta prueba se debe cortocircuitar un extremo del par y tomar la medida de resistencia en el lado opuesto del par. Los valores requeridos son:

- HDSL = 900  $\Omega$  máx.
- ADSL = 1300  $\Omega$  máx.

### 3.5. Valores de Referencia (típicos)

Es común tomar un valor de referencia como medio de verificación de la respuesta del cable (ver tabla 3.4). A continuación se muestran los valores de referencia para algunos de los parámetros nombrados anteriormente.

**Tabla 3.4 Valores recomendados de los parámetros eléctricos del par.**

[Autor]

Tecla en el Dynatel 965DSP	Prueba	Unidades	Valor Optimo	Conexión en el extremo del Par
<b>VOLTAJE DC</b>	A/B	Vdc	< - 48 VDC	ABIERTO
<b>VOLTAJE DC</b>	B/T	Vdc	< 48 VDC	ABIERTO
<b>VOLTAJE DC</b>	A/T	Vdc	< 0 VDC	ABIERTO
<b>VOLTAJE AC</b>	A/B	Vac	0	ABIERTO
<b>VOLTAJE AC</b>	B/T	Vac	< 5 VAC	ABIERTO
<b>VOLTAJE AC</b>	A/T	Vac	< 5 VAC	ABIERTO
<b>OHMIOS</b>	A/B	Ohmios	$\geq 5 \text{ M}\Omega$	ABIERTO
<b>OHMIOS</b>	B/T	Ohmios	$\geq 5 \text{ M}\Omega$	ABIERTO
<b>OHMIOS</b>	A/T	Ohmios	$\geq 5 \text{ M}\Omega$	ABIERTO



**Tabla 3.4. Continuación**

<b>CAPACITANCIA</b>	A/B	Faradios	52 nf	ABIERTO
<b>CAPACITANCIA</b>	B/T	Faradios		ABIERTO
<b>* dB</b>	Ruido Fondo	dBm	< -85 dBm	ABIERTO
<b>* dB</b>	BALANCE	dB	40 dB	ABIERTO
<b>HERRAMIENTAS</b>	Res. Bucle	Ohmios	< 900 $\Omega$	CORTO
<b>HERRAMIENTAS</b>	Bobinas	Cantidad	0	ABIERTO

Las tablas 3.5 y 3.6 resumen los valores recomendados de operación de dos de los parámetros más importantes en los circuitos con aplicaciones ADSL (relación señal ruido y atenuación), estos valores han sido recopilados de pruebas realizadas por diversas empresas que cuentan con una amplia experiencia en el estudio y análisis de aplicaciones banda ancha en los pares de cobre, como lo son las empresas: 3M, Sunrise Telecom. y CANTV.

**Tabla 3.5 Valor mínimo de S/ N (Down). [Autor]**

<b>Distancia (m)</b>	<b>Recomendada (dB)</b>	<b>Inaceptada(dB)</b>
500	28	15
1000	30	18
2000	33	18
3000	30	15
4000	24	8
5000	18	8

**Tabla 3.6 Valores de atenuación para la transmisión de datos Up y Down.**

[Autor]

Frecuencia	Recomendada (dB)	Inaceptada (dB)	Zona marginal
138 KHz	37	45	37-45 dB
1.1 MHz	57	65	57-65 dB

### 3.6. Resultados de las pruebas

Se realizaron pruebas a 122 abonados que presentaron fallas en el servicio ABA. Las pruebas se llevaron a cabo en el siguiente orden:

- **Ubicación de los reportes de los números averiados.** Se ubicaron los números que pertenecen a la central de Puerto La Cruz (8151) utilizando el sistema TAS. Es necesario que el reporte indique como mínimo el cable central al cual pertenece el abonado y el par central asignado para su posterior ubicación en el Distribuidor Principal.
- **Ubicación en el Distribuidor Principal.** Al tener los datos necesarios, se determinó si el número averiado pertenecía al distribuidor digital o al analógico. Luego se procedió a ubicar el ADS que corresponde al cable central que indica la orden.
- **Ubicación del ADS.** Después de ubicado el cable central se procedió a realizar el conteo de pares (dependiendo del tipo de regleta) para la ubicación del par central indicado en la orden.

- **Conexión del Dynatel 965 DSP.** Al ubicarse el par central, se procedió a conectar las puntas de prueba negra, roja y verde del Dynatel y se pulsó la tecla 12 que es la opción de microteléfono, luego se marcó 184 para verificar que el número del par encontrado corresponde con el número indicado en la orden.
  
- **Realización de las mediciones.** Luego de encontrar el número indicado en la orden y conectado el Dynatel correctamente se procedió a realizar las mediciones de los parámetros seleccionados.
  
- **Realización de la prueba 4TEL.** Se procedió a ejecutar la prueba 4TEL, realizando primeramente la prueba a pedido y luego verificando el menú de resumen de mediciones para revisar los parámetros obtenidos.

En este capítulo se muestran los resultados para 5 abonados, el resto de las pruebas se encuentran ubicadas en el anexo C.

### **Abonado 1**

**TN: 281 267 5770 STA: DAC: 0600 CO: 8151**

**SVC: RESIDENCIAL NAME: CAPUDIFERRO MAYORA MILAGROS**

**ADRS: CENTRO CA GUAMACHE ED PUERTO AR P-8 A 8-D**

**CITY: PUERTO LA CRUZ TYPE PROBLEM: MODEM ABA NO SINCRONIZA**



**Abonado 2**

TN: 281 265 0050 STA: DAC: 0600 CO: 8151

SVC: BUS B NAME: MARTINEZ DOUGLAS M

ADRS: AV MUNICIPAL ED TRANS 104 02 O.2-3

TYPE PROBLEM: PRESENTA INTERMITENCIA EN EL SINCRONISMO

**Tabla 3.8. Parámetros eléctricos y de ADSL obtenidos con el Dynatel 965.**

[Autor]

Parámetro	A / B	A / T	B / T	Parámetro	A / B
VDC (Volts)	-48.8	-2.1	50.1	Bobinas	0
VAC (Volts)	0.0	0.0	0.0	R.Fondo(dBm)	-75
I Lazo (mA)	-49.6			R.Impul(dBm)	-58
R. Aisl (MΩ)	5.22	16.2	18.2	Balance (dB)	26
Capac (μF)	2.56	8.15	9.02	R Lazo (Ω)	690
ADSL	Real(Kbps)	Fast(Kbps)	Max(Kbps)	S/N (dB)	A (dB)
Upstream	221	250	640	25.0	14.0
Downstream	525.6	2048	>8128	28.5	18.0

**Abonado 3**

TN: 281 267 5987 STA: DAC: 0600 CO: 8151

NAME: OFICAMBIO ORIENTE C.A. CPNI: N SVC: COM

ADRS: CENTRO CA MANEIRO\_\_NRO 17 ED LATINIA

TYPE PROBLEM: MODEM STARBRIDGE NO SINCRONIZA









Tabla 3.11. Continuación

<b>R. Aisl (<math>M\Omega</math>)</b>	15.4	40.6	23.2	<b>Balance (dB)</b>	49
<b>Capac (<math>\mu F</math>)</b>	1.8	5.8	5.7	<b>R Lazo (<math>\Omega</math>)</b>	793
<b>ADSL</b>	<b>Real(Kbps)</b>	<b>Fast(Kbps)</b>	<b>Max(Kbps)</b>	<b>S/N (dB)</b>	<b>A (dB)</b>
<b>Upstream</b>	196	256	800	24.8	23.0
<b>Downstream</b>	326	2048	8128	30.0	26.0

```

Sistema de Prueba 4TEL                               Modo de Prueba                               11 03 2005
02812650795                                         Prueba de demanda                               NEAR Pto. La Cruz
lcccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
x          Resumen de medici%n                      Resul. prueba d/L%nea                            x
x                                                                                                                                            x
mcccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
Hora : 10.13    Resultado d/Prueba : FALLA DEL TELEFONO

                Reporte d/aver%a d/cliente : Not Available
                Aislaci%n : 102 k Ohm Corto
                Aparatos : Con tel%fono
                Largo de Cable : 1.7 Kil%metros

Tensi%n      A/E: -7.6 V    B/E: -10.2 V    A/B:  1.5 V    B/A: -1.5 V
Resistencia A/E: > 1 MOhm B/E: > 1 MOhm  A/B:  102 kOhm B/A:  106 kOhm
Capacitancia A/E: 86 nF   B/E:  87 nF   A/B:  1.568 uF B/A:  1.568 uF
PF1 Ayuda                                PF4 Salir de Prueba

```

Figura 3.18 Pruebas realizadas al número 02812650795. [Autor]

Las pruebas de precalificación de pares para el uso de tecnologías DSL, deberán considerarse un aspecto importante en el análisis de la red de acceso, ya que permite la profundización de muchos parámetros básicos relacionados con el par, facilitando así la interpretación y comprensión de los resultados de las mismas. De los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a los pares telefónicos con ABA de la central Anzoátegui I, se pudo verificar que:

- El voltaje DC presente entre los hilos del par se encuentra en los niveles óptimos de funcionamiento, es decir, que el lazo para POTS que se encuentra alimentado desde la central de CANTV está entre los 40 y 52 Volt necesarios para un correcto funcionamiento, ya que al hacer la medición se pudo constatar el valor del voltaje en el hilo B.
- El voltaje AC presente entre los hilos del par resultó ser menor a 5 Volt en todas las pruebas realizadas, ya que al hacer la medición con el Dynatel y la prueba 4TEL se comprobó que el par no presentaba voltajes indeseados.
- La corriente que circula por el lazo de abonado en las pruebas realizadas se encuentra por encima de los 24mA y por debajo de 45 mA, lo cual indica que se encuentra entre los valores óptimos de funcionamiento, excepto los números 2655770 y 2654395 que presentaron valores más elevados de corriente de lazo (59.6 y 62.8 mA respectivamente). Se pudo apreciar que los valores de corrientes por debajo de los 30 mA corresponden a los pares medidos en el distribuidor analógico.
- La resistencia de aislamiento entre hilos y, entre cada hilo y tierra, resultaron en todos los casos ser mayores de 5 MΩ, lo cual indica que está en los niveles óptimos necesarios para un correcto funcionamiento y se verificó a su vez que cumple con el estándar ANSI.T1.413, el cual especifica que los valores de la resistencia de aislamiento (MΩ) medidas entre A-B, A-GND, B-GND deberán ser mayores a 5 MΩ.

- No se detectó la presencia de bobinas en los pares evaluados que pudiesen bloquear las señales DSL, ya que la presencia de una sola bobina en el par restringe la dotación del servicio ABA.
- La capacitancia medida entre los hilos y, entre los hilos y tierra resultó ser menor a  $2\mu\text{f}$  en las pruebas realizadas en la central digital y analógica, lo que indicó la inexistencia de cortos en el par que pudiesen afectar el servicio, si embargo se detectó que los números 265435, 2660354, 2675458, 2699360, 2657074, 2673219 y 2655770 presentaban desbalances capacitivos.
- En las pruebas realizadas a los pares con ABA, sólo una cantidad reducida de pares (2660354, 2686732, 2655070 y 2688917) arrojaron los valores más altos de ruido de fondo, sin embargo se mantienen por debajo del máximo permitido para números telefónicos con prestaciones banda ancha.
- No se detectaron eventos de ruido impulsivo mayores a  $-87\text{ dBm}$ , durante la realización de las mediciones con el Dynatel en cada uno de los pares.
- Sólo un número reducido de los pares medidos, arrojaron un balance longitudinal por debajo del valor recomendado ( $40\text{ dB}$ ). Los números 2654395, 2660354, 2675458, 2699360, 2657074, 2673219 y 2655770 fueron los pares con balance longitudinal bajo, lo que se evidencia en las mediciones de capacitancia para cada uno de estos números, que mostraron desbalances capacitivos, es decir, que la capacitancia medida entre A-T es diferente a la capacitancia medida entre los hilos B-T en cada uno de estos números, lo que produce ruido en el par, ocasionando a su vez la disminución de la S/N.

- La relación S/N en los pares medidos se mantuvo (en la mayoría de la mediciones realizadas) por debajo de los valores mínimos empleados por la empresa para bucles de abonado de distintas longitudes, a excepción de los números 2675429, 2654935, 2687938, 2654761, 2654912, 2650050, 2675987, 2675093 y 2650795 que arrojaron valores por encima del mínimo recomendado para las señales en sentido downstream/upstream, hay que resaltar que estos abonados están a menos de 1.8 Km. de la central y los números 2673336, 2674020 y 2675770 arrojaron valores superiores al mínimo necesario pero sólo para las señales upstream del servicio ADSL, estos abonados tiene una longitud superior a los 1.8 km.
- Los niveles de atenuación en los pares de longitudes mayores a los 2.2 Km, están por encima del máximo permitido para las señales ADSL en sentido downstream, lo que disminuye la transmisión de datos en ese sentido.
- Los valores de capacidad de la línea medidos en cada par con el Dynatel, arrojaron valores que se encuentran entre el 11 y 33 % de utilización de la línea para un elevado números de pares, a excepción de los números 2652178, 2687938, 2686505, 2655801 que arrojaron valores más altos (por encima del 40 %), lo que indica un menor margen de aceptación de ruido y una menor tolerancia a las perturbaciones de la línea para cada uno de estos números.

### **3.7. Resumen**

La precalificación podría ser la base de una renovación gradual de la red; además, daría los datos exactos de qué velocidades y a qué distancia se puede conectar a cada usuario, lo que permitiría tener una idea real de que pares son aptos para transmisión de datos ADSL (inclusive VDSL), por esta razón, en este capítulo se

describieron los diferentes tipos de prueba necesarias para analizar el bucle de abonado, en un orden lógico o secuencial, de manera que pueda ser interpretado rápidamente por el técnico que va a activar el servicio xDSL.

En el caso de que se note algo extraño en el enlace, que tenga problemas en sincronizar o que no sincronice el modem, el técnico contará con las herramientas necesarias para poder identificar y solucionar el problema, en el menor tiempo posible. Pruebas como análisis de ruido, de respuesta en frecuencia y distribución de bits, normalmente dan suficiente información para diagnosticar el posible problema.

$$\%Des = 0.08\%$$

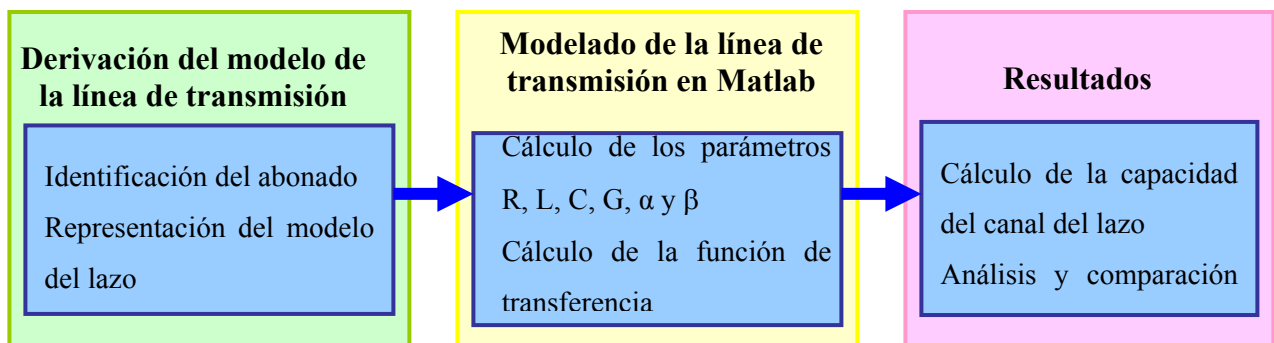
## CAPITULO 4

### MODELADO DEL LAZO DE ABONADO

#### 4.1. Caracterización del lazo de abonado

El lazo de abonado puede verse como una red de líneas de transmisión en un sistema de telecomunicaciones, y la conducta de la señal de propagación puede ser explicada mediante la teoría de líneas de transmisión. Siguiendo este criterio el modelado del lazo del suscriptor, se realizó en tres secciones, (ver figura 4.1):

- Modelado del par trenzado.
- Modelado de la estructura del lazo central.
- Modelado del NEXT y FEXT.
- Análisis de la capacidad de transmisión del canal (ver capítulo 5).



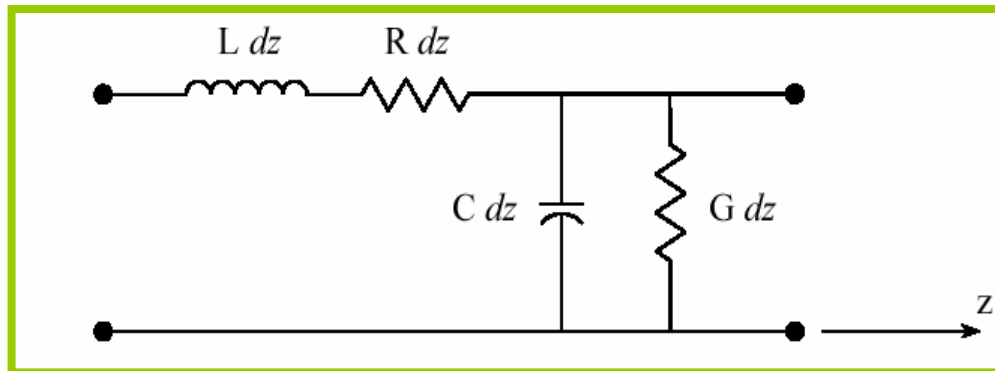
**Figura 4.1. Procedimiento empleado para la simulación. [Autor]**

## 4.2. Modelado del par trenzado

Las características más importantes del par trenzado son el tamaño del alambre y el tipo de aislamiento del cable, estas dos características son las que documentan ampliamente las clasificaciones del par trenzado. Otras clasificaciones encontradas son aquellas basadas en: la transmisión de bit (hay 5 clases basadas en el máximo soporte de bit), la temperatura ambiente, localización del cable (e.j., aéreo, enterrado, o enterrado con canalización), y de acuerdo al fabricante del cable. En Venezuela las medidas de los pares trenzados se especifican usando las designaciones dadas por el American Wires Gauge (AWG). Las medidas típicas para los lazos de abonado son 19, 22, 24 y 26 AWG, siendo el número AWG mayor el que corresponde al diámetro más pequeño del alambre.

El par trenzado para su estudio debe ser modelado según sus características eléctricas, específicamente la impedancia características  $Z_0(f)$  y la constante de propagación  $\gamma(f)$ . La impedancia característica es la variación del voltaje sobre la corriente que viaja en un par trenzado infinitamente largo (no hay retorno de señal). La parte real y la parte imaginaria de la constante de propagación son la función de atenuación  $\alpha(f)$  [Np/ m] y la función de fase  $\beta(f)$  [rad/ m] del par trenzado.

La función de atenuación y la fase expresan la cantidad de señal atenuada y los cambios de fase por unidad de longitud respectivamente que viajan a través del par. Las características eléctricas de los cables del par trenzado se definen usando el modelo clásico de una línea de transmisión. Este modelo incorpora un juego de cuatro parámetros por unidad de longitud, que incluye una inductancia y resistencia en serie y una capacitancia y conductancia shunt, mejor conocido como los parámetros de RLCC del cable, ver figura 4.2.



**Figura 4.2. Modelo de una línea de transmisión por unidad de longitud.** <sup>[29]</sup>

La inductancia serie representa la inductancia total propia de los dos conductores, y la capacitancia shunt se debe a la proximidad entre los dos conductores. La resistencia serie es debida a la conductividad finita de los conductores, y la conductancia shunt es originada por la pérdida en el dieléctrico del material entre los dos conductores. La  $R(f)$ ,  $L(f)$ ,  $C(f)$  y  $G(f)$  son definidas como resistencia por unidad de longitud ( $\Omega/m$ ), inductancia por unidad de longitud (H/m), capacitancia por unidad de longitud (F/m) y conductancia por unidad de longitud (Siemens/ m), respectivamente.

Las ecuaciones analíticas de los parámetros R, L, C, y G para líneas de alambre tranzado que son usadas como material del fondo para el desarrollo de la simulación son las siguientes:

#### 4.2.1. Capacitancia

La capacidad mutua de un par está dada por el arreglo geométrico de sus conductores en el núcleo del cable (cableado) y por último del material aislantes entre dichos conductores. [30]



$$C(f) = c\infty + c\sigma f^{-ce} \quad (\text{ec. 4.1})$$

#### 4.2.2. Resistencia

Este parámetro depende de varios factores como son: la longitud del conductor, su diámetro y el tipo de conductor usado, así como también depende de la temperatura ambiente, aunque en nuestro caso, este último factor no influye de manera determinante. [30]

$$R(f) = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt[4]{r\sigma^4 + \sigma f^2}} + \frac{1}{\sqrt[4]{r\sigma^4 + \sigma f^2}}} \quad (\text{ec. 4.2})$$

#### 4.2.3. Inductancia

Ocurre cuando fluye corriente sobre dos conductores metálicos adyacentes. [30]

$$L(f) = \frac{l_0 + l_\infty \left[ \frac{f}{fm} \right]^b}{1 + \left[ \frac{f}{fm} \right]^b} \quad (\text{ec. 4.3})$$

#### 4.2.4. Conductancia

Es producto del medio que separa los conductores. [30]

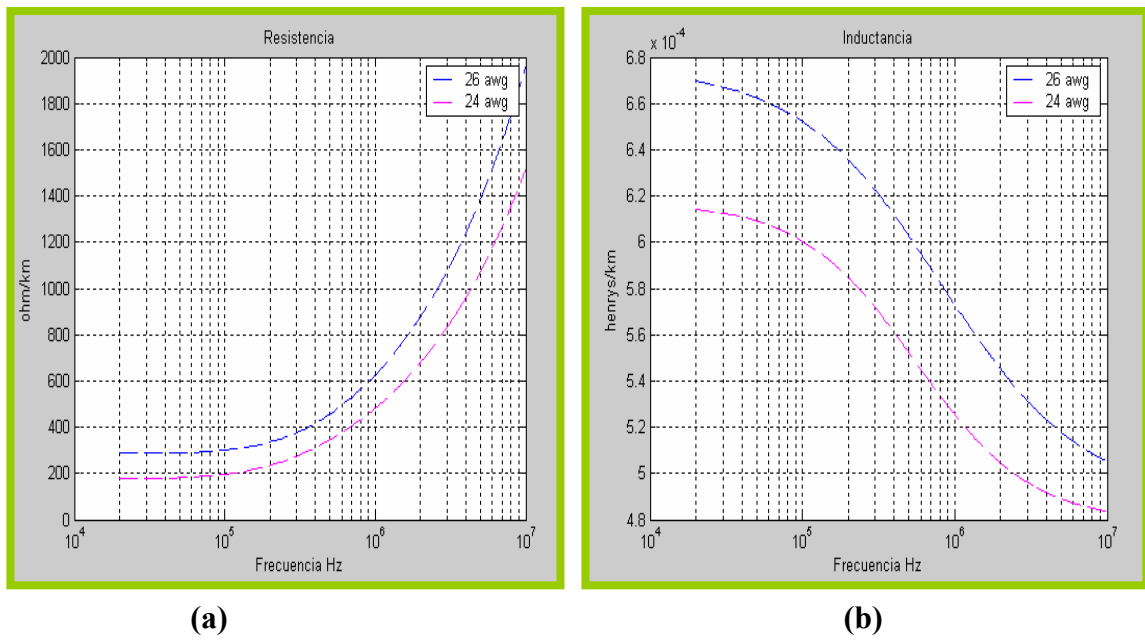
$$G(f) = g_0 f^{g_e} \quad (\text{ec. 4.4})$$

La  $r_{oc}$  es la resistencia de corriente continua,  $ac$  es la constante característica llamada también "efecto piel",  $l_0$  y  $l_\infty$  son la inductancia de baja y alta frecuencia,  $f_m$  es la frecuencia de corte y  $b$  es un parámetro que caracteriza la transición entre frecuencias bajas y altas en la inductancia,  $C_\infty$  es la llamada capacitancia "de contacto",  $C_0$ ,  $C_e$ ,  $g_e$ , y  $g_0$  son constantes escogidas para aproximar las medidas. Estas constantes de línea ( $r_{oc}$ ,  $r_\infty$ ,  $ac$ ,  $as$ ,  $l_0$ ,  $l_\infty$ ,  $b$ ,  $f_m$ ,  $C_\infty$ ,  $C_0$ ,  $C_e$ ,  $g_0$  y  $g_e$ ) son propiedades de un tipo de alambre en particular, el cable AWG 26 tiene constantes de línea diferentes al AWG 24 [30].

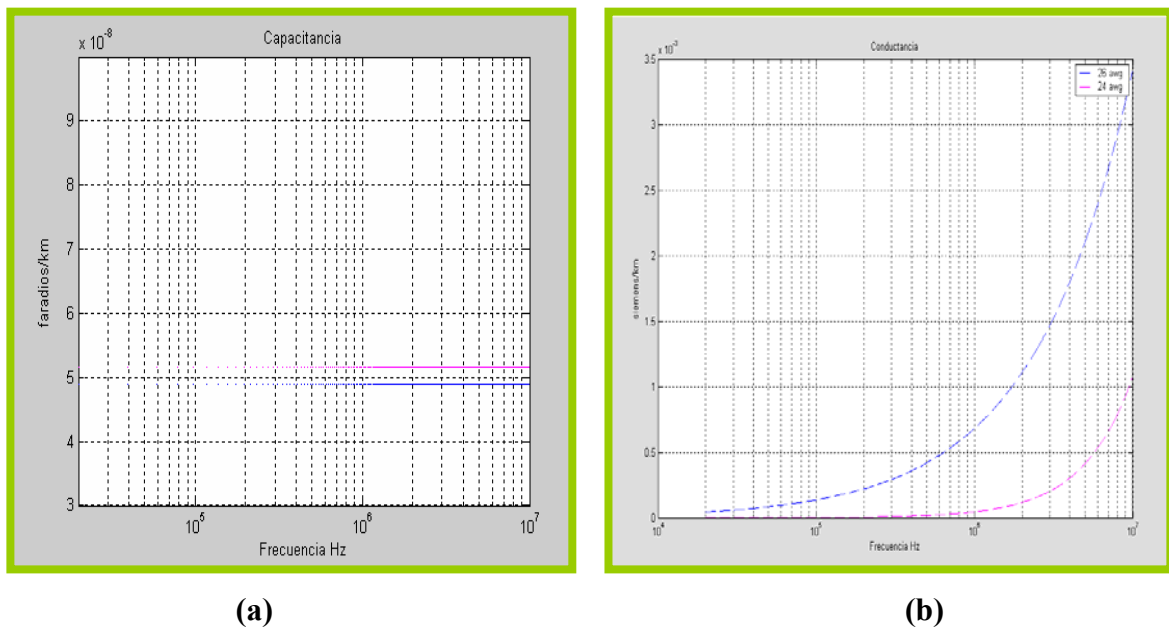
Estas constantes se muestran a continuación en la tabla 4.1, obtenidas del estándar ANSI T1.413. Evaluando estos valores en las ecuaciones 4.1-4.4 obtenemos la dependencia con la frecuencia de cada uno de los parámetros de la línea, ver figuras 4.3 y 4.4.

Tabla 4.1 Constantes de línea. [30]

Constantes de línea AWG # 26		AWG # 24
<i>roc</i> ( $\Omega / Km$ )		174.55888
286.17578		
<i>ros</i> ( $\Omega / Km$ )		$\infty$
$\infty$		
<i>ac</i> ( $\Omega^4 / Km / Hz^2$ )		0.053073481
0.14769620		
<i>as</i> ( $\Omega^4 / Km / Hz^2$ )	0	0
<i>l0</i> ( $H / Km$ )		6.1729593 e-4
6.756888 e-4		
<i>l<math>\infty</math></i> ( $H/Km$ )		478.97099 e-6
488.95186 e-6		
<i>b</i>		1.1529766
0.92930728		
<i>fm</i> ( $Hz$ )		553760,63
806338,63		
<i>C<math>\infty</math></i> ( $F/Km$ )	50 e-9	49
e-9		
<i>Ce</i>	0	0
<i>C0</i> ( $F/Km$ )	0	0
<i>g0</i> ( $mho/Hz.Km$ )	0.2348746 e-12	4.3
e-8		
<i>ge</i>		1.38
0.70		



**Figura 4.3. (a) Variación de la resistencia para los calibre 24 y 26 AWG (b) Variación de la inductancia para los calibre 24 y 26 AWG. [Autor]**



**Figura 4.4. (a) Variación de la capacitancia para los calibre 24 y 26 AWG (b) Variación de la conductancia para los calibre 24 y 26 AWG. [Autor]**

La relación entre los parámetros RLCG con  $Z_o(f)$  y  $\gamma(f)$  es [30]:

$$Z_o(f) = \sqrt{\frac{R(f) + j\omega L(f)}{G(f) + j\omega C(f)}} \quad (\text{ec. 4.5})$$

$$\gamma(f) = \alpha(f) + j\beta(f) = \sqrt{[R(f) + j\omega L(f)] * [G(f) + j\omega C(f)]} \quad (\text{ec. 4.6})$$

En la figura 4.5 se puede observar la variación de  $[Z_o]$  con la frecuencia, en este caso  $[Z_o]$  decrece hacia el valor de alta frecuencia, se puede notar una fuerte dependencia del valor y el comportamiento de los parámetros del lazo con la frecuencia. En altas frecuencias, la resistencia aumenta debido al efecto pelicular (skin), ya que la corriente penetra sólo una pequeña capa cercana a la superficie del conductor [30].

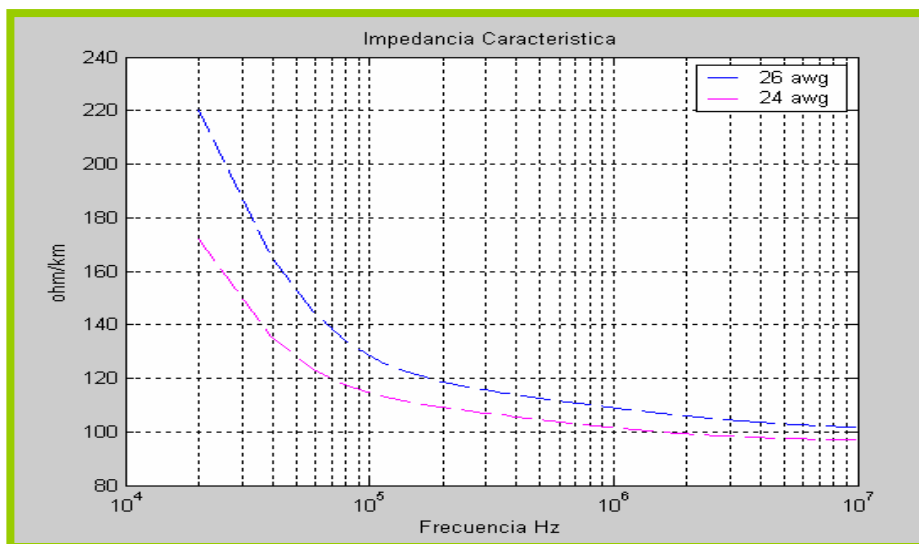
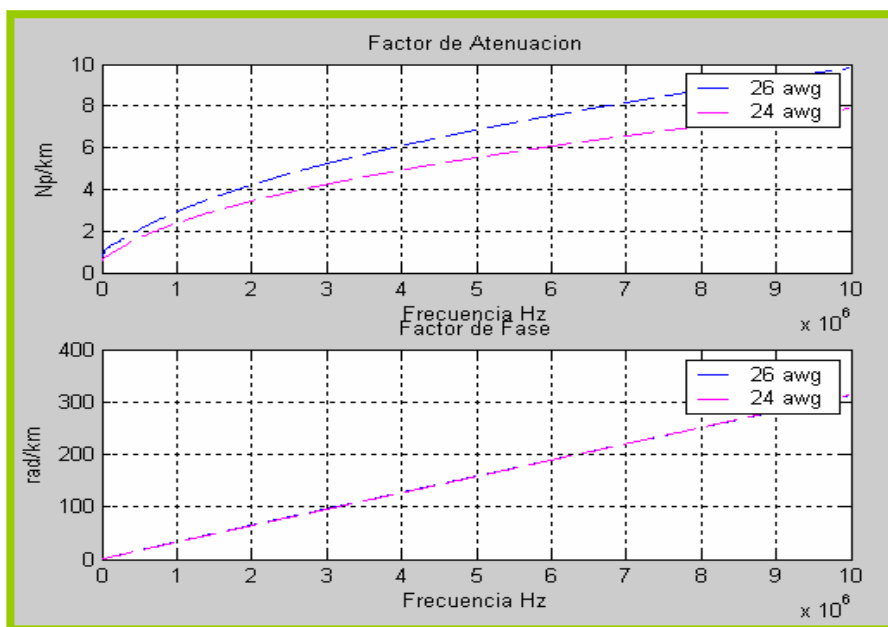


Figura 4.5. Impedancia característica para los calibre 24 y 26 AWG. [Autor]

En este trabajo la impedancia característica es la misma para los cables centrales 09 y 21 debido a que cada segmento es calibre 26 AWG y poseen el mismo tipo de aislamiento (polietileno), por lo cual los parámetros RLCG mantienen el mismo valor para cada cable independientemente de la longitud del lazo, esto se debe a que el valor de impedancia característica de la línea es función del tamaño, la geometría del conductor, del espaciamiento de los conductores y del dieléctrico usado entre los conductores.

En la figura 4.6 se muestra la constante de propagación de la línea en un rango determinado de frecuencias para los calibre 24 y 26 AWG.



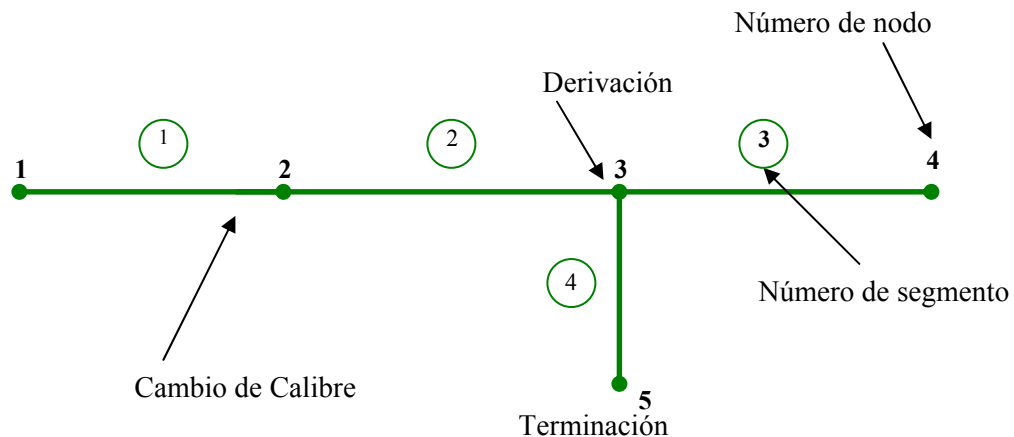
**Figura 4.6. Parte real e imaginaria de la constante de propagación. [Autor]**

La atenuación del lazo esta determinada principalmente por los diámetros del cable, la longitud de lazo, y la frecuencia de señal transmitida. Los diámetros mas usados son 0.4 mm (26 AWG) y 0.5 mm (24 AWG) y la longitud del lazo típica varía de 1.8 a 5.5 Km en Norteamérica, Europa, y Asia. Según la estadística de uso del

POTS, la pérdida de señal de voz típica en un lazo telefónico es de 3 a 6 dB por milla (1.6 km) dentro de la amplitud de banda de voz de 300 a 3300 Hz.

### 4.3. Modelado de la estructura del lazo

La estructura del lazo puede ser modelada como un grafico, (ver figura 4.7). Los vértices del grafico son referidos como nodos del lazo y los puentes del grafico representan los segmentos de par trenzado. Cada vértice del grafico es numerado con un simple número arábigo y cada puente es numerado con número arábigo dentro de un círculo. Los nodos del lazo y los segmentos del par trenzado son mostrados como “nodo #” y “segmento #” con su correspondiente numero de vértice y segmento. Los nodos de los lazos pueden ser clasificados en tres tipos: terminación, cambio de calibre, y derivaciones.



**Figura 4.7. Representación grafica del lazo de suscriptor.** <sup>[31]</sup>

Cada segmento de par trenzado (puente del gráfico) debe indicar el tipo de par trenzado y la longitud. Los nodos del lazo equivalen a los armarios de distribución y a las derivaciones. En este trabajo se asume que las conexiones son hechas en armarios de distribución y el último nodo es considerado un circuito abierto lo que indica que

el suscriptor no está conectado al lazo, y en consecuencia el análisis del nodo del suscriptor no se detalla en este trabajo.

Es necesaria una predicción exacta de la estructura del lazo y una identificación precisa de los parámetros del cable para detectar las posibles irregularidades que puedan presentarse en la planta telefónica como empalmes de distintos calibres y derivaciones sin terminar.

Para el desarrollo de la simulación y efectuar el análisis de la red se tomaron en cuenta dos cables centrales, con el fin de realizar una comparación de los resultados obtenidos y posteriormente realizar su análisis (ver sección 4.5). Los cables centrales son:

- CC-09 (1800'') con las siguientes longitudes: 2780 m desde el MDF hasta el ADS 33 y 1930 m desde el MDF hasta el ADS 34.
- CC-21 (2100'') con las siguientes longitudes: 2360 m desde el MDF hasta el ADS 05 y 1152 m desde el MDF hasta el ADS 15.

El cable central 21 pertenece al distribuidor digital, mientras que el cable central 9 pertenece al distribuidor analógico. Estos cables fueron los que originaron la mayor cantidad de averías durante el desarrollo de este trabajo. Estos cables centrales son calibre 26 AWG y poseen un aislamiento de polietileno en toda su trayectoria.

#### **4.4. Estimación de la función de transferencia**

La función de transferencia es una clasificación del lazo físico desde la central hasta el cliente. La estimación de la función de transferencia es importante ya que



permite realizar un análisis confiable de la capacidad del lazo local y también permite la aplicación de modelos más avanzados de ruidos tales como NEXT y FEXT.

La información del cable que se encuentre disponible (como los parámetros eléctricos primarios, las impedancias  $Z_{in}(f)$ ,  $Z_l(f)$  y  $Z_o(f)$ , etc) y el conocimiento sobre el modelado del cable conduce a una estimación razonable de la función de transferencia  $H(f)$ . El modelo de redes de dos puertos sirve como base para la estimación de la función de transferencia.

#### **4.4.1. Representación de redes de dos puertos**

En el análisis de redes que transportan datos en alta frecuencia, generalmente la teoría de circuitos clásica no puede ser usada directamente para resolver los problemas de las redes eléctricas debido a que las aproximaciones que consisten en considerar modelos de parámetros concentrados no son válidas en redes donde las dimensiones físicas de los elementos que la conforman son del orden de las longitudes de onda de la señal, teniendo así cambios significativamente grandes de voltaje y de fase a través de los componentes.

Los sistemas que transmiten datos en alta frecuencia son generalmente sistemas de parámetros distribuidos, y su análisis parte de la teoría electromagnética descrita por las ecuaciones de Maxwell y sus soluciones. Sin embargo, desde el punto de vista para facilitar una simulación numérica, la teoría de redes de dos puertos provee una descripción completa de cantidades terminales como son el voltaje y la corriente para determinar el desempeño de la red eléctrica en un amplio intervalo de frecuencias. Asimismo, la teoría de líneas de transmisión y la de acoplamiento de impedancias

ofrecen la base para el diseño de las redes de entrada y de salida en cada etapa de la red al obtener las especificaciones de las líneas.

Las redes eléctricas pueden ser descritas en función de las terminales externas que se encuentran disponibles para su medición y análisis. Dicho análisis tiene que ver con las características de la red total, no de los componentes individuales, es decir, se busca obtener una representación matemática completa de la red a través de los parámetros que pueden ser determinados en sus terminales externas y se usan para predecir la respuesta a cualquier fuente y carga conectada en sus terminales, o bien, para representar una red más grande formada por la interconexión de varias redes [32].

La red más común encontrada en el análisis y diseño de circuitos es la red de dos puertos o bipuerto, y es descrita por un conjunto de parámetros independientes que están relacionados con los voltajes y corrientes en sus terminales. Existen así dos parámetros por puerto, o un total de cuatro parámetros por todo el bipuerto (ver figura 4.8). Escogiendo dos parámetros de cualquiera de los cuatro como variables independientes se pueden obtener varias combinaciones posibles. De esta forma pueden obtenerse diversas representaciones de bipuertos, donde los parámetros de los mismos,  $Y$ ,  $Z$ ,  $G$  y  $H$ , entre otros, caracterizan de forma completa a la red. Con el propósito de obtener el modelo equivalente para efectuar la simulación numérica, se requiere determinar la configuración de los elementos de la red para así representarla apropiadamente como una interconexión de bipuertos.

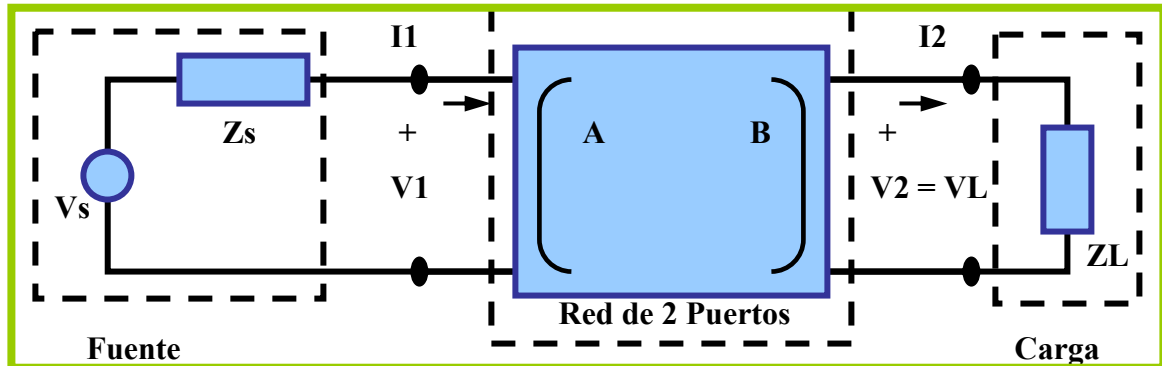


Figura 4.8. Representación de una red de 2 puertos. <sup>[32]</sup>

Para una red de dos puertos (línea de transmisión con 1 rama) la representación ABCD para este circuito es muy útil para el cálculo de funciones de transferencia del canal. En la figura 4.8, la relación entre  $V_1$ ,  $I_1$ ,  $V_2$  y  $I_2$  (el voltaje de entrada y la corriente y el voltaje de salida y la corriente de una red de dos puertos) en general puede ser representada como [32]:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (\text{ec. 4.7})$$

Donde A, B, C y D son constantes. Si existe una cascada de circuitos de dos puertos, la representación ABCD de este circuito es el producto de las matrices ABCD para los circuitos individuales de dos puertos. Usando el modelo ABCD, la función de transferencia es definida como [32]:

$$H(f) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{Z_L}{AZ_L + B + CZ_L Z_S + DZ_S} \quad (\text{ec. 4.8})$$

La impedancia de la fuente  $Z_s$  se asume puramente resistiva con un valor de  $120\Omega$ , en la figura 4.9 se muestra el arreglo, el circuito ha sido dividido en cuatro subcircuitos de dos puerto y para cada subcircuito es posible calcular una matriz ABCD. [32]

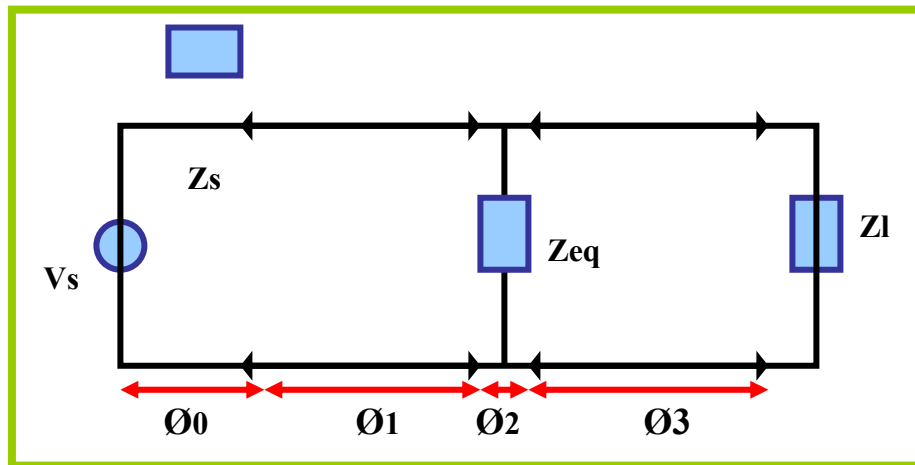


Figura 4.9. Circuito equivalente para una red de 2 puertos. [32]

La matriz de transmisión para cada subcircuito, quedan de la siguiente manera [32]:

$$\Phi_0 = \begin{bmatrix} 1 & Z_s \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{ec. 4.9})$$

$$\Phi_1 = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma_1 d_1) & Z_1 \sinh(\gamma_1 d_1) \\ \frac{1}{Z_1} \sinh(\gamma_1 d_1) & \cosh(\gamma_1 d_1) \end{bmatrix} \quad (\text{ec. 4.10})$$

$$\Phi_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_{eq}} & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{ec. 4.11})$$

$$\Phi_3 = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma_2 d_2) & Z_2 \sinh(\gamma_2 d_2) \\ \frac{1}{Z_2} \sinh(\gamma_2 d_2) & \cosh(\gamma_2 d_2) \end{bmatrix} \quad (\text{ec. 4.12})$$

Es posible establecer la impedancia de carga en el extremo lejano para sistemas ADSL en  $100 \Omega$ , según la recomendación del estándar ITU-T G.992.1 para sistemas con tecnología ADSL. La G 992.1 de ITU-T (G.dmt) es la versión casi idéntica del ANSI T1.413-1998. Las diferencias principales entre G.dmt y ANSI T1.413-1998 son: G.dmt define la operación DMT basada ADSL en regiones diferentes como Norteamérica, Europa, y Asia, mientras que ANSI T1.413-1998 define la operación sólo en Norteamérica.

El lazo local puede tener innumerables terminaciones, pero típicamente son un teléfono o un módem. El gran problema con las terminaciones es que toda y cada clase de terminación tiene características individuales y causará ecos diferentes. Sin embargo para la realización de este trabajo la impedancia de carga para el extremo lejano se asume infinita, es decir, circuito abierto (originando que el análisis del circuito del suscriptor pueda ser evaluado en trabajos posteriores) y se calcula según la ecuación 4.13, y  $Zl(f)$  para el segmento siguiente es agregada al  $Z_{eq}$  del próximo segmento [33].

$$Z_{oc} = Z_{oc} \coth(\gamma d) = \frac{Z_o}{\tanh(\gamma d)} \quad (\text{ec. 4.13})$$

Para cada segmento del par trenzado, su impedancia de entrada  $Z_{eq}$  con longitud  $d$  en metros y la impedancia de carga  $Z_L$ , es calculada por la ecuación 4.14 [33].

$$Z_{eq} = Z_0 \frac{Z_L + Z_0 \tanh(\gamma d)}{Z_0 + Z_L \tanh(\gamma d)} \quad (\text{ec. 4.14})$$

La función de transferencia A, B, C y D puede ser calculada como [32]:

$$\Phi 1 . \Phi 2 . \Phi 3 . \Phi 4 = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \quad (\text{ec. 4.15})$$

Es importante calcular la función de transferencia para ser capaz de realizar un análisis confiable de la capacidad del canal.

#### 4.5. Modelado del NEXT y FEXT

Uno de los problemas que puede afectar la transmisión xDSL es la intermodulación o crosstalk (algunos aún utilizan el término diafonía, heredado de la época de la telefonía analógica básica). Las señales eléctricas transmitidas, como señal modulada, por un par de cobre irradian parte de su energía a pares de vecinos (especialmente a altas frecuencias). En la red telefónica se tienen múltiples pares que viajan juntos y se tienen sistemas que transmiten y/o reciben información en el mismo rango de frecuencias, que pueden crear interferencias significativas entre sí. La intermodulación puede ser categorizada en dos tipos: FEXT y NEXT.

Para aquellos sistemas en los que ocurran a la vez los dos fenómenos, el NEXT será en general mucho más importante, porque la señal que lo produce posee alta

energía y puede inducir señales indeseadas a la señal primaria. En xDSL este es un factor importante por la gran cantidad de generadores, de potencias relativamente altas, que se encuentran en los elementos de red de la central. Del lado del abonado residencial, este no es un gran problema porque normalmente no se tienen múltiples sistemas de transmisión concentrados en un mismo lugar.

El FEXT no es un problema significativo para xDSL, ya que las señales provenientes de la central llegan ya atenuadas y la señal de usuario tiene alta potencia, es decir, la relación Señal/Ruido es alta. Comúnmente, el usuario no tiene otros servicios de alta potencia instalados en el mismo ancho de banda.

Para evaluar la interferencia PSD de una función FEXT y NEXT, es necesario conocer la función PSD del servicio utilizado (ver figura 4.10). Para el cálculo del NEXT y FEXT de un interferente PSD dado, las ecuaciones indicadas se han puesto en ejecución en Matlab (véase el anexo B). Los cálculos de la interferencia fueron hechas para líneas ADSL y para efectos de este trabajo se realizó el cálculo para 24 interferentes ( $n=24$ ). La interferencia del ADSL ocurre en pares que pertenecen al mismo grupo. [34]

#### 4.5.1 PSD de ADSL Upstream

El PSD de ADSL Upstream [34] se expresa como:

$$PSD_{ADSL-Dist} = K_{ADSL} * \frac{2}{f_0} * \frac{\left[ \sin\left(\frac{\pi f}{f_0}\right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_0}\right)^2} * |LPF(f)|^2 * |HPF(f)|^2$$

(ec. 4.16)

Donde:

$$f_o = 276 * 10^3 \text{ Hz},$$

$$K_{ADSL} = 0.0437 \text{ Watts}$$

$f_o$  es la frecuencia de muestreo en el Hertz.

$K_{ADSL}$  es la potencia total transmitida en Watts

Existe un filtro pasabajo con 3 dB a 138 Khz, dando como resultado [34]:

$$|LPF(f)|^2 = \frac{f_h^\alpha}{f^\alpha + f_h^\alpha} \quad (\text{ec. 4.17})$$

Donde:

$$f_h = 138 * 10^3 \text{ Hz}$$

$$\alpha = \frac{24}{10 \log(181.125 / 138)} = 20.32$$

Un filtro pasaalto con 3 dB en 4 y 25.875 Khz

$$|HPF(f)|^2 = \frac{f_h^\alpha + f_l^\alpha}{f^\alpha + f_h^\alpha} \quad (\text{ec. 4.18})$$

Donde:

$$f_l = 4000 \text{ Hz}$$

$$f_h = 25875 \text{ Hz}$$

$$\alpha = \frac{59.5}{10 \log \frac{f_h}{f_l}} = 7.34$$



#### 4.5.2. PSD de ADSL Downstream

El PSD de ADSL en sentido descendente [34] se expresa como:

$$PSD_{ADSL-Dist} = K_{ADSL} * \frac{2}{f_0} * \frac{\left[ \sin\left(\frac{\pi f}{f_0}\right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_0}\right)^2} * |LPF(f)|^2 * |HPF(f)|^2$$

(ec. 4.19)

Donde:

$$f_o = 2.208 * 10^6 \text{ Hz},$$

$$K_{ADSL} = 0.1104 \text{ Watts}$$

$f_o$  es la frecuencia de muestreo en el Hertz.

$K_{ADSL}$  es la potencia total transmitida en Watts

Existe un filtro pasabajo con 3 dB en 1104 Khz, dando como resultado [34]:

$$|LPF(f)|^2 = \frac{f_h^\alpha}{f^\alpha + f_h^\alpha} \quad (\text{ec. 4.20})$$

Donde:

$$f_h = 1.104 * 10^6 \text{ Hz}$$

$$\alpha = \frac{36}{10 \log(2)} = 11.96$$

Un filtro pasaalto con 3 dB en 4 y 25.875 KHz, separa el ADSL de los POTS.

$$|HPF(f)|^2 = \frac{f_h^\alpha + f_l^\alpha}{f^\alpha + f_h^\alpha} \quad (\text{ec. 4.21})$$

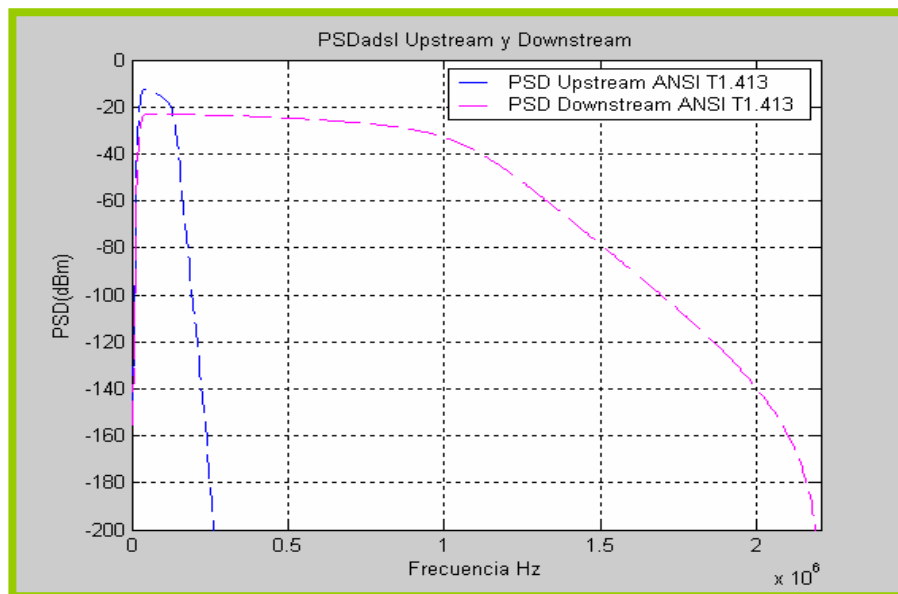
Donde:

$$f_l = 4000 \text{ Hz}$$

$$f_h = 25875 \text{ Hz}$$

$$\alpha = \frac{57.5}{10 \log \frac{f_h}{f_l}} = 7.09$$

Con este sistema de parámetros el PSDADSL-Dist es el PSD de un transmisor en sentido descendente que utiliza todas las subportadoras [34].



**Figura 4.10. PSD's Upstream y Downstream. [Autor]**

### 4.5.3. Next

La señal upstream de ADSL nominalmente ocupa la banda de 25 a 138 KHz (ver figura 4.11) pero las señales superiores a los 138 KHz también pueden contribuir con el NEXT en la señal downstream. Su efecto dependerá de la potencia usada en el transmisor remoto.

El PSD del ADSL NEXT en el sentido upstream y downstream (ver figura 4.12) se define como [34]:

$$PSD_{ADSL-NEXT} = PSD_{ADSL-Dist} * (X_n * f^{3/2}) \quad (\text{ec. 4.22})$$

Donde:

$$X_n = 8.818 * 10^{-14} * (n / 49)^{0.6}$$

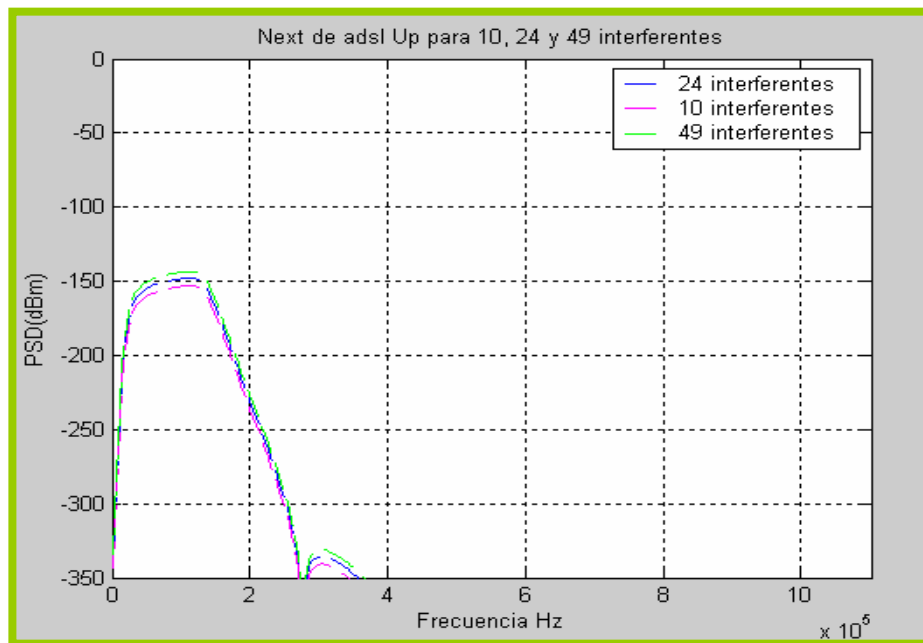


Figura 4.11. Next Upstream para 10, 24 y 49 interferentes. [Autor]

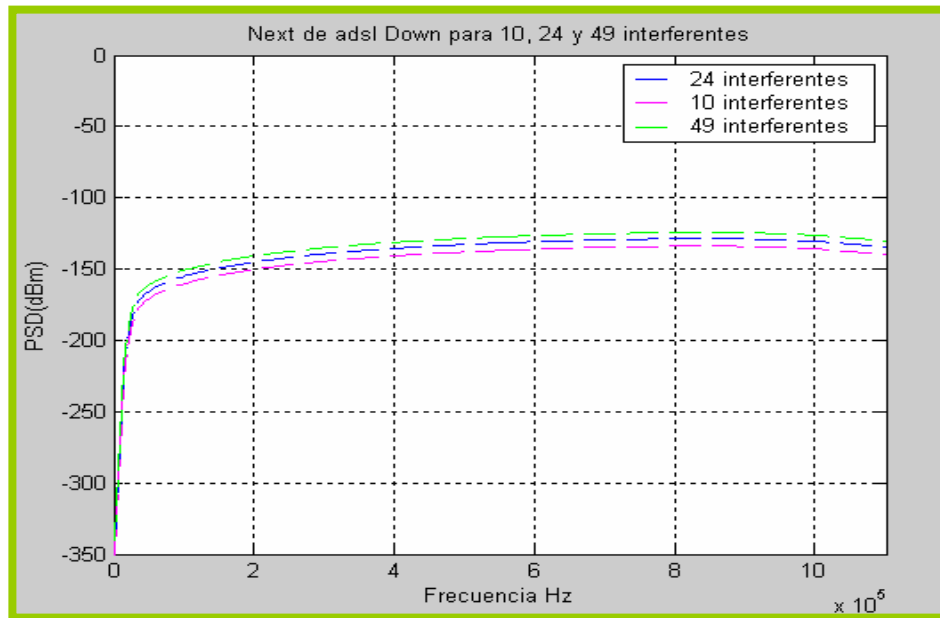


Figura 4.12. Next Downstream para 10, 24 y 49 interferentes. [Autor]

#### 4.5.4. Fext

El modelo del FEXT es [34]:

$$|H_{FEXT}(f)|^2 = |H_{channel}(f)|^2 * k * d * f^2 \quad (\text{ec. 4.23})$$

Donde:

$H_{channel}(f)$ : Es la función de transferencia del canal.

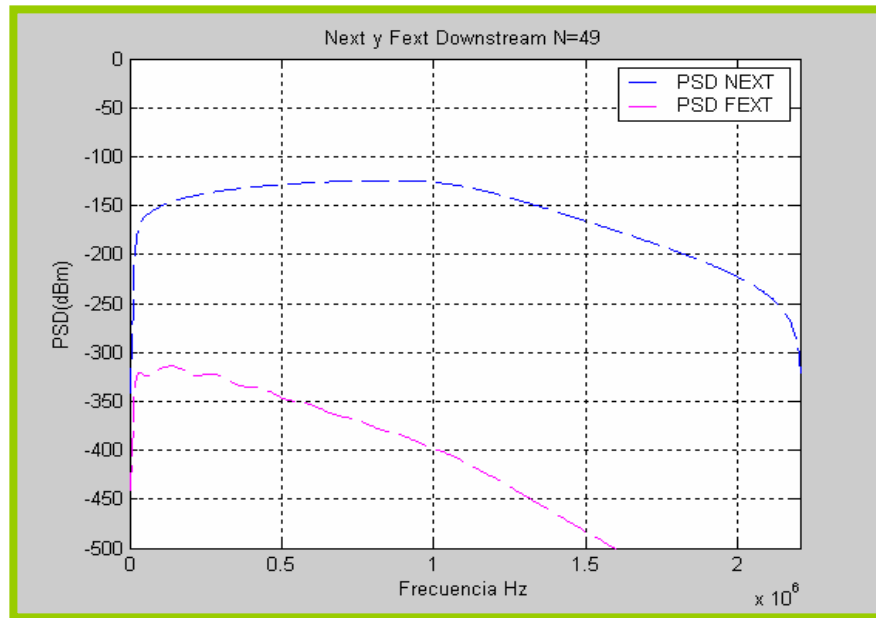
$k$ : es la constante de acoplamiento que para  $n < 50$  es igual a:  $8 * 10^{-20} * (n/49)^{0.6}$

$d$ : es la longitud del acoplador en Km.

$f$ : es en Hz.

Por lo tanto el PSD del ruido FEXT es [27]:

$$PSD_{ADSL-FEXT} = PSD_{ADSL-Dist} * |H_{FEXT}(f)|^2 \quad (\text{ec. 4.24})$$



**Figura 4.13. NEXT y FEXT para 49 interferentes. [Autor]**

#### 4.6. Lazos de abonados analizados

Existen modelos de canal estandarizados que se utilizan para realizar pruebas y simulaciones a los sistemas ADSL, estos modelos se conocen como *CSA Loops* (Carrier Services Area Loops) y tienen varias configuraciones de derivaciones, calibres y longitudes, sin embargo para el desarrollo de este trabajo los bucles de prueba que se van emplear en la simulación se obtienen de la empresa CANTV y corresponden al plano de la red central de Puerto La Cruz.

Es importante destacar que este trabajo está basado en medidas reales de pares trenzados de distintas longitudes y calibre 26 AWG (0.4 mm) de la red de planta externa de CANTV (Centro Operativo Anzoátegui I), y a partir del cual se construyeron los diferentes modelos de la red, con el fin de determinar las características de los bucles telefónicos a modelar (distancia, calibres y derivaciones) y evitar las posibles irregularidades que puedan presentarse en la planta telefónica.

Los bucles de pruebas son dos cables que salen del distribuidor principal (uno del digital y el otro del analógico) de la central Puerto La Cruz (8151), conocida como centro operativo Anzoátegui I, que abarca los seriales 267, 268, 265, 269 (central digital) y 266 (central analógica). En la figura 4.14 y 4.15 se muestran los bucles de prueba.

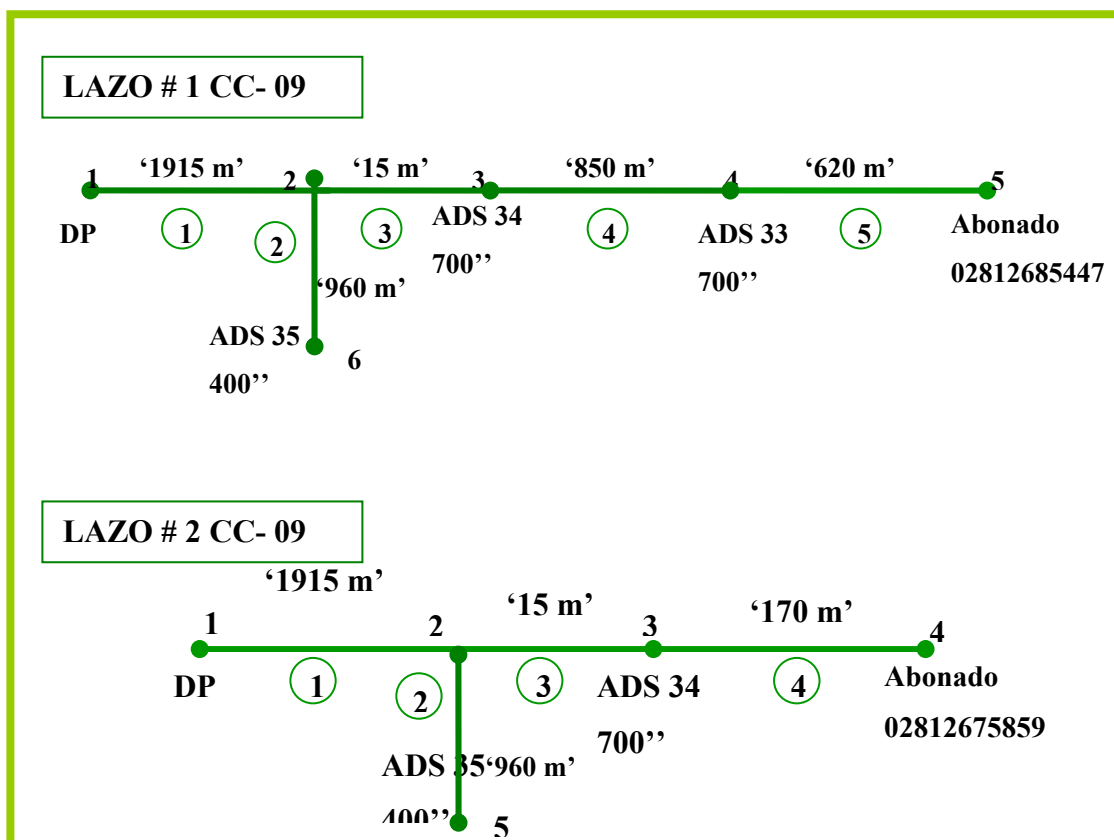


Figura 4.14. Estructura de los bucles de prueba (CC-09). [Autor]

En la figura 4.16 se muestra el plano del centro operativo Anzoátegui I, esta red cubre toda la zona de Puerto la Cruz (desde el sector Guaraguao hasta el sector Bella Vista, incluyendo parte de la urbanización Chuparín y el sector Paraíso), para más detalle en el anexo D se muestra el plano en su tamaño real.

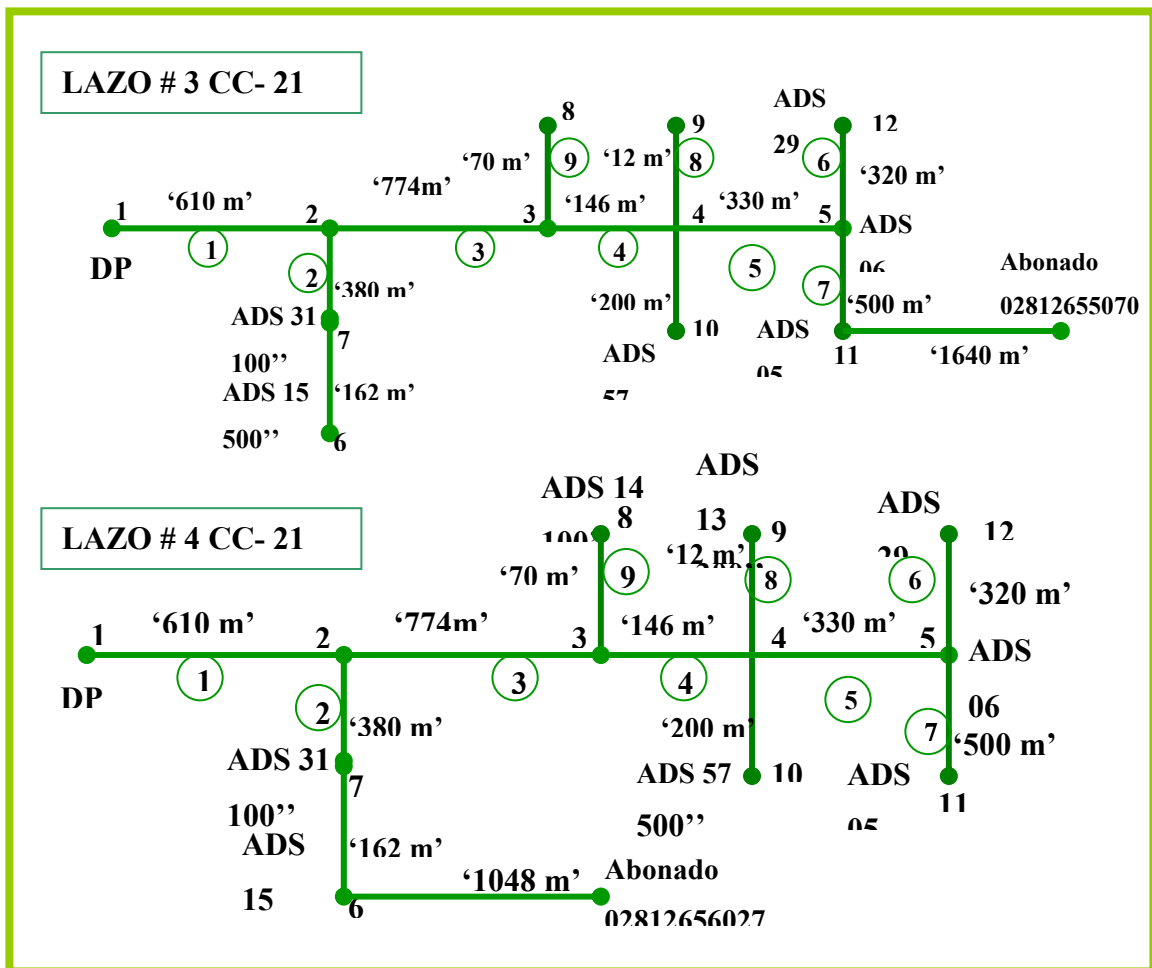


Figura 4.15. Estructura de los bucles de prueba (CC-21). [Autor]

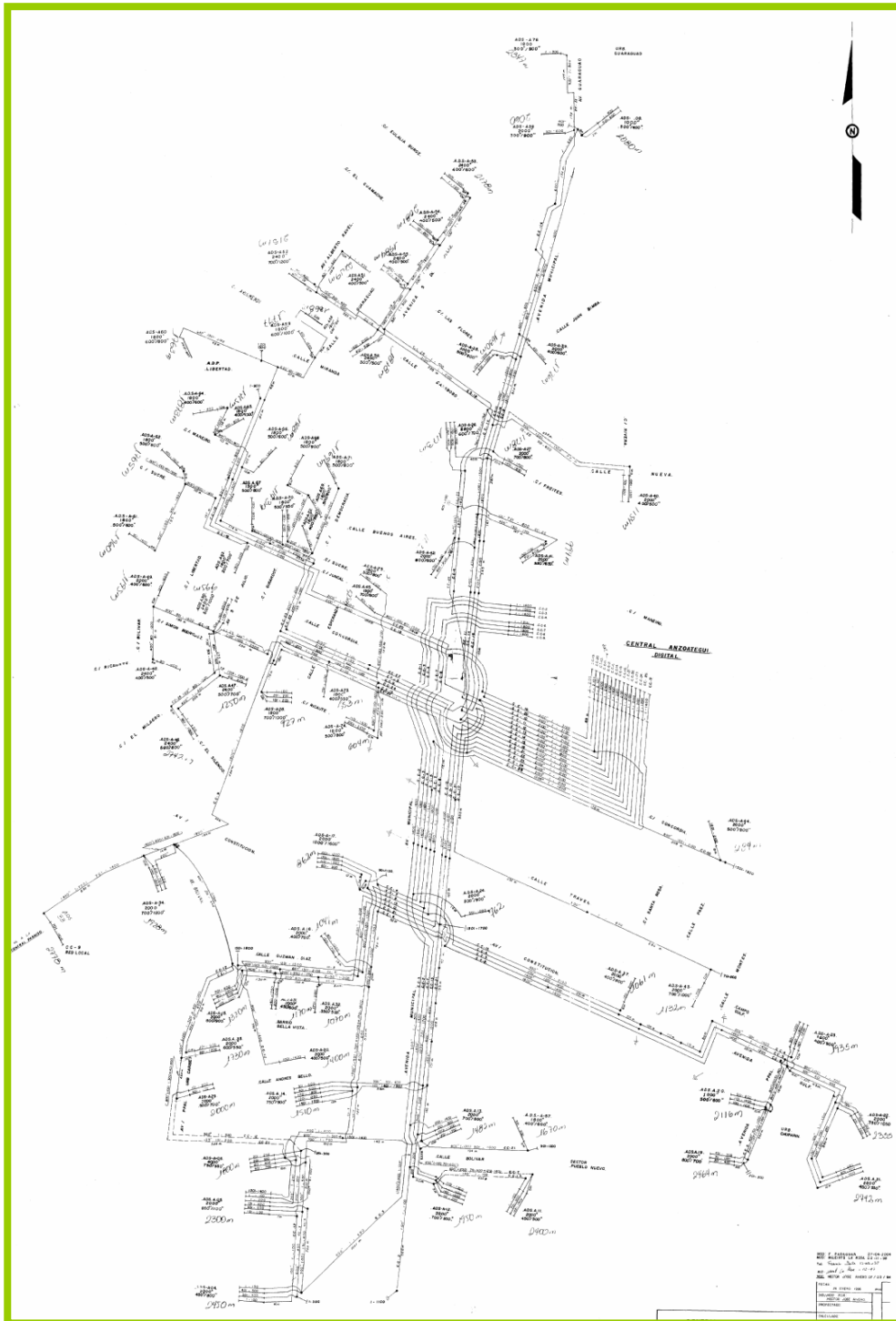


Figura 4.16. Plano de la Red del Centro Operativo Anzoátegui I. [35]



## **CAPITULO 5**

### **PROPUESTA PARA LA ESTIMACION DE ANCHO DE BANDA Y DE MEJORAS EN LA INFRAESTRUCTURA PARA EL INCREMENTO DE LA CAPACIDAD Y DE SERVICIOS**

#### **5.1. Análisis de la capacidad del canal**

En este capítulo se realizará primero la simulación de varios lazos de abonados tomando en cuenta las condiciones reales de operación (obtenidos a partir de las mediciones realizadas), para luego realizar la estimación de la velocidad de transmisión de los pares, con el fin de obtener una aproximación de la capacidad real de los abonados analizados.

##### **5.1.1. Simulación del lazo de abonado**

El sistema ADSL se caracteriza por poder adaptarse a las condiciones del medio de transmisión y conservar un nivel de calidad mínimo impuesto, para que las condiciones de la conexión no afecten la calidad de la transmisión, sino solo la velocidad de transferencia máxima alcanzable sobre un bucle determinado. Tomando en consideración los valores mínimos de operación de sistemas ADSL descritos en los capítulos anteriores es posible analizar los factores que influyen en las transmisiones ADSL, aunque estos factores son muchos y de diversa índole; para los efectos de este trabajo, he determinado analizar la atenuación, el ruido blanco aditivo gaussiano y la diafonía.

La simulación se realiza utilizando el programa Matlab, el primer cálculo que realiza el programa, es el de la matriz de transmisión T y sus parámetros A, B, C, D tomando en cuenta las características eléctricas de cada uno de los tramos del bucle (como se describió en la sección 4.3), después se obtiene la función de transferencia del lazo del suscriptor analizado (coeficientes del canal de transmisión), en el rango de frecuencias establecidos por la tecnología ADSL (0-1.1Mhz), luego se crea un vector de entrada de acuerdo al gráfico de asignación de bits, para formar los 256 vectores de diferentes tamaños (un vector para cada subportadora o tono DMT). Es importante resaltar que en este análisis la asignación de bits se obtiene a partir de la gráfica de bits del Dynatel 965 DSP al abonado en estudio, lo que permite el cálculo de la relación señal ruido presente en cada subportadora [36], mediante la ecuación 4.25, esto se debe a que en este programa no se implementa el periodo de inicialización y prueba empleado por los modems, que es necesario para calcular la relación señal a ruido que se utiliza para poder determinar el numero de bits que puede transportar cada subcanal.

$$b(i) = \log_2[1 + snr(i) * g / \gamma * m] \quad (\text{ec. 5.1})$$

Donde:

**b(i)** es el número de bits en el subportador *ith*.

**i** es el índice de la subportadora que va de 0 a N - 1; N es el número de subportadoras total utilizables; siendo el máximo N = 256.

**snr (i)** es la SNR por subportadora. [36]

$$SNR (dB) = 10 * \log_{10} [snr (i)] \quad (\text{ec. 5.2})$$

- $\gamma$  es una constante determinada por la tasa de error de bit (BER) requerida para el análisis, por ejemplo  $\gamma = 9.8$  para un  $BER = 10^{-7}$ .

- $g$  es la ganancia proporcionada por la codificación de corrección de errores de Reed-Salomón para hacer el sistema más robusto contra el ruido impulsivo.
- $m$  representa la cantidad que se puede incrementar el ruido en relación con la potencia de ruido que el sistema está diseñado para tolerar ( $m=6$  dB).

Otra operación que realiza el programa es el cálculo de las densidades de potencia espectrales (PSD) en sentidos usuario-red y red-usuario para cada uno de los canales, y a partir de esos resultados se calcula la diafonía NEXT.

Por último, el programa desarrolla una operación de convolución entre los coeficientes del canal y la SNR de cada subportadora, adicionando en el cálculo el efecto del ruido de fondo (AWGN) y el NEXT calculado (figura 5.1). El resultado del programa permite obtener los valores de la cantidad de bits de cada subportadora y en función de ellas la del sistema total; para luego compararlas con las prestaciones teóricas máximas.

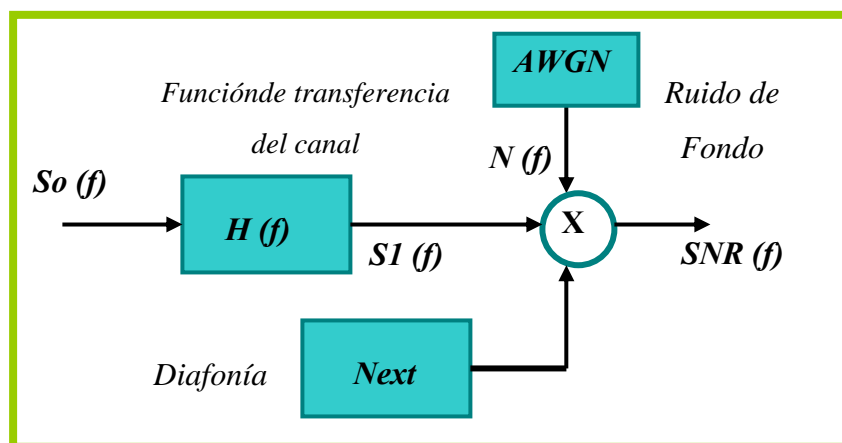


Figura 5.1. Esquema utilizado para la simulación. [Autor]

La tabla 5.1 muestra la relación entre la razón bits/símbolo y la SNR necesaria del subcanal en dB. Un bit es añadido a la b(i) asignada si la SNR (dB) aumenta 3 dB en la subportadora del canal; esto es la regla de "un-bit-por-3-dB".

**Tabla 5.1 Número de bits/símbolo y SNR para un BER=  $10^{-7}$ .** [36]

Bits/ Símb	SNR	Bits/ Símb	SNR	Bits/ Símb	SNR
1	9	6	27	11	42
2	14	7	30	12	45
3	19	8	33	13	48
4	21	9	36	14	51
5	24	10	39	15	54

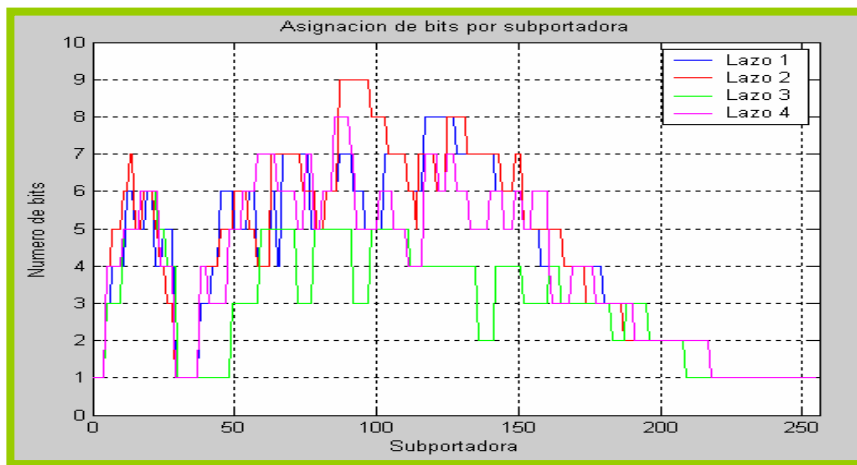
El algoritmo utilizado para el desarrollo de la simulación se muestra con detalle en el anexo B. Algunos de los parámetros que se van a cargar en el programa se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 5.2 Parámetros de la simulación. [Autor]**

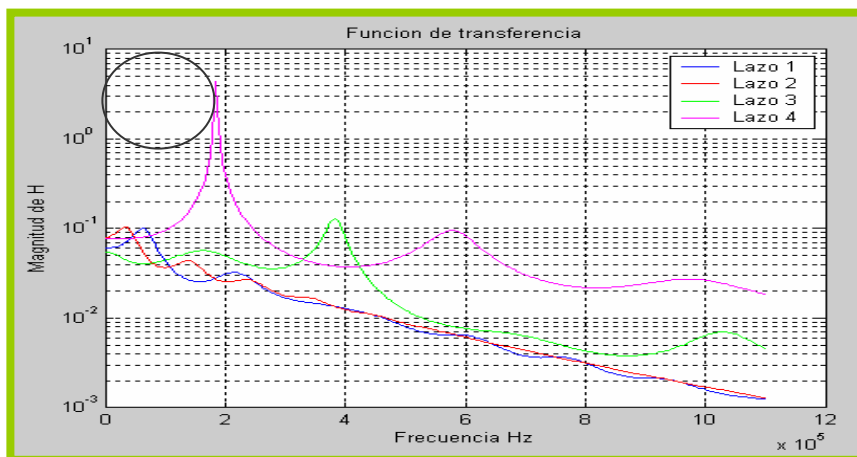
Parámetro	Lazo #1	Lazo #2	Lazo #3	Lazo #4
Tonos DMT	256	256	256	256
Ancho del tono (Khz)	4.3125	4.3125	4.3125	4.3125
Tipo de cable (AWG)	26	26	26	26
Impedancia de carga	CA	CA	CA	CA
Ruido Fondo (dBm/ Hz)	-80	-78	-78.5	-72
Máximo bits/tono	8	9	6	8

En la figura 5.2 se muestra la asignación de bits para cada abonado, esta gráfica fue realizada en matlab a partir de los datos obtenidos del Dynatel 965 DSP, lo que

indica la carga de bits inicial de los lazos antes de ser sometidos a los efectos del ruido AWGN y el NEXT. Más adelante en la figura 5.3 se muestra la gráfica de la respuesta en frecuencia para cada lazo analizado, se puede apreciar que para la banda de frecuencias entre 30 y 250 KHz existe un rizado producto de la adaptación de impedancias (por el hecho de que los segmentos son de distintas longitudes), ocasionando pérdidas suplementarias en la línea, afectando de esta manera el espectro de frecuencias de subida de ADSL.



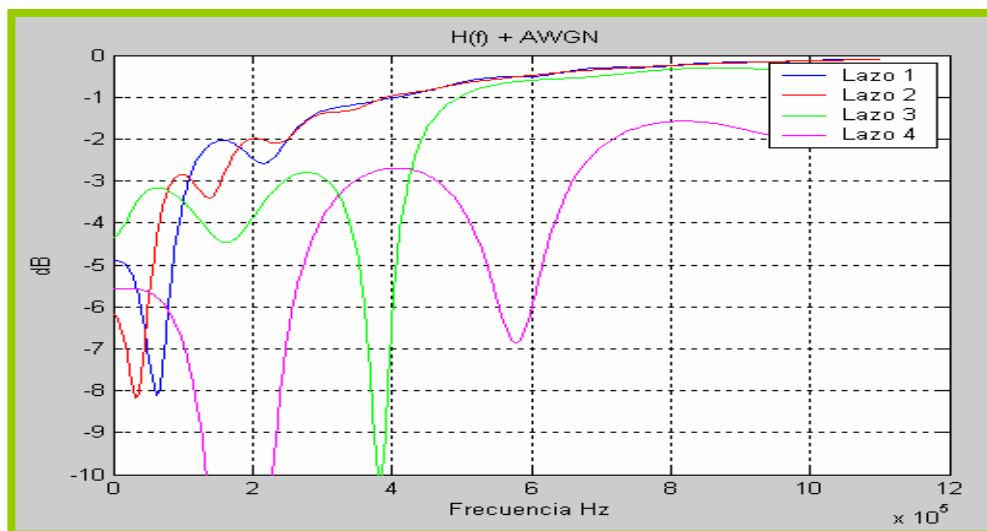
**Figura 5.2.** Asignación de bits de cada lazo medido con el Dynatel 965. [Autor].



**Figura 5.3.** Respuesta en frecuencia de cada lazo. [Autor]

### Adición de AWGN

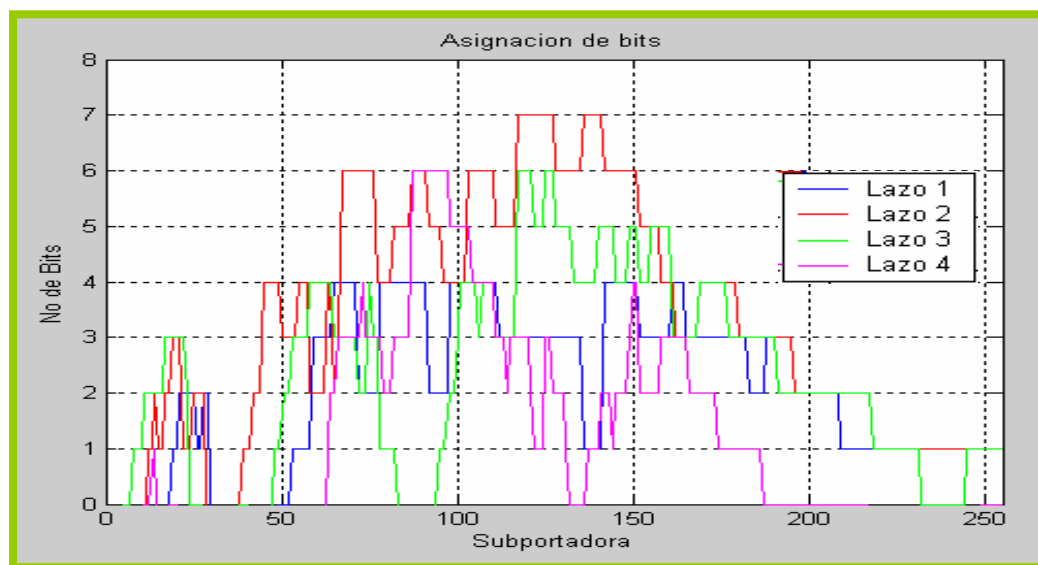
En la figura 5.4 se observa que al añadir a la función de transferencia el efecto del ruido de fondo (AWGN) medido en cada lazo, se produce una disminución en la calidad de transmisión del par, siendo este efecto más notorio en los bucles de mayor longitud (ver lazo # 4), lo que reduce la calidad de respuesta del cable en el sentido descendente, debido a que disminuye la cantidad de bits que pueden ser transmitidos a frecuencias más altas.



**Figura 5.4.  $H(f) + AWGN$  para cada lazo. [Autor]**

La gráfica 5.5 indica la cantidad de bits en el receptor en los canales upstream y downstream. Analizando los mismos podemos ver que el canal upstream resulta menos atenuado por encontrarse en las frecuencias 25,875 KHz y 134KHz. Siguiendo el mismo razonamiento el canal downstream, entre 138KHz y 1.104KHz se encuentra fuertemente atenuado a partir de los 680 KHz aproximadamente, por lo cual las subportadoras QAM son restringidas por el sistema ADSL, limitando así seriamente la capacidad de este canal.

Puede apreciarse con más claridad en los lazos, que a partir de la subportadora 150 comienza una disminución de la cantidad de bits y a partir de los 800 Khz (subportadora 200), un máximo de 2 bits son transmitidos, sin embargo los lazos de menor longitudes tienen un mayor un mayor rendimiento en la carga de bits. Se puede apreciar la gran dependencia que tiene el patrón de asignación de bits con la respuesta en frecuencia del cable, por lo que al originarse una degradación de la función de transferencia ocurre una pérdida en la tasa de datos de manera proporcional.



**Figura 5.5. Asignación de bits después de agregarle ruido AWGN. [Autor]**

En la tabla 5.3 se muestra la capacidad de salida de los bucles analizados, donde se puede apreciar al comparar el valor de entrada con el valor de salida que a medida que aumenta la distancia y al aplicar el ruido de fondo al abonado se produce una disminución del caudal de datos transmitidos en ambos sentidos durante el enlace (se reduce a un poco más de la mitad).

**Tabla 5.3 Caudal de salida de cada lazo. [Autor]**

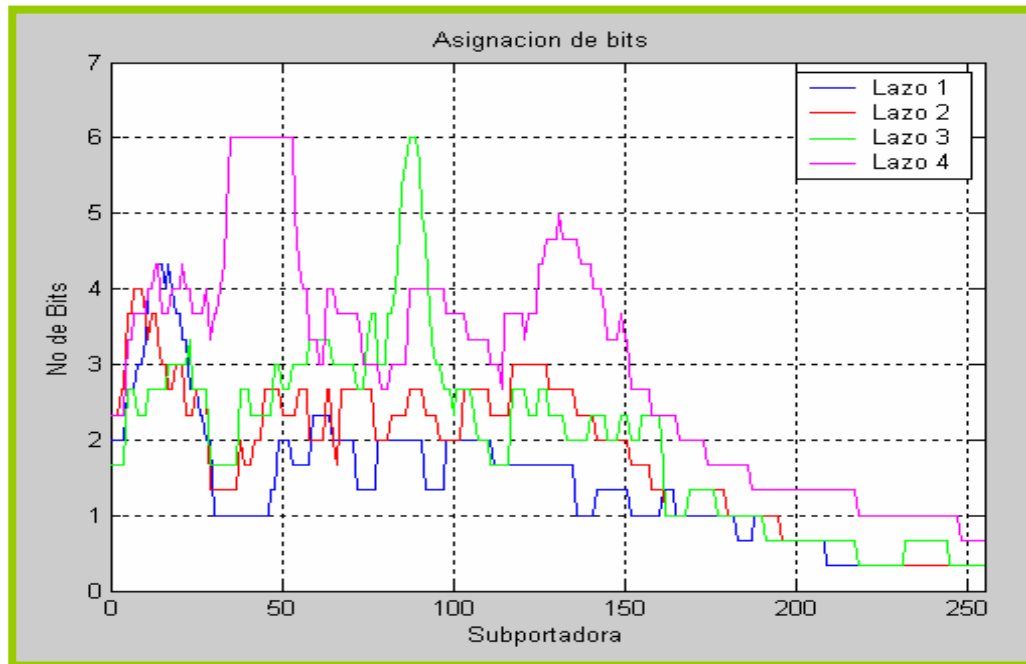
<b>LAZOS</b>	<b>UPSTREAM</b>		<b>DOWNSTREAM</b>	
	<b>Caudal-In Mbps</b>	<b>Caudal-Out Mbps</b>	<b>Caudal-In Mbps</b>	<b>Caudal-Out Mbps</b>
<b>1</b>	<b>0.505</b>	0.224	<b>4.036</b>	2.264
<b>2</b>	<b>0.530</b>	0.272	<b>4.261</b>	3.502
<b>3</b>	<b>0.513</b>	0.190	<b>3.976</b>	2.277
<b>4</b>	<b>0.514</b>	0.285	<b>3.816</b>	2.428

#### **Adición de ruido NEXT al canal**

Como cada servicio que se agrega a un cable, es una potencial fuente de ruido, se hace la prueba aplicando interferencia NEXT a la respuesta en frecuencia del cable, éste tipo de interferencia se considera la fuente más significativa de ruido, debido a que la señal que lo produce posee alta energía y puede inducir señales indeseadas a la señal primaria. Se emplea N=24 interferentes para la realización de las pruebas.

En la figura 5.6 se puede observar una reducción del número de bits transmitidos por efecto de la adición del NEXT a la respuesta en frecuencia de los lazos, especialmente a partir de la subportadora 135 y alcanzando su nivel más bajo a los 800 Khz (subportadora 185), originando que a partir de esa frecuencia la transmisión sea menos de 2 bits por subportadora, el cual es un nivel muy inferior al requerido para una transmisión óptima de datos, por lo que se no se aprovecha totalmente una banda de aproximadamente 300 Khz lo que permite afirmar que el NEXT tiene un efecto más fuerte en los bucles independientemente de la longitud del par y en las frecuencias más altas, por lo tanto, el control y la reducción de ruido son importantes para poder alcanzar el máximo funcionamiento del enlace.





**Figura 5.6. Efecto del Next en la distribución de bits (N=24). [Autor]**

Sin embargo en los lazos 3 y 4 , entre la banda de frecuencias de 110 y 560 Khz (de la portadora 26 a la 130) los valores están indicando que el cable puede transmitir una mayor cantidad de bits en este espectro de frecuencias, lo cual se refleja al ver que la cantidad de bits transmitidos es mayor en este rango, por lo tanto se aprovecha un rango de frecuencias superior a la de los otros abonados, debido a que a medida que se reduce la longitud del bucle entre segmentos del lazo, el caudal de datos transmitidos aumenta.

En la tabla 5.4 se presentan los resultados obtenidos de la simulación. Se pueden distinguir claramente las variaciones de velocidad de los canales en los sentidos ups y down, respecto de la velocidad inicial para el bucle analizado. Las limitaciones de tasa de información dependen especialmente de la topología, la longitud del bucle y la cantidad de perturbadores diafónicos existentes.

**Tabla 5.4 Caudal transmitido para cada lazo para N= 24. [Autor]**

LAZOS	N	UPSTREAM		DOWNSTREAM	
		Caudal-In Mbps	Caudal-Out Mbps	Caudal-In Mbps	Caudal-Out Mbps
1	24	0.504	0.219	4.036	1.116
2	24	0.530	0.263	4.260	1.535
3	24	0.513	0.203	3.976	1.785
4	24	0.514	0.216	3.816	2.126

N= Número de interferentes

La tabla 5.5 resume los efectos causados por la adición de ruido gaussiano y el NEXT a la velocidad de entrada, se puede apreciar una disminución del caudal de salida, siendo este efecto más notorio en las lazo de mayor longitud (1 y 3).

**Tabla 5.5 Caudal de entrada y salida de cada lazo en presencia de ruido.**

[Autor]

LAZO	Caudal de entrada (Mbps)	Caudal de salida + AWGN (Mbps)	Caudal de salida + Next (Mbps)
1	4.575	2.048	1.117
2	4.825	3.419	1.423
3	4.506	2.337	1.392
4	4.364	2.902	2.406

A pesar de que en algunos bucles se observaron fuertes degradaciones en la cantidad de bits transmitidos en los subcanales en sentido descendente, los bucles analizados menores a 3 Km son aptos para prestar el servicio ABA (debido a que presentan una mejor respuesta en presencia de ruido en comparación con los otros lazos), ya que son capaces de garantizar el transporte de elevados caudales de información con pocas pérdidas durante en enlace, sin embargo, se debe tomar en cuenta la velocidad real permitida a fin de evitar que el cliente deba pagar por un servicio que no está cumpliendo con las velocidades ofrecidas, sino que cancele lo que realmente está utilizando.

## 5.2. Estimación de la capacidad de canal

Hay cuatro conceptos relacionados con la capacidad, que son:

- La **velocidad de transmisión** de los datos es la velocidad expresada en bits por segundo (bps) a la que se pueden transmitir los datos.
- El **ancho de banda** de la señal transmitida que estará limitada por el medio de transmisión y el propio transmisor, se mide en Hz.
- El **nivel medio de ruido** a través del camino de transmisión.
- La **tasa de errores** en la transmisión.

En esta sección del trabajo se observará en qué medida estos conceptos influyen en la velocidad con la que se pueden transmitir los datos en un canal o ruta de comunicación de datos. Un aspecto importante a tomar en cuenta es que al utilizar el espectro ADSL tenemos que emplear la asignación de tono para ser capaces de estimar la capacidad.

Tomando en consideración la función de transferencia del canal  $H(f)$  y creando el parámetro  $\eta_i$  en el que se considera tanto el ruido térmico como el ruido de diafonía NEXT (figura 5.1), que, en razón al limitado ancho de banda del subcanal, también puede modelarse por una distribución gaussiana. Siendo  $T_0$  la duración del símbolo QAM (y, consecuentemente,  $1/T_0 = f_0 = W$  el ancho de banda correspondiente a cada subcanal), la relación Señal/Ruido para el subcanal bajo estudio obedecerá a la expresión [33]:

$$(S/N)_i = P_i / (\eta_i W) \quad (\text{ec. 5.3})$$

donde:

- $P_i$ =Potencia de la Señal
- $\eta_i W$ =Potencia del Ruido

Un SNR alto significa una señal de alta calidad y la necesidad de un número reducido de repetidores. Esta relación señal-ruido es importante en la transmisión de datos digitales ya que determinará la máxima velocidad de transmisión que se puede conseguir. Para una relación (S/N)<sub>i</sub> elevada, la probabilidad de error en símbolo-QAM (**PES**) se puede aproximar por la expresión [37]:

$$PES = 4\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2^{n_i}}}\right) * Q\left[\sqrt{\frac{2}{n_i}}\right] = K_i * Q\left[\sqrt{\frac{2}{n_i}}\right] \quad (\text{ec. 5.4})$$

donde,  $K_i$  es una función de  $n_i$ , que en la práctica suele asumir valores en el intervalo (2 - 4), es decir  $2 \leq K_i < 4$  [37], y donde la función  $Q$  corresponde a la definición:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2x}} \int_x^{\infty} e^{-z^2/2} dz \quad (\text{ec. 5.5})$$

Para valores elevados de la variable  $x$  se puede aproximar por:

$$Q(x) \approx \frac{1}{2} e^{-x^2/2} \quad (\text{ec. 5.6})$$

Por su parte, el parámetro  $a$  representa la semidistancia entre dos símbolos QAM consecutivos, tal y como se ilustra en la figura 5.2. Considerando que la energía media por símbolo QAM,  $E$ , obedece a la expresión  $E = P * T_0 = P/W$ , tras un sencillo cálculo resulta que [37]:

$$a^2 = (3E/2) * [1/(2^a - 1)] = (3P/2W) * [1/(2^a - 1)] \quad (\text{ec. 5.7})$$

Supuesta una PES máxima determinada, una vez evaluada la relación (S/N), sustituyendo el valor del parámetro **a** en la expresión de la PES y despejando **ni**, resulta la siguiente relación [37]:

$$ni = \log_2 \left[ 1 + \frac{3(S/N)_i}{\left[ Q^{-1} \left( \frac{PES}{Ki} \right) \right]^2} \right] \approx \log_2 \left[ 1 + \frac{3(S/N)_i}{-2 * \text{Ln} \left( \frac{2PES}{Ki} \right)} \right] \quad (\text{ec. 5.8})$$

Que corresponde a la cantidad de bits presente en cada subcanal.

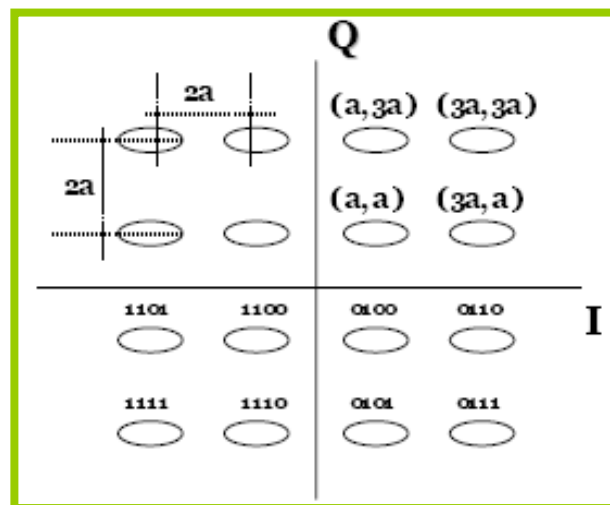


Figura 5.7. Constelación QAM <sup>[37]</sup>

En la práctica, más que la probabilidad de error en símbolo QAM (PES) se suele manejar la probabilidad de error en bits (PEB); concretamente, la recomendación UIT-T/G.992 establece una **PEB** <  $10^{-7}$ . Para probabilidades

pequeñas y supuesta una distribución aleatoria y uniforme de errores en bits, resulta inmediato deducir que  $PES = n \times PEB$ , siendo  $n$  el número de bits por símbolo QAM.

El sistema ADSL, durante la etapa de inicialización, evaluará la relación (S/N) correspondiente a cada subcanal, y, en función de la misma, asignará el número de bits,  $n$ , correspondiente a cada uno de ellos. La recomendación UIT-T/G.992 estipula un máximo de  $n= 15$  bits por símbolo-QAM (que se corresponde con una constelación máxima de  $2^{15} = 32.768$  puntos), aunque el máximo alcanzado por los actuales sistemas ADSL oscila alrededor de los 12 bits por símbolo QAM. [36]

Evaluar la relación (S/N) de cada subcanal y, en base a ello, asignar el número de bits ( $n$ ) de cada subcanal, se puede realizar tanto en la etapa inicial del establecimiento de la conexión como posteriormente, de acuerdo con algún algoritmo (periodicidad, degradación de la tasa de error,...). Finalmente, considerando que la modulación DMT consta de  $i$  subcanales, tal que  $i = 0,1,2,... N-1$ , la capacidad total será [37]:

$$C(bps) = \left[ \sum_{i=0}^{N-1} ni \right] * f_0 = \left[ \sum_{i=0}^{N-1} ni \right] * W = 4000 * \log_2 \left[ 1 + 0.09(S/N)_i \right] \quad (\text{ec. 5.9})$$

Donde:

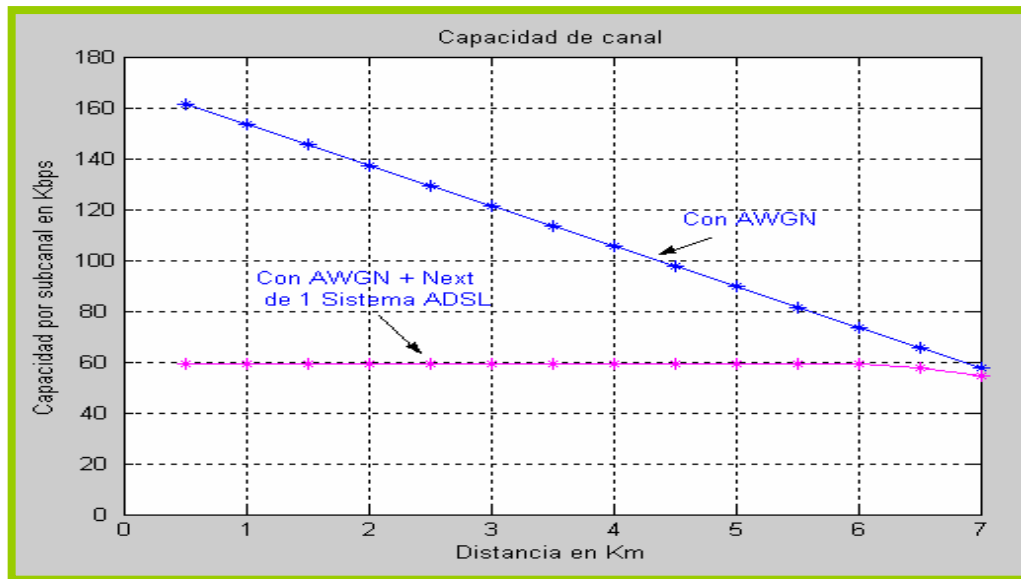
- $W$  es el ancho de banda del canal, (Hz)
- $C$  es la capacidad del canal (tasa de bits de información bps)
- $ni$  número de bits en cada subcanal

La fórmula anterior permite calcular la primera estimación de la capacidad ya que determina la tasa de datos máxima que puede ser alcanzado por un canal en presencia de distintas fuentes de ruido (térmico, NEXT, FEXT, etc).

Es importante resaltar que la amplitud de banda disponible para ADSL es de 256 tonos separados cada uno 4.3125 KHz. Los seis primeros tonos son usados para POTS. Los tonos 6 al 32 son usados para el sentido upstream, mientras que los tonos 37 al 256 son usados para el sentido downstream. Esto quiere decir que se pierden 5 tonos en la banda de guarda entre el upstream y downstream. En total se pierden 11 tonos lo que da:

$$C_{estimada} \approx C_{(bps)} * \frac{244}{255} \quad (\text{ec. 5.10})$$

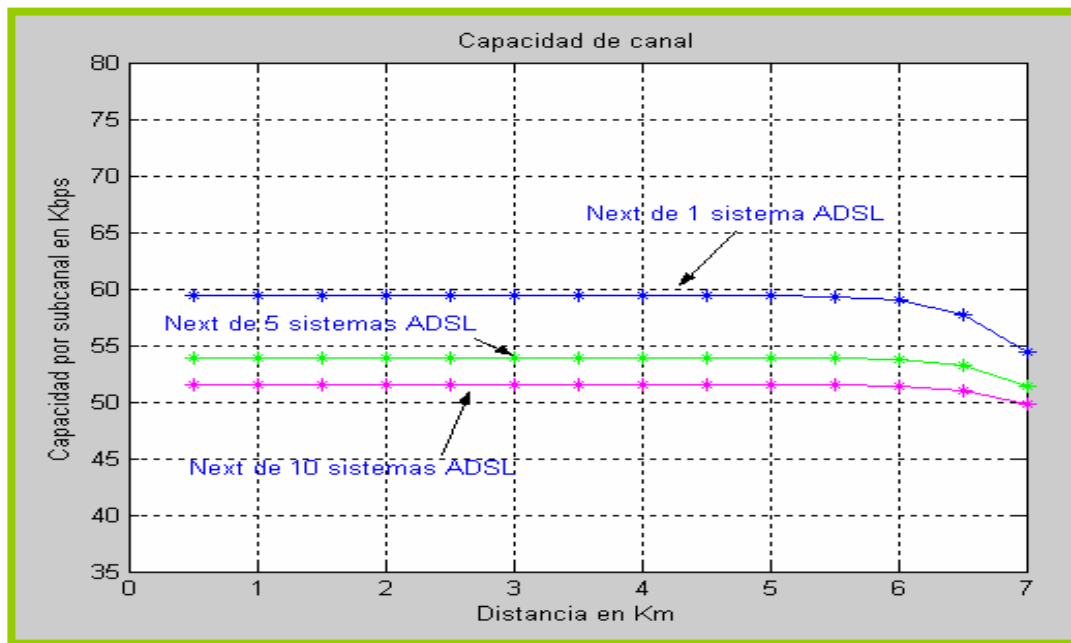
A partir de las ecuaciones anteriores se obtiene la capacidad de un subcanal (figura 5.8) evaluado en la mitad de la banda ADSL (aproximadamente 500 KHz).



**Figura 5.8. Capacidad por subcanal de un par calibre 26 AWG [Autor]**

Se empleó un par calibre 26 AWG, el cual presenta una atenuación de 12 dB/Km a 500 KHz (sección 4.1), con una densidad de potencia del pulso de -40 dBm/Hz, una probabilidad de error en bit de  $10^{-7}$  y se asume una densidad de

potencia de ruido de  $-110$  dBm/Hz. En la figura 5.9 se muestra el mismo par pero ahora se le añade el efecto de la paradiafonía (NEXT) generada por uno, cinco y diez sistemas ADSL que coexisten en el mismo cable, se pueden apreciar básicamente dos segmentos: uno plano, determinado por la primacía del ruido NEXT y el otro curvo (a partir de los 6 Km.) definido por el predominio del ruido térmico.



**Figura 5.9. Capacidad por subcanal en presencia de NEXT [Autor]**

Haciendo uso de las ecuaciones descritas anteriormente, se calcula la capacidad estimada de los lazos analizados en la sección anterior. En la tabla 5.6 se muestra que los lazos 2 y 4 (2.1 y 2.2 Km. respectivamente) presenta una mejor respuesta en ambos sentidos de transmisión en comparación con los lazos 1 y 3 (3.4 y 4 Km.) que en sentido downstream tienen una disminución de la respuesta del cable un 67 y 50 % respectivamente, por lo que se puede notar que la capacidad del par se reduce considerablemente a medida que el abonado se aleja de la central a la que pertenece.



**Tabla 5.6 Capacidad del canal estimada en Mbps. [Autor]**

Sentido	Lazo 1	Lazo 2	Lazo 3	Lazo 4
Up	0.861	1.200	0.745	1.176
Down	5.409	8.800	3.856	8539

Si comparamos la velocidad máxima medida con el Dynatel 965 DSP con la velocidad estimada (tabla 5.7), se puede apreciar que los valores en sentido upstream son muy cercanos entre si en todos los lazos analizados, mientras que en sentido downstream solo se aproximan los valores de los lazos 2 y 4, por lo que las ecuaciones anteriores son muy útiles para determinar la capacidad de transmisión en abonados que no superen los 3 Km, (con el fin de obtener valores más confiables).

**Tabla 5.7 Capacidad del canal estimada y medida. [Autor]**

LAZO	Sentido	Caudal máximo medido (Mbps)	Caudal real medido (Mbps)	Caudal estimado (Mbps)
# 1	Up	0.815	0.504	0.861
	Down	8.128	4.036	5.409
# 2	Up	0.840	0.530	0.900
	Down	8.128	4.260	8.300
# 3	Up	0.785	0.513	0.745
	Down	7.900	3.976	3.856
# 4	Up	0.832	0.513	0.896
	Down	8.128	3.816	8539

Sin embargo al realizar un aumento en la relación señal ruido en los lazos 1 y 3 (26.5 y 26.0 respectivamente) se puede mejorar la capacidad estimada de cada enlace (según la ecuación 5.8) entre un 79 y 97 %, lo que permitiría obtener una mejor respuesta del par (ver tabla 5.8). Esto es posible gracias a la realización de las pruebas

de calificación, que sirven como base para realizar los ajustes necesarios en la relación señal ruido, a fin de lograr una aproximación bastante confiable de lo que el par de cobre analizado es capaz de soportar, lo que permitiría determinar incluso que tipo de servicios se pueden aplicar al abonado en el futuro.

**Tabla 5.8 Capacidad estimada con ajuste de la S/N. [Autor]**

LAZO	Sentido	Caudal máximo medido (Mbps)	S/N (dB)	Caudal estimado (Mbps)	Aprox.
# 1	Down	8.128	26.5	7.912	97.3%
# 3	Down	7.900	26.0	6.280	79.5%

Si se agrega ruido NEXT al canal se produce una disminución de la capacidad del par (ver tabla 5.9), debido a que disminuye el número de bits en cada subcanal, esto se debe a la alta potencia de diafonía a medida que aumenta la frecuencia, es por esta razón que el control y la reducción del ruido es de vital importancia para lograr el óptimo desempeño del par.

**Tabla 5.9 Capacidad del canal estimada en presencia de ruido. [Autor]**

LAZO	Sentido	AWGN (Mbps)	AWGN + NEXT n= 10 (Mbps)	AWGN + NEXT n= 24 (Mbps)
# 1	Up	0.891	0.247	0.238
	Down	5.409	1.238	0.963
# 2	Up	1.200	0.250	0.240
	Down	8.800	1.250	0.970
# 3	Up	0.745	0.427	0.235
	Down	3.856	1.198	0.942
# 4	Up	1.176	0.249	0.239
	Down	8.539	1.246	0.967

A partir de la información mostrada en las tabla anteriores (5.8 y 5.9) se realizó una comparación entre el caudal de datos estimado contra el caudal real de transmisión que la línea puede soportar y se determinó que actualmente el porcentaje de utilización de las líneas en sentido upstream está entre el 70 y 75 % y en sentido downstream está entre 66 y 70% en cada abonado, lo que indica que a pesar de que el par de cobre es apto para la transmisión de señales ADSL, no se está aprovechando en su totalidad su capacidad de transmisión.

Es importante destacar que las capacidades ofrecidas si bien son suficientes actualmente, a medida que nuevas aplicaciones entren con fuerza en la sociedad de la información esta tecnología se verá incapaz de ofrecer el ancho de banda necesario para darles servicio, esto se debe al principal problema de la tecnología ADSL, que es que la capacidad teórica dista mucho de la velocidad real ofrecida a los usuarios debido a la saturación del par trenzado (provocado por interferencias entre pares, limitando la máxima velocidad de transmisión). Además de esto, la atenuación provocada por la longitud del par de cobre se ha convertido en un factor limitativo para la transmisión de señales. Debido a estas limitaciones de alcance, el ADSL se convierte en una buena solución para zonas con densidad de población elevada como ciudades, pero ineficientes en entornos rurales o de baja densidad de población.

Además de esto para poder brindar nuevos servicios como por ejemplo, triple play (voz, banda ancha y tv) hará falta pues aumentar el ancho de banda del usuario final (ver tabla 5.10), a través de nuevas tecnologías de acceso como pueden ser VDSL o FTTx. Sin embargo, la solución a futuro para CANTV recae en las redes NGN, que gracias al empleo conjunto de fibra óptica y el par de cobre permiten ofrecer a mayores distancias anchos de banda muy superiores a los actuales.

**Tabla 510 Triple Play – Requerimientos de AB <sup>[37]</sup>**

<b>SERVICIO</b>	<b>AB (Downstream)</b>	<b>AB (Upstream)</b>	<b>AB TOTAL (Downstream)</b>
1 Canal de TV, de alta definición (HDTV)- IPTV	7.5 Mbps (WM9) o 10 Mbps (MPEG4)	20 Kbps	7.5 o 10 Mbps
3 Canales de TV, definición standard - IPTV	1.33 Mbps c/u	50 Kbps	4 Mbps
1 Canal de juegos	512 Kbps	512 Kbps	512 Kbps
Internet Banda Ancha	3 Mbps	512 Kbps	3 Mbps
2 Canales de voz, alta definición + video-IP	256 Kbps c/u	256 Kbps	512 Kbps
<b>TOTAL</b>		<b>1.3 Mbps</b>	<b>15.5 o 18 Mbps</b>

Existen además dos grandes razones que están provocando la generalización de las redes de nueva generación (NGN). En primer lugar, CANTV necesita proponer ofertas más amplias que combinen la voz con otros servicios, preparar la convergencia entre telefonía fija y móvil, y desarrollar esos nuevos servicios de manera más sencilla y, sobre todo, más rápida. En segundo lugar, teniendo en cuenta que la digitalización de las redes fijas tiene ya muchos años, sus plataformas de conmutación se encuentran en el final de su ciclo de vida y resultan delicadas de mantener y de transformar.

Sin embargo, la migración de la red pública hacia la red de nueva generación no puede ser alcanzada en un solo paso, ya que pretender aglutinar en una única infraestructura de red las distintas alternativas existentes o por venir, implica que dicha infraestructura debe responder a unos criterios de diseño estrictos que aseguren su funcionamiento con los niveles de calidad, capacidad, fiabilidad y disponibilidad requeridos por los servicios que soportará dicha red. Además se debe tener en cuenta

que los niveles actuales de calidad, fiabilidad y disponibilidad de determinados servicios, como es el caso de los servicios de voz, son muy altos. Por tal motivo, y tomando en cuenta los análisis realizados (pruebas de calificación y estimación) he decidido presentar algunas recomendaciones con la finalidad de aumentar la capacidad de la infraestructura de CANTV para gestionar eficientemente el aumento de las interacciones que se están realizando como comercio electrónico, juegos online, video y tv digital.

Estas sugerencias permitirán reforzar la infraestructura actual de CANTV para ofrecer cobertura al crecimiento exponencial generado por las redes de próxima generación. La iniciativa, incluye la ampliación de la infraestructura crítica de CANTV tanto en escala como en ubicación, así como la inversión en nuevos sistemas de seguridad, supervisión e ingeniería para dar cobertura al crecimiento del tráfico de Internet.

### **5.3. Mejoras a nivel de planta interna**

CANTV deberá desarrollar servicios de supervisión que ayudarán a gestionar el tráfico y proteger los sistemas contra las amenazas cibernéticas. Asimismo, mejorar y robustecer las características de confiabilidad, disponibilidad y calidad de servicio de la red integralmente, implantando sistemas de contingencia, monitoreo y control, y mejoras de la infraestructura, por esta razón se proponen las siguientes soluciones a nivel de planta interna:

#### **5.3.1. Optimización del CAPEX y OPEX**

Se propone realizar una configuración que permita integrar los splitters POTS en el distribuidor MDF que originalmente estaban en el DSLAM, así se reduce en

más del 30 % el espacio requerido en el MDF (ver figura 5.10). Esta configuración de DSLAM splitterless, donde los splitters se integran en la conectividad del distribuidor MDF reduce significativamente los costos de instalación y mano de obra por cliente, originando a su vez una reducción del costo total, ya que maximiza la inversión de capital y reduce costos operativos.

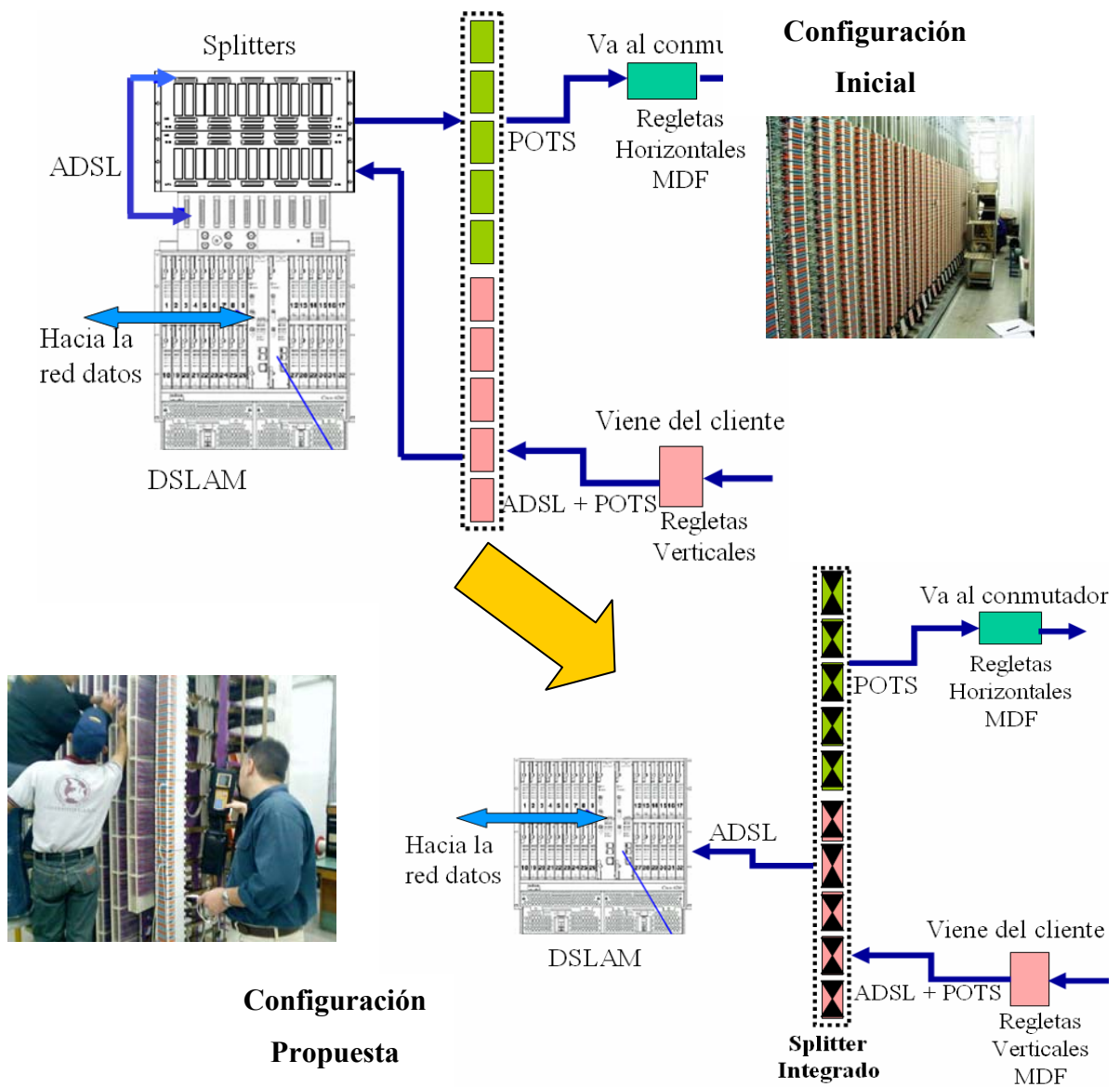
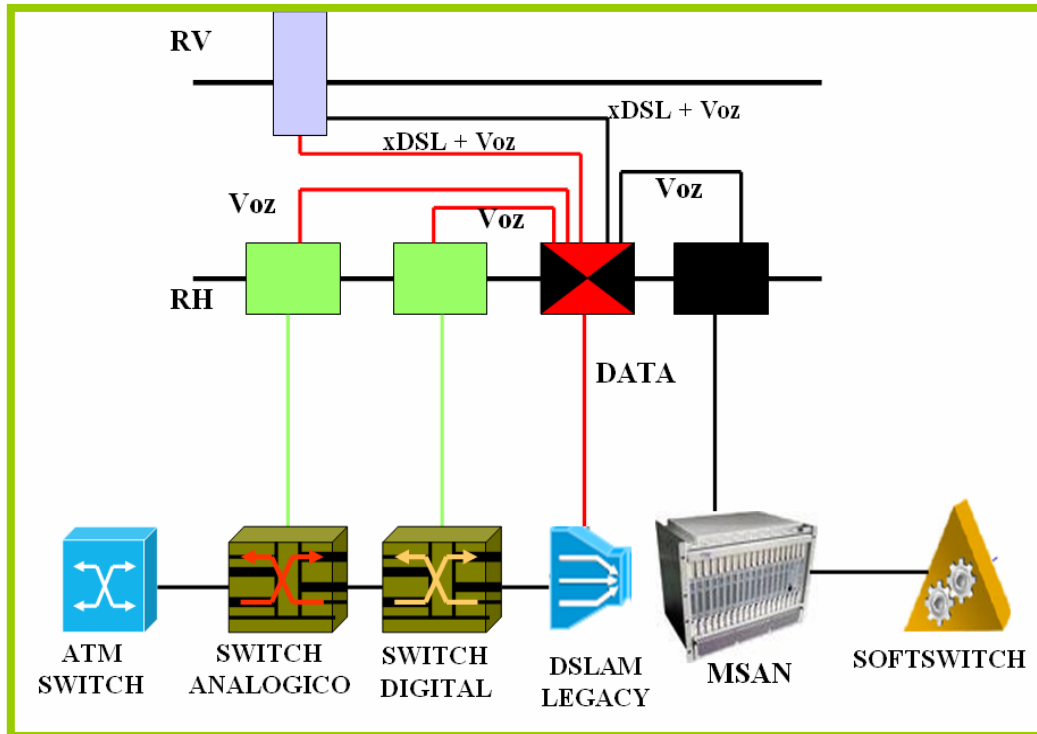


Figura 5.10. Configuración DSLAM splitterless [Autor]

La configuración splitterless permite prepararse para futuras configuraciones, ya que los distribuidores MDF con splitter integrado permiten la migración a IP sin la perturbación del servicio (ver figura 5.11).



**Figura 5.11. Migración a IP sin interrupción del servicio [Autor]**

### 5.3.2. Despliegue de nuevos centros de operaciones de red

CANTV debe construir un centro de operaciones de red en el estado, para gestionar con eficacia y proporcionar una redundancia ampliada del tráfico de Internet. Estos sitios ampliarán la capacidad de los centros de datos de CANTV y diversificarán sus emplazamientos para mejorar la gestión del tráfico y contrarrestar ataques y amenazas cibernéticas.

#### **5.4. Mejoras a nivel de planta externa**

La planta externa de cobre de CANTV está evolucionando y está siguiendo los pasos de algunos proveedores de televisión por cable (CATV), al implementar redes híbridas (fibra y coaxial), ya que la empresa actualmente está implementado redes híbridas compuestas de fibra y par trenzado. Por tal motivo, con el fin de manejar los equipos heredados más antiguos y enfrentar los problemas con la sustitución de equipos o elementos en fallo, sugiero las siguientes soluciones a nivel de planta externa:

##### **5.4.1. Asegurar el suministro de energía**

La zona norte del estado Anzoátegui es muy vulnerable a fallas de energía eléctrica, por lo que se debe en lo posible instalar equipos de respaldo a fin de evitar la suspensión del servicio en la zona. Los equipos actuales (UA5000) disponen de una banco de baterías que tienen una duración operativa de 16-18 horas (en realidad son 4 horas) por lo que se sugiere la colocación de un banco de baterías adicional con el fin de superar este inconveniente.

##### **5.4.2. Proteger los equipos contra el vandalismo**

Debido a que las redes de distribución hacia los clientes son por medio de cables de cobre, se hacen muy atractivas para los "dueños de lo ajeno". Para superar esta falla, se recomienda implementar la instalación de "sistemas de detección de robo de cable". Además de esto, los nodos outdoor deberán disponer de medios físicos y virtuales que permitan garantizar la integridad del servicio.



### 5.4.3. Rehabilitación de gabinetes activos para incrementar la base de clientes

Reutilizando los armarios con los que ya se cuenta (figura 5.12), los costos asociados a la adquisición de emplazamientos para la nueva red se reducen, y también se reduce el trabajo de obra civil.



**Figura 5.12. Reutilización de Armarios. [Autor]**

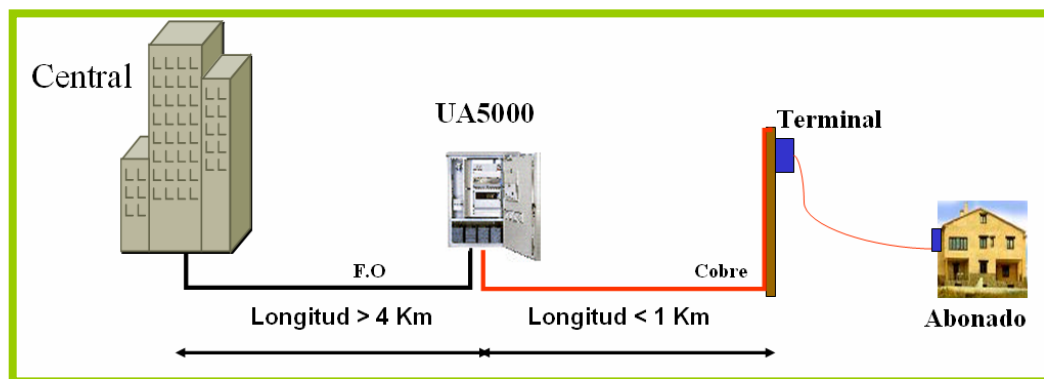
### 5.4.4. Bucles locales más cortos

Hoy en día la tendencia de los operadores que poseen importante redes de cobre instaladas es de acortar el largo de los pares acercando los nodos de acceso lo mas cercano posible al sitio del cliente, de este modo se asegura mayor confiabilidad y menores costos operativos, y lo mas importante prepara la red de cobre para mayores velocidades de acceso. En nuestro caso también es necesario debido a que CANTV emplea la tecnología ADSL la cual para ofrecer mayor velocidad, requiere acortar el bucle de abonado mediante la instalación de nodos más cercanos al domicilio del abonado.

De acuerdo a las pruebas de calificación y a la simulación de lazos de suscriptores realizados (capítulos 3 y 4) se pudo constatar que los bucles de menores longitudes (lazos 2 y 4) tenían una mejor respuesta en frecuencia, por lo que eran

capaces de transmitir una mayor cantidad de bits por subcanal en ambos sentidos de transmisión en comparación con los lazos de mayor longitud. Por esta razón se le propone a la empresa reducir la extensión de los bucles locales a un máximo de 1 Km., a fin de mejorar los servicios banda ancha y el desempeño del servicio ABA, de esta manera CANTV podrá ofrecer productos mejorados (mayor velocidad, mayor diversidad de servicios, etc.).

Para lograr esto se deben instalar los UA5000 a una distancia más corta de los usuarios (figura 5.13), lo que origina a su vez una reducción de la inversión debido a que los nodos podrán ser instalados más cerca de las comunidades que las redes actuales de telefonía, disminuyendo así los costos en cables de cobre. Al instalarse los gabinetes remotos más allá del alcance de las centrales permitirá también aprovechar al máximo la base de clientes y facilitará la implementación de la tecnología VDSL en caso de que la empresa desee ofrecerla en el futuro.

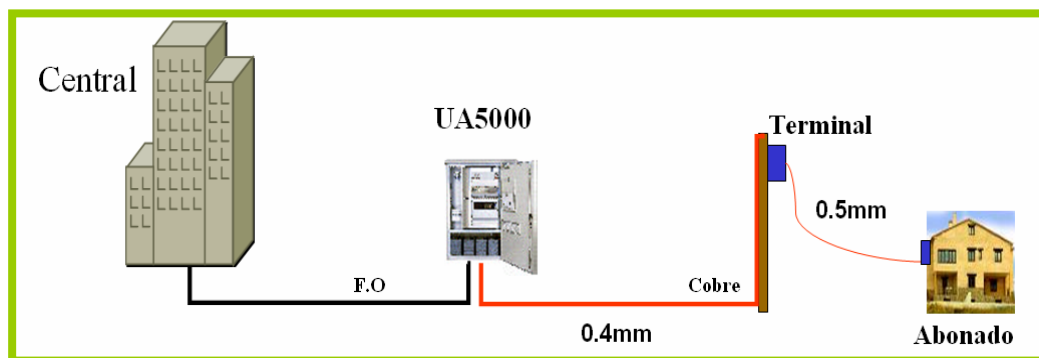


**Figura 5.13. Longitud máxima sugerida del par local. [Autor]**

#### 5.4.5. Mantener el calibre del cable

Un último aspecto, que esta influyendo y que no cesara con el tiempo sobre la efectiva proliferación de tecnologías ADSL sobre bucles de cobre, es el relacionado

con la calidad de estos bucles. Sin tomar en cuenta la longitud de los bucles de cobre la calidad de estos en muchas partes del país es bastante pobre. Una de las principales razones, descartando el deficiente mantenimiento de estos, es la tendencia generalizada a extender el alcance de los bucles locales mediante creativas combinaciones de calibre (figura 5.14), muy perjudiciales cuando se trata de adaptarlas para transportar datos a altas velocidades, por esta razón es recomendable que el lazo de abonado mantenga el mismo calibre del cable durante todo el trayecto.



**Figura 5.14. Combinaciones de calibre en el lazo del suscriptor. [Autor]**

#### **5.4.6. Sustituir antiguas unidades remotas**

En zonas de penetración baja y media (como los sectores San diego, el Rincón y Mesones), la instalación de nodos de acceso multiservicio, como el UA5000 entre otros, puede ser un buen paso inicial en la evolución de la red hacia NGN, esta introducción debe ser gradual en la red para ir resolviendo cualquier limitación técnica que pudiese aparecer. De esta forma, CANTV puede sustituir pequeños conmutadores y antiguas unidades remotas que ya se encuentran al límite de su capacidad. Además, CANTV puede proporcionar a los usuarios una amplia variedad de servicios, como DSL (línea de abonado digital) y líneas alquiladas. Sin embargo, como la penetración inicial de la banda ancha en dichos lugares no será alta, el

UA5000 es una elección apropiada para estas zonas. Normalmente cualquier conmutador o unidad remota antigua que se quita se puede usar como pieza de repuesto en otros sitios, ayudando a facilitar el problema de sustitución componentes.

#### **5.4.7. Automatizar la operación de terminales remotos (UA5000)**

La tendencia de futuro en los sistemas de optimización es intentar lógicamente que la propia red resuelva los problemas en tiempo real y de forma automática. Los primeros pasos ya se están dando, y ya están apareciendo en el mercado herramientas de optimización automática que emplean algoritmos matemáticos avanzados, y que en función del problema detectado, del estado de la red y del valor actual de los parámetros de configuración del sistema modifican en mayor o menor medida algún parámetro para mejorar las condiciones de funcionamiento de la red actual. Para CANTV la principal aplicación de los terminales automatizados consistirá en la inyección de datos xDSL y puesta en servicio de clientes en forma remota (dispositivo de “by-pass”) a través de una matriz de conmutación TAM (Test Access Matrix), esto permitirá reducir los tiempos de puesta en servicio y al mismo tiempo los errores humanos.

#### **5.5. Desarrollo de nuevas tecnologías y procesos**

Las posibles soluciones que se plantearán serán de nuevo variadas y dependientes de los criterios de CANTV. Sin embargo, debe quedar clara la necesidad básica de incorporar aquellas medidas que aseguren un grado de cumplimiento adecuado en la red de la empresa. Se presentan algunas de las alternativas basadas en la implementación de nuevas tecnologías con el fin de incrementar la capacidad y disponibilidad de la red. En cada caso se debe realizar un

estudio minucioso de las alternativas disponibles para encontrar la solución adecuada, ya sea ésta el uso de tecnologías de radio, fibra óptica hasta la casa, etc. Posiblemente el mejor enfoque sea el de usar cada solución donde mejor se pueda aprovechar, dando lugar a una solución mixta adaptada a las necesidades particulares de cada caso concreto.

Si bien la variedad de soluciones es muy amplia, en la práctica estas quedan reducidas de forma significativa como consecuencia de sus limitaciones prácticas. Si nos fijamos en las decisiones tomadas por los operadores dominantes a nivel mundial, que como consecuencia de la evolución del mercado están abordando la implantación de accesos de alta capacidad, las soluciones planteadas se reducen a dos:

- Implantación de tecnologías de radio.
- GPON (Gigabit-capable pasive optical network).

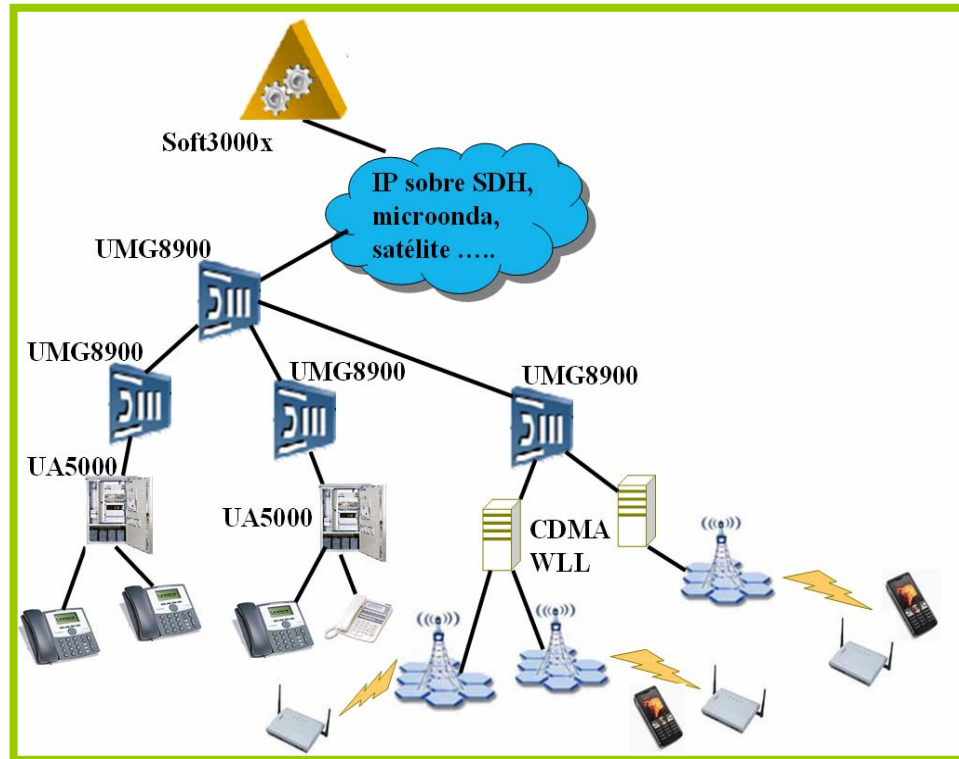
Las dos soluciones requieren una infraestructura completamente nueva. A continuación se presentará una breve descripción de los aspectos más importantes de cada una de las soluciones planteadas.

### **5.5.1. Implementar nuevas tecnologías de radio para zonas de baja densidad**

El despliegue de NGN combinado con el uso de nuevas tecnologías inalámbricas lleva al desarrollo de redes con conexión ubicua, por esta razón sugiero emplear la solución: **NGN + CDMA WLL**.

Técnicamente se trata de utilizar una red de estaciones base que concentran el tráfico que le envían mediante radioenlaces los diferentes terminales instalados en los abonados. Las estaciones base llevan dicho tráfico hasta la central de conmutación a

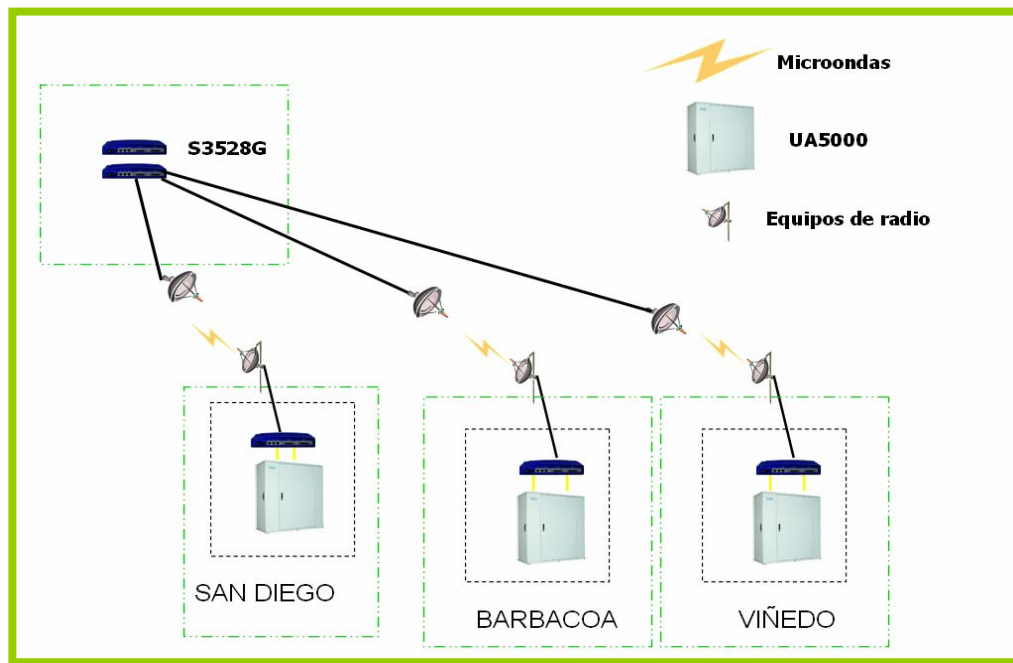
través de las redes de transporte ya sea por fibra óptica o radioenlace (ver figura 5.12).



Mediante el uso de los recursos de NGN de línea fija, la solución NGN + CDMA WLL puede proporcionar servicios móviles como la itinerancia local y los mensajes breves, aparte de todos los servicios básicos y adicionales de la red de línea fija. Al trabajar con una NGN, el WLL permite servicios alámbricos e inalámbricos combinados.

El WLL permite solucionar el problema de cobertura de la red en áreas de población diseminada, por esta razón se propone la solución NGN + CDMA WLL de Huawei, que permite un despliegue rentable de la red y garantiza el aumento de los ingresos gracias a la prestación de mejores servicios. Esta solución puede ser empleada por CANTV para cubrir zonas como el Rincón, San Diego (en Puerto La

Cruz), Viñedo y Barbacoa, etc (en Barcelona), debido a que Huawei es la que esta dotando a CANTV de los equipos NGN que se están empleando en la actualidad por lo que será más fácil la implantación de estos sistemas.



**Figura 5.15. Posibles zonas para implementar el servicio. [Autor]**

Aparte de estar vinculada a WLL, la NGN puede funcionar como parte de toda la red de línea fija, mediante la interconexión y la intercomunicación con la PSTN mediante una pasarela de medios troncal. La pasarela de acceso integrado UA5000 se utiliza para implementar accesos como el de datos sobre xDSL y LAN, el servicio de circuito sobre E1/STM-1, POTS e ISDN BRA.

### **Ventajas**

- Proporciona soluciones de red completas adecuadas para las necesidades de conexión de red de diversos clientes.

- Permite la conexión de red para servicios integrados, incluidos voz, datos y tv.
- Utiliza los equipos existentes al completo.
- Permite distintas calidades de servicio para proporcionar servicio personalizado a los usuarios.
- Permite servicios de datos de alta velocidad.

Como una fuerza emergente de acceso de banda ancha, la solución CDMA + WLL usado en el NGN puede solucionar rápidamente y con eficacia el embotellamiento en el acceso del usuario final. Con la evolución del acceso fijo y móvil, esta solución proporcionará el apoyo de acceso más abundante de banda ancha a NGN, y a su vez contribuirá al desarrollo de dicha tecnología en el oriente del país.

### **5.5.2. GPON (Gigabit Passive Optical Networks)**

Los escenarios actuales que emplean híbrido de fibra y cobre presentan la ventaja de reutilizar el cable metálico en los tramos cercanos al abonado, pero requieren la instalación de un gran número de nodos en las vías públicas y a veces en el interior de edificios. Aunque el acortamiento del par de cobre (fibra hasta el nodo) constituya una posible solución de medio plazo a la demanda creciente de ancho de banda, la introducción de cables de fibra óptica hasta el hogar proporcionará la mejor solución a largo plazo. Esto es así porque desaparecen de forma permanente las limitaciones y complejidades que la tecnología ADSL incluye.

**GPON** es el estándar más atractivo para ofrecer fibra óptica hasta el hogar o hasta el edificio, ya que la fibra es el medio de transmisión más avanzado y el único capaz de soportar los servicios de nueva generación, como televisión de alta



definición. Las principales ventajas de tener un bucle de abonado de fibra óptica son muchas: mayores anchos de banda, mayores distancias desde la central hasta el abonado, mayor resistencia a la interferencia electromagnética, mayor seguridad, menor degradación de las señales, etc. Además, la reducción de repetidores y otros dispositivos supondrán menores inversiones iniciales, menor consumo eléctrico, menor espacio, menos puntos de fallo, etc. Aunque tender fibra hasta el hogar pueda suponer una fuerte inversión inicial (CAPEX) ésta podrá ser rápidamente amortizada a través de la reducción de los gastos de mantenimiento (OPEX) respecto a la infraestructura actual y a los nuevos servicios que se pueden ofrecer.

Entre las tecnologías más interesantes que están permitiendo esta convergencia cabe destacar en la parte del bucle de abonado a GPON, la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto más avanzada en la actualidad. Este tipo de redes se basa en dividir la señal óptica entre 64 abonados a través de una red de fibra completamente pasiva. El OLT (*Optical Line Terminal*) es el equipo de central y la ONT (*Optical Node Terminal*) el equipo de abonado. GPON ofrece una capacidad de 2,5 Gbps downstream y 1,25 Gbps upstream compartidos por cada 64 abonados sobre distancias de hasta 20 km.

Se basa en el protocolo GEM (*Generalized Encapsulation Method*) que permite transportar cualquier tipo de servicio con baja sobrecarga, aprovechando así al máximo el ancho de banda disponible. Sus características de QoS y de gestión dinámica del ancho de banda permiten integrar una red IP completa extremo a extremo.

## **5.6 Resumen**

La versatilidad de los cálculos empleados está dada por su capacidad de adaptación a situaciones reales, es decir poder aplicarlo a distintos tipos lazos que se

encuentran operando en planta externa; incluyendo las condiciones reales del estado de los pares telefónicos a partir de las mediciones de sus parámetros eléctricos. Esta versatilidad se extiende, ya que se pueden simular señales bajo las recomendaciones UIT-T/G992.1-G992.2 que se encuentren bajo la influencia de distintos tipos de perturbadores diafónicos de tipo x-DSL, como son líneas de ISDN, HDSL, T1 etc. Lo cual es de gran utilidad en la práctica y sirven para predecir el comportamiento de un sistema ADSL. También puede ser usado para la planificación a futuro de la red o para la predicción de capacidad de transmisión de las redes existentes.

Es importante señalar que las velocidades de acceso de usuario de hasta 20Mbit/s, con independencia de la arquitectura elegida y el medio de transmisión empleado en el último tramo, ya sea fibra o par metálico, implican un caudal agregado que afecta el resto de la red de acceso, así como al núcleo de la red. Las soluciones de accesos propuestas pueden ayudar resolver en mayor o menor medida la demanda creciente del caudal en el acceso de usuario, ya que si superamos todas las variables de desviación presentadas en la implementación de redes de nueva generación, estaremos frente a un servicio ideal, sin cortes, sin contratiempos, logrando prestar a las comunidades y los usuarios tecnología para su desarrollo social y su desarrollo económico sustentable.

## 5.7. CONCLUSIONES

1. Las pruebas de precalificación del par de cobre es un método eficiente y confiable que puede brindar una enorme mejoría en el conocimiento de la red actual de cobre, ya que al tener un conocimiento exacto del estado de los pares telefónicos conectados a la central podría representar que muchos usuarios tengan la posibilidad de acceder al ADSL, a su vez que permitirá desarrollar planes de renovación en etapas periódicas de la red de cobre.
2. El sistema de prueba 4TEL puede identificar fallas tanto resistivas como capacitivas, pero no permite detectar otros parámetros importantes para aplicaciones DSL como lo son el ruido, la atenuación del par y la relación señal ruido por subportadora, por lo tanto no es útil para la solución de fallas en el servicio ABA.
3. Las pruebas realizadas a los abonados de la red central con el Dynatel 965DSP, arrojaron valores de porcentaje de utilización de la línea (capacidad de la línea) menores al 70 %, lo que indica que en los pares analizados no se está utilizando todo el ancho de banda disponible durante el enlace.
4. La adición de ruido NEXT en el modelado de los abonados, indicó que la transmisión en sentido downstream del ADSL es la más vulnerable a este tipo de ruido, debido a que la cantidad de bits transmitidos disminuye un 60 % en esa banda de frecuencias.
5. Utilizando las herramientas empleadas en este trabajo (las medidas eléctricas de los pares de cobre y el modelado del lazo del suscriptor) es posible realizar un análisis de las condiciones del par y estimar la función de transferencia de los

enlaces, lo que permitirá evaluar la factibilidad de aumentar las velocidades de transmisión en los abonados e identificar con suficiente precisión el desempeño de los bucles que aún no soportan ningún servicio de banda ancha, a fin de aprovechar al máximo la infraestructura existente durante la implementación de las redes NGN.

6. A pesar de los niveles de atenuación y de ruido presentes en la línea, los pares telefónicos analizados están en condiciones aceptables para la prestación del servicio ABA, sin embargo un aumento en la velocidad del servicio ofrecida al cliente dependerá también de que CANTV aumente el ancho de banda utilizado durante la conexión de todos los clientes registrados.

7. En el departamento de datos no están siendo realizadas las pruebas necesarias para calificar el par, debido a la carencia de instrumentos y los conocimientos necesarios para ejecutar las pruebas, además no tienen un conocimiento completo del estado de la red de cobre, ya que no hay documentación de los cambios en el tendido que se han realizado en años anteriores.

## **5.8. RECOMENDACIONES**

1. Las mediciones en planta externa deben ser realizadas atendiendo al objetivo o aplicación para el cual la línea ha sido destinada, con el fin de reducir los tiempos de puesta en servicio en casos de fallas y no de incrementarlos, a su vez que permite satisfacer los objetivos en casos de alta demanda de instalación de nuevos servicios.

2. Con el fin de mejorar la implementación de las redes NGN, recomiendo crear una base de datos con la información recopilada de las mediciones realizadas en

toda la planta de los parámetros descritos, ya que de esta manera se dispone de un repositorio de datos que se utiliza no sólo para poder conocer la calidad del servicio que se ofrece, sino también para conocer qué capacidad hay aún disponible en la planta, el objetivo es permitir el despliegue de esta información a solicitud de un personal capacitado en la interpretación de este tipo de datos para que este pueda realizar un diagnóstico detallado de los bucles monitoreados, con esta información la empresa podrá identificar el desempeño de la planta por zonas, o por cables, que podrán ser reflejadas en mapas de referencia, con el fin de reducir el área de estudio y la localización de averías.

3. CANTV debe crear un laboratorio de redes donde el personal se especialice en estudiar y analizar las posibles soluciones a los diferentes problemas que se presenten en la red de acceso, además de dotarlos de instrumentos de medición que abarquen la mayor cantidad de pruebas sobre los parámetros que afectan la red cobre.

4. Instalar en los nodos UA5000 sistemas automatizados de pruebas al bucle de abonado que mantengan registros periódicos de la planta externa, así como también a solicitud del operador de lecturas remotas de las SNR's de las subportadoras, almacenando localmente los datos adquiridos, especialmente en las zonas que comprendan futuros desarrollos residenciales, con el fin de evitar desplazamientos del personal técnico al lugar y reducir el tiempo empleado en la instalación o reparación de algún servicio.

5. Analizar en futuros trabajos de investigación el efecto del ruido impulsivo (descargas atmosféricas, aplicaciones industriales eléctricas, antenas, etc.) para evaluar su impacto sobre la tecnología ADSL

## 5.9. BIBLIOGRAFÍA

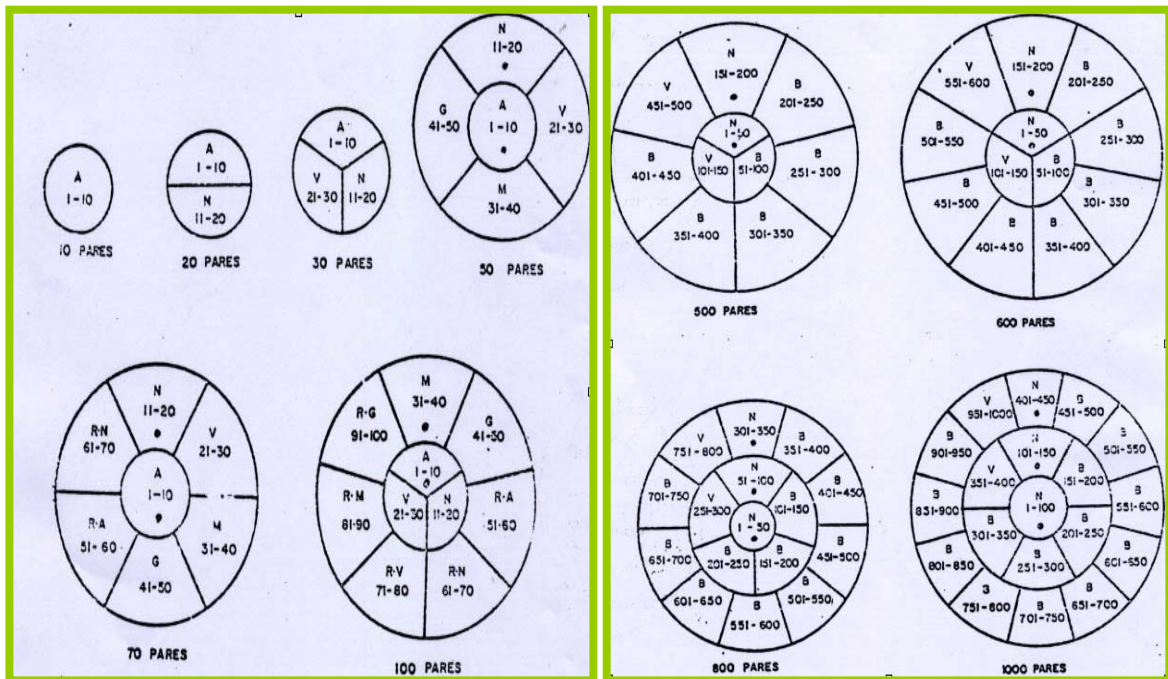
- [1] GORALSKI, W. **“Tecnologías ADSL y xDSL”**, Editorial Mc Graw- Hill, Primera Edición, **(2002)**
- [2] ADSL Forum. **DSL Today**. [http://www.adsl.com/adsl\\_today.htm](http://www.adsl.com/adsl_today.htm), página consultada el día 05/05/2008.
- [3] CASTAÑO, J. **“Extensión de la banda ancha”** Telefónica. España Octubre, **(2007)**
- [4] LOBO, T. **“Operación y Mantenimiento del DSLAM”**, Universidad Metropolitana CENDECO, Caracas, **(2003)**
- [5] CENTRO DE ESTUDIOS DE TELECOMUNICACIONES CANTV. **“Instalación ABA”**, Versión 1.2, Marzo, **(2002)**
- [6] SUMMERS, K **“ADSL Standards, Implementation, and Architecture”** 1º edición. USA **(2003)**
- [7] Recomendación UIT-T G-992.2 **ADSL lite**, Febrero, **(2001)**
- [8] Recomendación UIT-T G-992.1 **ADSL full**, Febrero, **(2001)**
- [9] CONTACTO: Revista de Orientación Corporativa, **“ABAlancha en la vía Rápida”**, Caracas, Octubre, **(2004)**
- [10] Recomendación ETSI 282 001 V1.1.1 **“Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN): NGN Functional Architecture”** Francia, Agosto, **(2005)**
- [11] Recomendación ITU-T Y.2001, **“Resumen General de NGN”**, Ginebra, Diciembre, **(2004)**
- [12] SANCHÉZ, F. **“Desarrollo de nuevos servicios basados en tecnologías multimedias”**, Telefónica Investigación y Desarrollo, España, Abril, **(2008)**
- [13] KUSTRA, R. **“Redes de Próxima Generación”** Universidad de Paraguay, Paraguay, Octubre, **(2007)**

- [14] COLMENARES, R. **“Conectividad de los Nodos de Acceso para la Transformación de las Redes hacia NGN”**, División de Comunicaciones de 3 M, Septiembre, (2007)
- [15] Centro de estudios de Telecomunicaciones de CANTV, **“NGN – Next Generation Networks”**, Caracas, Febrero, (2006)
- [16] **“NGN”**, Huawei Technologies CO. LTD, Caracas, Octubre (2007)
- [17] **“Evento Tecnológico nuevas plataformas y servicios de la red NGN”**, Centro de estudios de Telecomunicaciones de CANTV, Caracas, Mayo, (2006)
- [18] CENTRO DE ESTUDIOS DE TELECOMUNICACIONES CANTV. **“Mediciones Eléctricas Planta Externa”**, Módulo XIV, (2002)
- [19] POLO, I. **“Técnicas de prueba en banda ancha”** Sunrise Telecom. USA Febrero, (2001)
- [20] COMPAÑÍA ANÓNIMA NACIONAL DE TELEFONOS DE VENEZUELA. **“Manual de Normas y Métodos de Construcción de Redes en Planta Externa”**, Caracas, Marzo, (1998)
- [21] **Manual de cables para telecomunicaciones**. Elecon. Caracas, (1990)
- [22] **Guía de referencia rápida del Sunset MTT ACM+**, Sunrise Telecom, USA, Septiembre, (2006)
- [23] BROOKS, D. **“Simulating Crosstalk Effects”**, Mentor Graphics, USA, Abril, (2004)
- [24] Programa Winsock 3270. Telnet 161.196.25.2
- [25] 4TEL, Telnet 161.196.25.2
- [26] PEREZ, D. **“Manual Dynatel 965 DSP”**, 3 M, Colombia, Agosto (2004)
- [27] POLO, I. **“Sunset xDSL Guía de referencia rápida”** Sunrise Telecom, USA, Enero, (2002)
- [28] LEON, J. **“Manual del Instalador / Reparador”**, Gerencia Corporativa de Formación CANTV, Agosto, (2003).
- [29] YESTE, J. **“Caracterización de bucles de abonado para nuevos servicios de banda ancha”** Telefónica, España, Marzo, (2005)

- [30] Recomendación ANSI T1.413-1998. **“Network and Customer Installation Interfaces Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Metallic Interface”** New York, (1998)
- [31] ADAM, W. **“Loop Qualification for xDSL”**, ERICSSON, Estocolmo, Febrero, (2001)
- [32] Berrysmith, F. **“A Multi-path Model for the Power Line Channel”** Nueva Zelanda, Agosto, (2006)
- [33] CIOFFI, J. **“Model Based Identification of POTS Local Loops for DSL Connectivity Prediction”**, USA, Marzo, (2005)
- [34] Recomendación UIT-T G-996.1 **“Procedimientos de prueba para transceptores de líneas de abonados digitales”**, Febrero, (2001)
- [35] **Plano de la red del Centro Operativo Anzoátegui I**, Departamento de Planta Externa, CANTV, Marzo, (2001)
- [36] WU, J. **“Evaluation criteria for ADSL analog front end”** Analog Applications Journal, USA, Abril, (2003)
- [37] **“ Sistemas de Acceso Ópticos: Soluciones Tecnológicas”** Universidad Politécnica de Madrid, España, Diciembre, (2001)



# ANEXO A



**Figura A.1 Disposición de las unidades en cables menores a 100 pares y para los cables de 500 a 1000 pares [12]**

**Tabla 1 Cables centrales que conforman el Distribuidor Digital [Autor]**

CABLE CENTRAL	Nº DE PARES	CABLE CENTRAL	Nº DE PARES
CC- 5	1400''	CC- 19	2100''
CC- 10	2100''	CC- 20	2100''
CC- 11	2100''	CC- 21	2100''
CC- 13	2100''	CC- 22	2100''
CC- 14	1800''	CC- 23	2100''
CC- 15	2100''	CC- 24	2100''
CC- 16	2100''	CC- 25	1200''

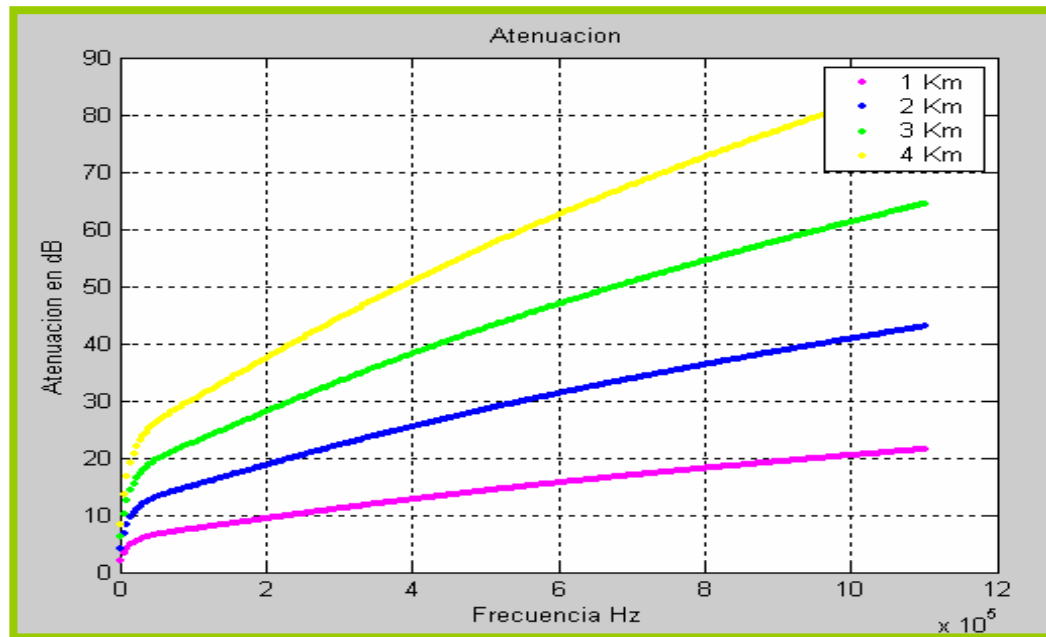
**Tabla 2 Cables centrales que conforman el Distribuidor Analógico**

[Autor]

CABLE CENTRAL	N° DE PARES	CABLE CENTRAL	N° DE PARES
CC- 2	1400''	CC- 7	1800''
CC- 3	1000''	CC- 8	1800''
CC- 4	1400''	CC- 9	1800''
CC- 6	1800''		

**Tabla 3 Valores RLCG para los cables calibre 26 AWG [Autor]**

F (Khz)	R ( $\Omega$ /Km)	L (mH/Km)	C ( $\mu$ F/Km)	G (S/Km)
0	286.1785	0.6754*e-03	4.9*e-08	0
110	303.5850	0.6501*e-03	4.9*e-08	0.1454*e-03
220	343.0883	0.6325*e-03	4.9*e-08	0.2361*e-03
330	388.5453	0.6188*e-03	4.9*e-08	0.3136*e-03
440	433.4578	0.6077*e-03	4.9*e-08	0.3836*e-03
550	476.1123	0.5986*e-03	4.9*e-08	0.4485*e-03
660	516.2750	0.5908*e-03	4.9*e-08	0.5095*e-03
770	554.1157	0.5842*e-03	4.9*e-08	0.5676*e-03
880	589.8897	0.5784*e-03	4.9*e-08	0.6232*e-03
990	623.8460	0.5733*e-03	4.9*e-08	0.6767*e-03
1100	656.2039	0.5688*e-03	4.9*e-08	0.7285*e-03



**Figura A.2 Atenuación a diferentes distancias para el calibre 26 AWG [Autor]**

**Tabla 4 Impedancia Característica para segmentos de calibre 26 AWG [Autor]**

Frecuencia (Khz)	Zo ( $\Omega$ )	Frecuencia (Khz)	Zo ( $\Omega$ )
<b>110</b>	126.5351	<b>660</b>	111.0048
<b>220</b>	117.7516	<b>770</b>	110.2203
<b>330</b>	114.8667	<b>880</b>	109.5568
<b>440</b>	113.1749	<b>990</b>	108.9846
<b>550</b>	111.9591	<b>1100</b>	108.4841

**Tabla 5 Atenuación en el cable central 09 [Autor]**

<b>Frecuencia (Khz)</b>	<b>Atenuación (dB) Hasta el 2685447</b>	<b>Atenuación (dB) Hasta el 2675859</b>	<b>Frecuencia (Khz)</b>	<b>Atenuación (dB) Hasta el 2685447</b>	<b>Atenuación (dB) Hasta el 2675859</b>
<b>100</b>	36.717	22.489	<b>600</b>	66.531	41.093
<b>200</b>	42.982	26.548	<b>700</b>	71.777	44.333
<b>300</b>	49.149	30.357	<b>800</b>	76.985	47.549
<b>400</b>	55.205	34.097	<b>900</b>	81.745	50.489
<b>500</b>	61.010	37.683	<b>1000</b>	86.303	53.305

**Tabla 6 Atenuación en el cable central 21 [Autor]**

<b>Frecuencia (Khz)</b>	<b>Atenuación (dB) Hasta el 2655070</b>	<b>Atenuación (dB) Hasta el 2656027</b>	<b>Frecuencia (Khz)</b>	<b>Atenuación (dB) Hasta el 2655070</b>	<b>Atenuación (dB) Hasta el 2656027</b>
<b>100</b>	42.837	23.560	<b>600</b>	78.272	43.049
<b>200</b>	50.568	27.812	<b>700</b>	84.444	46.444
<b>300</b>	57.822	31.802	<b>800</b>	90.570	49.814
<b>400</b>	64.947	35.721	<b>900</b>	96.170	52.894
<b>500</b>	71.777	39.477	<b>1000</b>	101.530	55.843

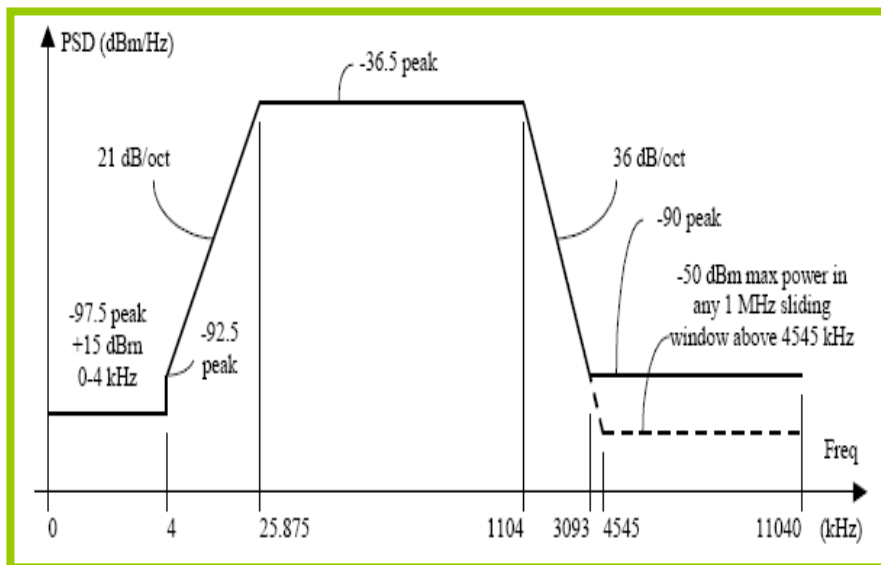


Figura A.3 Máscara PSD's del transmisor ATU-C <sup>[22]</sup>

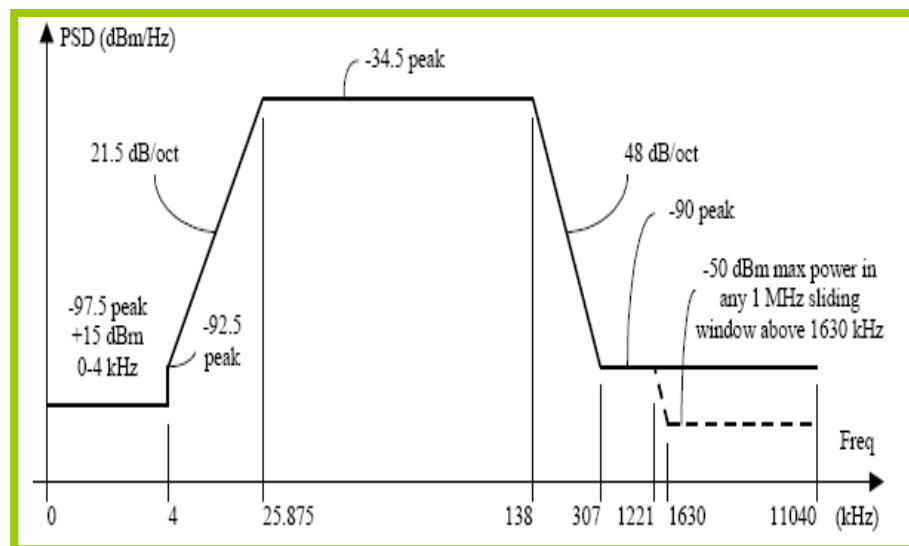


Tabla 7 Nodos actuales. <sup>[36]</sup>

<b>Código Contable</b>	<b>NODOS</b>	<b>Código HAWEI</b>	<b>Tipo</b>	<b>Numeración</b>
8104	<b>LAS AVES</b>	U671	OUTDOOR	
8122	<b>LAS PALMERAS</b>	U677	OUTDOOR	
	<b>CASA SOL</b>	U679	OUTDOOR	
8132	<b>EL MORICHE</b>	U681	OUTDOOR	
8159	<b>CANTA CLARO</b>		OUTDOOR	3380000 al 3380383
8235	<b>SANTA ROSA</b>		OUTDOOR	9930000 al 9930159
8208	<b>ARAGUA DE BNA</b>		OUTDOOR	2821000 al 2822247
8206	<b>CANTAURA</b>		OUTDOOR	4550000 al 4550999
			OUTDOOR	4551000 al 4551999
			OUTDOOR	4552000 al 4553583
8308	<b>PARIAGUAN</b>		OUTDOOR	8820000 al 8821999
			OUTDOOR	8822000 al 8822431
8132	<b>MORICHE</b>		OUTDOOR	2756000 al 2756926
8109	<b>CASA GRANDE</b>		OUTDOOR	2875000 al 2876023
8107	<b>BOSQUES DEL NEVERI</b>	U673	OUTDOOR	2669000 al 2669447
8126	<b>CERRO AMARILLO</b>		OUTDOOR	2667000 al 2667511
8106	<b>RIBERA GUAICA</b>	U672	OUTDOOR	2826000 al 2826831
8134	<b>LOS CHAGUARAMOS</b>	U777	OUTDOOR	2779000 al 2779223
8315	<b>EZEQUIEL ZAMORA</b>	U699	OUTDOOR	2318352 al 2318991
8121	<b>TERRAZAS DEL MAR</b>		OUTDOOR	2660000 al 2666926
8306	<b>PRADERAS COUNTRY</b>	U682	OUTDOOR	2559896 al 2559959
8152	<b>EL SAMAN</b>	U802	OUTDOOR	2665000 al 2665319
8127	<b>AVES DE BORA BORA</b>		OUTDOOR	
8151	<b>PUERTO LA CRUZ</b>		INDOOR	2660000 al 2663999
			INDOOR	2827000 al 2829215
8160	<b>BARCELONA</b>		INDOOR	2770000 al 2778951
			INDOOR	2717000 al 2718951
8166	<b>LECHERIA</b>		INDOOR	2873000 al 2873607
8304S	<b>EL TIGRITO</b>		INDOOR	2559000 al 2559895
8302P	<b>PUEBLO NUEVO</b>		INDOOR	2317000 al 2317991
	<b>SANTA BARBARA</b>	U698		

# ANEXO B



Using Toolbox Path Cache. Type "help toolbox\_path\_cache" for more info.  
To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.

```
%%%%%%%%%%ASIGNACION DE BITS %%%%%%%%%%%  
b;b22;b33;b44;% Vector obtenido del Dynatel 965DSP  
snr;snr22;snr33;snr44;% SNR obtenida del Dynatel 965DSP  
s=0:1:255;% Subportadora  
>> plot(s,b22,'b-',s,b44,'r-',s,b,'g-',s,b33,'m-');grid;  
xlabel('Subportadora');ylabel('Numero de bits');  
>> legend('Lazo 1', 'Lazo 2','Lazo 3','Lazo 4');  
>> axis([0 256 0 10]); title('Asignacion de bits por subportadora');  
>> plot(s,snr22,'b-',s,snr44,'r-',s,snr,'g-',s,snr33,'m-');grid;  
xlabel('Subportadora');ylabel('SNR');  
>> legend('Lazo 1', 'Lazo 2','Lazo 3','Lazo 4');  
>> axis([0 256 0 40]); title('Relacion Señal Ruido por subportadora');
```

```
%%%%%%%%%%Calculo de H para tramos de calibre 26 y 24 awg %%%%%%%%%%%  
% Constantes para el calibre 26 AWG  
roc=286.17578;  
ac=0.14769620;  
l0=6.7536888e-4;  
lm=488.95186e-6;  
b0=0.92930728;  
fm=806338.63;  
cm=49e-9;  
g0=4.3e-8;  
ge=0.70;  
  
% Constantes para el calibre 24 AWG
```

```

roc1=174.55888;
ac1=0.053073481;
l01=6.1729593e-4;
lm1=478.97099e-6;
b01=1.1529766;
cm1=50e-9;
g01=0.23487476e-12;
ge1=1.38;
fm1=553760.63;

```

```

% Definiendo las variables

```

```

Ncanales=256;
f=2156.25 + ((1:Ncanales)-1)*4312.5;
w=2*pi*f;

```

```

% Parametros del par trenzado 26 AWG

```

```

R=((roc^4)+(ac*(f.^2))).^0.25;
L=(l0+(lm*((f/fm).^b0))./(1+((f/fm).^b0)));
G=g0*(f.^ge);
C=cm;

```

```

% Parametros del par trenzado 24 AWG

```

```

R1=((roc1^4)+(ac1*(f.^2))).^0.25;
L1=(l01+(lm1*((f/fm1).^b01))./(1+((f/fm1).^b01)));
G1=g01*(f.^ge1);
C11=cm1;

```

```

% Calculo de la impedancia caracteristica

```

```

Zo26=sqrt((R + (j*w.*L))./(G+(j*w*C)));

```

$$Z_{o24} = \sqrt{(R1 + (j * w * L1)) / (G1 + (j * w * C1))};$$

**% Calculo de la constante de propagacion**

$$Cp26 = \sqrt{(R + (j * w * L)) * (G + (j * w * C))};$$

$$Cp24 = \sqrt{(R1 + (j * w * L1)) * (G1 + (j * w * C1))};$$

$$L1 = 1.93 ; \% \text{ En Km}$$

$$L2 = 0.85 ; \% \text{ En Km}$$

$$L3 = 0.62 ; \% \text{ En Km}$$

**% Longitud total del segmento**

$$Lt1 = L1 + L2 + L3;$$

$$Zl = (Z_{o26} / (\tanh(Cp26 * L3))); \% \text{ Asumimos } Zl \text{ un circuito abierto}$$

**%%%%%%%% Evaluamos los cables centrales # 09 y 21 por segmentos %%%%%%%%%**

**% Calculamos los parametros de la matriz de transmision del segmento 3**

$$A3 = \cosh(Cp26 * L3);$$

$$B3 = Z_{o26} * \sinh(Cp26 * L3);$$

$$C3 = (1 / Z_{o26}) * (\sinh(Cp26 * L3));$$

$$D3 = A3;$$

$$Zin3 = ((A3 * Zl) + B3) / ((C3 * Zl) + D3);$$

**% Calculamos los parametros de la matriz de transmision del segmento 2**

$$A2 = \cosh(Cp26 * L2);$$

$$B2 = Z_{o26} * \sinh(Cp26 * L2);$$

$$C2 = (1 / Z_{o26}) * (\sinh(Cp26 * L2));$$

$$D2 = A2;$$

$$Zin2 = ((A2 * Zin3) + B2) / ((C2 * Zin3) + D2);$$

```

% Calculamos los parametros de la matriz de transmision del segmento 1
A1=cosh(Cp24*L1);
B1=Zo24.*sinh(Cp24*L1);
C1=(1./Zo24).*(sinh(Cp24*L1));
D1=A1;
Zin1=((A1.*Zin2)+B1)/((C11.*Zin2)+D1);

M1=[A1 B1;C1 D1];
M2=[A2 B2;C2 D2];
M3=[A3 B3;C3 D3];
Mt=[A1+A2+A3 B1+B2+B3;C1+C2+C3 D1+D2+D3]; %% Matriz del abonado

AA=Mt(1,1:256);
BB=Mt(1,257:512);
CC=Mt(2,1:256);
DD=Mt(2,257:512);

%%%%%% CALCULAMOS LA FUNCION DE TRANSFERENCIA %%%%%%%%%%
Zg=120; % Ohm
H1=Zl./((Zg*(CC*Zl + DD)) + (AA*Zl +BB));
semilogy(f,abs(H1),'b-');grid;title('Funcion de transferencia');ylabel('Magnitud
de H');
xlabel('Frecuencia Hz');legend('Abonado 1');
R1= -80; % dBm/Hz Ruido de fondo Lazo 1
Hp1= abs(H1)*R1; % Vector 1 (Respuesta en frecuencia + AWGN)
plot(f,Hp1,'b-');grid;title('H(f) + AWGN ');ylabel('dB');
xlabel('Frecuencia Hz');legend('Lazo 1');axis([0 1.2e6 -10 0]);
Hm1=b'+round(Hp1); % Velocidad por H(f)+ AWGN en el lazo 1
N=24; % 24 interferentes

```

```

N1=49; % 49 interferentes
fmax = 2156.25 + (Ncanales-1)*4312.5;

% Calculo de las densidades de potencia espectrales

%%PSD de adsl upstream de acuerdo al estandar ANSI T1.413 %%%
f0=276e3;
kadsl=1000*0.0437; % Factor de correccion
alfa1=20.32;
lpf2=(138e3^alfa1)/((138e3^alfa1)+ (f.^alfa1));
alfa2=7.34;
hpf2=((f.^alfa2)+(4e3^alfa2))/((f.^alfa2)+(25875^alfa2));
PSDadsl_us1=kadsl*(2/f0).*(((sin(pi*f/f0))./(pi*f/f0)).^2).*lpf2.*hpf2;
PSDadsl_us=10*log(PSDadsl_us1/1e-3);

%%SD de adsl downstream de acuerdo al estandar ANSI T1.413%%
f0=2.208e6;
kadsl=1000*0.1104; % factor de correccion
alfa3=11.96;
lpf2=(1.104e6^alfa3)/((f.^alfa3)+(1.104e6^alfa3));
alfa4=7.09;
hpf2=((f.^alfa4)+(4e3^alfa4))/((f.^alfa4)+(25875^alfa4));
PSDadsl_ds1=kadsl*(2/f0).*(((sin(pi*f/f0))./(pi*f/f0)).^2).*lpf2.*hpf2;
PSDadsl_ds=10*log(PSDadsl_ds1/1e-3);
plot(f,PSDadsl_us,'b--',f,PSDadsl_ds,'m--');grid;
axis([0 fmax -200 0]);
title('PSDadsl Upstream y Downstream');
xlabel('Frecuencia Hz');ylabel('PSD(dBm)');
legend('PSD Upstream ANSI T1.413' , 'PSD Downstream ANSI T1.413');

```

%%%%%%%%%Calculo del next %%%%%%%%%%

```

PSDnext_us1= PSDadsl_us1.*((N/49)^0.6)*(8.81e-14).*(f.^1.5);
PSDnext_us24= (PSDnext_us1/1e-3);% NEXT para 24 interferentes Upstream
PSDnext_ds1= PSDadsl_ds1.*((N/49)^0.6)*(8.81e-14).*(f.^1.5);
PSDnext_ds24= (PSDnext_ds1/1e-3);% NEXT para 24 interferentes
Downstream

```

```

plot(f,PSDnext_us24,'b-',f,PSDnext_ds24,'r-');grid;
axis([0 fmax -350 0]);
title('Next de adsl Up y Down para 24 interferentes');
xlabel('Frecuencia Hz'); ylabel('PSD(dBm)');
legend('Next Ups (N=24)', 'Next Down (N=24)');
HM1=(b'+round(abs(HN1)))/3; % bits por H(f)+ AWGN + next 24 en el lazo 1
plot(s,HM1,'b-');grid; title('Asignacion de bits ');
ylabel('No de Bits');xlabel('Subportadora');legend('Lazo 1');
axis([0 255 0 7]);

```

# ANEXO C

TN: 281 265 0745 STA: DAC: 0600 CO: 8151 R/C: A TIME: 0910P DATE: 0204  
 NAME: FERRAYE H ELIAS CPNI: N  
 ADRS: LA TINIA AV CONSTITUCION ED PORTO BAHIA PRIORITY: 76 TSP:  
 TYPE PROBLEM: CLIENTE PRESENTA FALLA DE SINCRONISMO (VER F4)

### Mediciones realizadas con el Dynatel 965 DSP

Parámetros	A / B	A / T	B / T
Voltaje DC ( Volts)	-45.6	-3.0	-48.6
Voltaje AC ( Volts)	0.0	0.0	0.0
I de Lazo (mA)	39.6		
R. Aislamiento (MΩ)	50	15.9	66
Bob. de Pupinización	0		
Capacitancia (μF)	1.7	5.4	5.2
Ruido de Fondo (dBm)	-78		
Ruido Impulsivo (dBm)	-42		
Bal. Longitudinal (dB)	61		

ADSL	Fast(Kbps)	Max(Kbps)	S/N(dB)	Aten(dB)	Cap(%)
Upstream	256	775	24.0	36.5	33
Downstream	1024	8128	30.0	40.0	11



```

Sistema de Prueba 4TEL                               Modo de Prueba                               11 03 2005
02812650745                                         Prueba de demanda                               NEARX Pto. La Cruz
Iqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqk
x           Resumen de medici%n                      Result. prueba d/línea                          x
x                                                                                                                                            x
mqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqj
Hora : 10.16   Resultado d/Prueba : INDETERMINADO

Reporte d/avería d/cliente : Not Available
Aislaci%n : BIEN
Aparatos : Ninguno
Largo de Cable : 3.3 Kil%metros

Tensi%n      A/E:  0.1 V   B/E:  0.1 V   A/B:  0.1 V   B/A:  -0.1 V
Resistencia  A/E:  > 1 MOhm B/E:  > 1 MOhm A/B:  > 1 MOhm B/A:  > 1 MOhm
CapacitanciaA/E:  171 nF   B/E:  172 nF   A/B:  263 nF   B/A:  263 nF
PF1 Ayuda                                         PF4 Salir de Prueba

```

### Anexo C.1 Pruebas realizadas al número 02812650745

TN: 281 265 0506 STA: DAC: 0600 CO: 8151 R/C: A TIME: 1144A DATE: 0206

ADRS: GUARAGUAO CA 13 CA 26

PRIORITY: 76 TSP:

TYPE PROBLEM: INTERMITENCIA EN EL SINCRONISMO

CONTACTO: DANIEL GARCIA

### Mediciones realizadas con el Dynatel 965 DSP

Parámetros	A / B	A / T	B / T
Voltaje DC ( Volts)	-45.1	-3.3	48.4
Voltaje AC ( Volts)	0.0	0.0	0.0
I de Lazo (mA)	40.6		
R. Aislamiento (MΩ)	10.5	75	67
Bob. de Pupinización	0		
Capacitancia (µF)	2.4	7.8	7.6
Ruido de Fondo (dBm)	-79		
Ruido Impulsivo (dBm)	-85		

<b>Bal. Longitudinal (dB)</b>	31		
-------------------------------	----	--	--

### Anexo 2.1 Pruebas realizadas al número 02812650745

ADSL	Fast(Kbps)	Max(Kbps)	S/N(dB)	Aten(dB)	Cap(%)
<b>Upstream</b>	256	775	23.0	36.0	33
<b>Downstream</b>	2048	6206	29.0	47.0	33

```

Sistema de Prueba 4TEL          Modo de Prueba          11 03 2005
02812650506                    Prueba de demanda          NEAX Pto. La Cruz
lcccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
x          Resumen de medici3n          Result. prueba d/l3nea          x
xcccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
Hora : 10.19          Resultado d/Prueba : PROBADO BIEN

Reporte d/aver3a d/cliente : Not Available
Aislaci3n : 96 k Ohm Corto rectificado--Terminaci3n
Aparatos : Con tel3fono
Largo de Cable : 3.7 Kil3metros
Equipo: Dispositivo ADSL

Tensi3n          A/E: 2.8 V          B/E: -2.2 V          A/B: 5.8 V          B/A: -5.8 V
Resistencia A/E: > 1 MOhm          B/E: > 1 MOhm          A/B: 96 kOhm          B/A: > 1 MOhm
CapacitanciaA/E: 192 nF          B/E: 192 nF          A/B: 1.395 uF          B/A: 1.395 uF
PF1 Ayuda          PF4 Salir de Prueba
  
```

### Anexo C.2 Pruebas realizadas al número 02812650506

**TN: 281 267 3336** STA: DAC: 0600 CO: 8151 R/C: A TIME: 0906A DATE: 0207  
 NAME: MANZANARES CRISTIAN CPNI: N  
 ADRS: CENTRO AV MUNICIPAL ED TORRE A PORTE3A P16 A16 PRIORITY: 76  
 TYPE PROBLEM: PC NO CAPTURA IP



### Anexo C.3 Pruebas realizadas al número 02812673336

TN: 281 268 5206 STA: DAC: 0600 CO: 8151 R/C: A TIME: 1042A DATE: 0208

NAME: R.SERVICE ONLINE CPNI: N

ADRS: CENTRO AV PASEO COLON CC CRI OFORO COLOMBO 01 PRIORITY: 72

TYPE PROBLEM: FALLA EN SERVICIO ABA, MODEM NO SINCRONIZA

#### Mediciones realizadas con el Dynatel 965 DSP

Parámetros	A / B	A / T	B / T
Voltaje DC ( Volts)	-41.3	-5.6	46.8
Voltaje AC ( Volts)	0.0	0.0	0.0
I de Lazo (mA)	39.1		
R. Aislamiento (MΩ)	8.60	7.02	45.4
Bob. de Pupinización	0		
Capacitancia (μF)	1.8	6.2	5.8
Ruido de Fondo (dBm)	-75		
Ruido Impulsivo (dBm)	-58		
Bal. Longitudinal (dB)	30		

ADSL	Fast(Kbps)	Max(Kbps)	S/N (dB)	Aten(dB)	Cap(%)
Upstream	256	825	25.0	21.0	31
Downstream	1024	7314	29.5	28.0	14







### Anexo C.6 Pruebas realizadas al número 02812651091

TN: 281 267 5429 STA: DAC: 0600 CO: 8151 R/C: A TIME: 0745P DATE: 0208

NAME: CARABALLO M ANTONIO R CPNI: N

ADRS: CENTRO AV BOLIVAR RS LA BLAN QUILLA 10 A.10- PRIORITY: 7 TSP:

TYPE PROBLEM: MODEM NO SINCRONIZA

#### Mediciones realizadas con el Dynatel 965 DSP

Parámetros	A / B	A / T	B / T
Voltaje DC ( Volts)	44.9	-48.3	-3.4
Voltaje AC ( Volts)	0.0	0.0	0.0
I de Lazo (mA)	40.9		
R. Aislamiento (MΩ)	8.20	25.4	24.5
Bob. de Pupinización	0		
Capacitancia (μF)	1.7	5.6	5.8
Ruido de Fondo (dBm)	-79		
Ruido Impulsivo (dBm)	-78		
Bal. Longitudinal (dB)	60		

ADSL	Fast(Kbps)	Max(Kbps)	S/N (dB)	Aten(dB)	Cap(%)
Upstream	128	711	25.5	20.0	18
Downstream	2048	8128	31.0	30.5	21



```

Sistema de Prueba 4TEL          Modo de Prueba          11 03 2005
02812675429                     Prueba de demanda          NEAX Pto. La Cruz
Loooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo
x          Resumen de medici%n          Result. prueba d/l%nea          x
x
ooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooj
Hora : 10.37          Resultado d/Prueba : PROBADO BIEN

          Reporte d/aver%a d/cliente : Not Available
          Aislaci%n : BIEN
          Aparatos : Con tel%fono
          Largo de Cable : 1.8 Kil%metros

Tensi%n          A/E: -0.1 V          B/E: -1.9 V          A/B: 2.1 V          B/A: -2.1 V
Resistencia A/E: > 1 MOhm          B/E: > 1 MOhm          A/B: > 1 MOhm          B/A: > 1 MOhm
CapacitanciaA/E: 94 nF          B/E: 95 nF          A/B: 242 nF          B/A: 242 nF
PF1 Ayuda          PF4 Salir de Prueba

```

### Anexo C.7 Pruebas realizadas al número 02812675429

TN: **281 265 2178** STA: DAC: 0600 CO: 8151 R/C: A TIME: 0250P DATE: 0209

NAME: TRAETTINO C. LUIGI CPNI: N

ADRS: PASEO COLON EDF.TURIMIQUIRE MEZZ.APTO.M-F PRIORITY: 76

TYPE PROBLEM: CLIENTE INDICA NO SINCRONIZA LINEA CON FALLA.

### Mediciones realizadas con el Dynatel 965 DSP

Parámetros	A / B	A / T	B / T
Voltaje DC ( Volts)	45.3	-48.5	-3.2
Voltaje AC ( Volts)	0.0	0.0	0.0
I de Lazo (mA)	40.7		
R. Aislamiento (M $\Omega$ )	33.7	10.2	23.1
Bob. de Pupinización	0		

<b>Capacitancia (µF)</b>	1.7	5.5	5.6
<b>Ruido de Fondo (dBm)</b>	-76		
<b>Ruido Impulsivo (dBm)</b>	-86		
<b>Bal. Longitudinal (dB)</b>	60		

ADSL	Fast(Kbps)	Max(Kbps)	S/N (dB)	Aten(dB)	Cap(%)
Upstream	128	640	24.0	20.0	20
Downstream	2048	4654	30.0	28.5	44

```

Sistema de Prueba 4TEL          Modo de Prueba          11 03 2005
02812652178                    Prueba de demanda          NEAX Pto. La Cruz
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
x          Resumen de medici%n          Resul. prueba d/l%nea          x
x-----x-----x-----x-----x-----x-----x-----x-----x-----x
Hora : 10.41  Resultado d/Prueba : PROBADO BIEN

Reporte d/aver%a d/cliente : Not Available
Aislaci%n : 105 k Ohm Corto rectificado--Terminaci%n
Aparatos : Con tel%fono
Largo de Cable : 1.9 Kil%metros
Equipo: Dispositivo ADSL

Tensi%n      A/E:  -1.3 V   B/E:  -14.1 V   A/B:  11.5 V   B/A:  -11.5 V
Resistencia A/E:  > 1 MOhm B/E:  > 1 MOhm A/B:  > 1 MOhm B/A:  105 kOhm
CapacitanciaA/E:  98 nF   B/E:  105 nF   A/B:  276 nF   B/A:  276 nF
PF1 Ayuda          PF4 Salir de Prueba
    
```

**Anexo C.8 Pruebas realizadas al número 02812652178**

TN: 281 265 4395 STA: DAC: 0600 CO: 8151 R/C: A TIME: 0319P DATE: 0209  
 NAME: GUZMAN LUISA CPNI: N

ADRS: CENTRO CA MANEIRO CON DEMOCRACIA CA 56 PRIORITY: 76  
 TYPE PROBLEM: MODEM STARBRIDGE NO SINCRONIZA

### Mediciones realizadas con el Dynatel 965 DSP

Parámetros	A / B	A / T	B / T
Voltaje DC ( Volts)	45.4	-48.6	-3.1
Voltaje AC ( Volts)	0.0	0.0	0.0
I de Lazo (mA)	62.8		
R. Aislamiento (MΩ)	32.0	14.3	83
Bob. de Pupinización	0		
Capacitancia (µF)	1.5	0.039	9.4
Ruido de Fondo (dBm)	-75		
Ruido Impulsivo (dBm)	-43		
Bal. Longitudinal (dB)	20		

ADSL	Fast(Kbps)	Max(Kbps)	S/N (dB)	Aten(dB)	Cap(%)
Upstream	128	272	23.0	15.0	47
Downstream	2048	5251	28.5	21.5	39

```

Sistema de Prueba 4TEL                      Modo de Prueba                        11 03 2005
02812654395                                Prueba de demanda                       NEAX Pto. La Cruz
I.....Resumen de medici%n                   Resul. prueba d/lvnea                   x
x                                                                                                       x
x                                                                                                       x
m.....j
Hora : 13.03 Resultado d/Prueba : PROBADO BIEN

Reporte d/aver%a d/cliente : Not Available
Aislaci%n : BIEN
Aparatos : Con tel%fono
Largo de Cable : 1.1 Kil%metros

Tensi%n   A/E:   0.1 V   B/E:   0.1 V   A/B:   0.7 V   B/A:   -0.7 V
Resistencia A/E: > 1 MOhm B/E: > 1 MOhm A/B: > 1 MOhm B/A: > 1 MOhm
Capacitancia A/E: 57 nF B/E: 57 nF A/B: 930 nF B/A: 930 nF
PF1 Ayuda PF4 Salir de Prueba
    
```

### Anexo C.9 Pruebas realizadas al número 02812654395

TN: **281 265 1256** STA: DAC: 0600 CO: 8151 R/C: A TIME: 1023P DATE: 0209  
 NAME: RODRIGUEZ JESUS CPNI: N  
 ADRS: CLLE LIBERTAD NRO 118 PRIORITY: 76 TSP:  
 TYPE PROBLEM: MÓDEM NO SINCRONIZA (VER F4)

#### Mediciones realizadas con el Dynatel 965 DSP

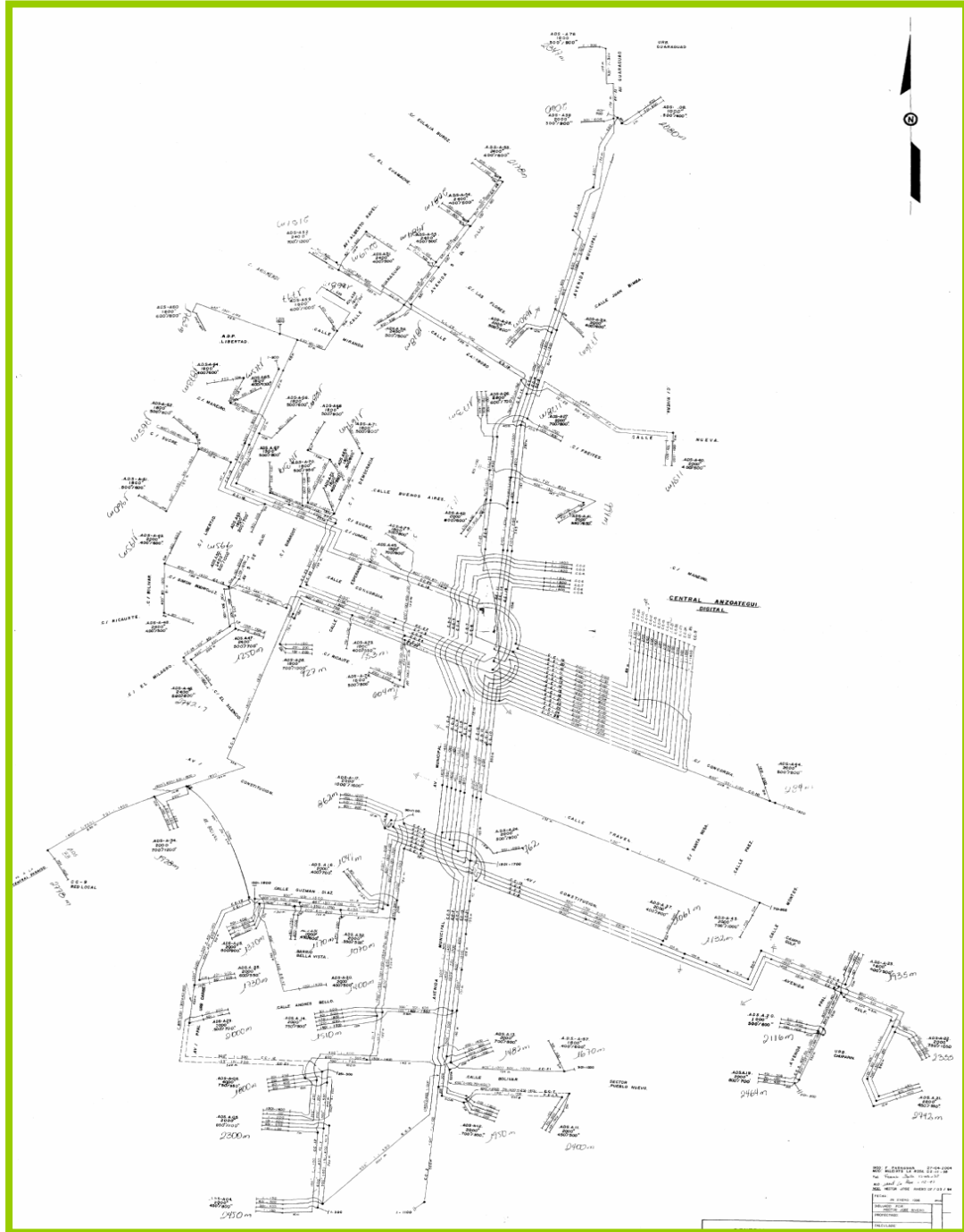
Parámetros	A / B	A / T	B / T
Voltaje DC ( Volts)	-39.5	3.3	-42.8
Voltaje AC ( Volts)	0.0	0.0	0.0
I de Lazo (mA)	36.6		
R. Aislamiento (MΩ)	8.47	24.3	25.1
Bob. de Pupinización	0		
Capacitancia (μF)	2.9	9.2	9.3
Ruido de Fondo (dBm)	-80		
Ruido Impulsivo (dBm)	-67		
Bal. Longitudinal (dB)	56		

ADSL	Fast(Kbps)	Max(Kbps)	S/N (dB)	Aten(dB)	Cap(%)
Upstream	128	673	24.0	14.0	19
Downstream	2048	>8128	28.5	22.5	22



# ANEXO D

### Anexo D.1 Plano del centro operativo Anzoátegui I



**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO**

<b>TÍTULO</b>	<b>“Estimación de la capacidad de ancho de banda de la tecnología ADSL en función de las características de transmisión de la red de planta externa de CANTV”</b>
<b>SUBTÍTULO</b>	

AUTOR (ES):

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CVLAC / E MAIL</b>
Solano H. Monica C	<b>CVLAC:</b> 15.050.299 <b>Email:</b> <a href="mailto:monica1712@gmail.com">monica1712@gmail.com</a>

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

**ANCHO DE BANDA**

**ADSL**

**PLANTA EXTERNA**

**CAPACIDAD**

**TRANSMISION**

**CANTV MODELADO**

**PAR TRENZADO**



**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>ÁREA</b>	<b>SUB ÁREA</b>
Ingeniería Eléctrica	Comunicaciones

**RESUMEN (ABSTRACT):**

El objetivo de esta tesis es estimar la capacidad de transmisión de la red de acceso de CANTV y ayudar a mejorar los criterios de determinación de la aptitud de un bucle para la provisión de servicios, a fin de determinar si la red bajo análisis es capaz de soportar la transmisión de señales ADSL con máximas garantías. Este estudio se lleva a cabo de la siguiente manera: 1) Empleando las técnicas de precalificación del lazo se realizan mediciones sobre la planta externa, con el fin de determinar los parámetros del medio de transmisión, 2) Tomando en cuenta las características eléctricas de cada uno de los tramos del bucle se realiza el modelado del par en Matlab. El primer cálculo que realiza el programa, es el de la matriz de transmisión T, de donde se obtiene la función de transferencia del abonado, luego se realiza una operación de convolución entre los coeficientes del canal y el número de bits de transmitidos, adicionando en el cálculo el efecto del ruido de fondo y el NEXT, lo que permite obtener el número de bits transmitidos por subportadora y en función de ellas la del sistema total; para luego compararlos con las prestaciones teóricas máximas y medidas. Este resultado permitirá determinar la factibilidad del servicio sobre un bucle determinado e identificar con precisión el desempeño de los bucles que aún no soportan ningún servicio de banda ancha.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E-MAIL</b>				
<b>Ing. Peña, José B.</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU X</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>	<b>8.021.584</b>			
	<b>e-mail:</b>	<b>penajb@gmail.com</b>			
<b>Ing. Serrano, Enrique</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU X</b>
	<b>CVLAC:</b>	<b>2.938.637</b>			
	<b>e-mail:</b>				
<b>Ing. Heraoui, Margarita</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU X</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>e-mail:</b>				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

<b>2009</b>	<b>02</b>	<b>12</b>
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
<b>TesisEstimación_anchodebanda.doc</b>	<b>Aplicación/msword</b>

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z . 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 .

ALCANCE

ESPACIAL: **Centro Operativo Anzoategui I – CANTV** (OPCIONAL)

TEMPORAL: **6 meses** (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

**Ingeniero Electricista**

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

**Pregrado**

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

**Licenciatura**

ÁREA DE ESTUDIO:

**Departamento de Electricidad**

INSTITUCIÓN:

**Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 44 del Reglamento de Trabajo de Grado:

**“Los Trabajos de Grado son exclusiva propiedad de la Universidad y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”**

---

**AUTOR**

Monica Solano

---

**TUTOR**

Ing. José Peña

---

**JURADO**

Ing. Enrique Serrano

---

**JURADO**

Ing. Margarita Heraoui

---

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**

Ing. Verena Mercado