

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



“PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS  
ACONDICIONADORES DE LÍNEA XDSL HOME RUN EN LA RED  
DE VOZ, DATOS Y VIDEO DE LA EMPRESA CANTV”

REALIZADO POR:

**SILVIO JOSÉ MARTÍNEZ GONZÁLEZ**

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

**INGENIERO ELECTRICISTA**

BARCELONA, OCTUBRE 2009.

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



“PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS  
ACONDICIONADORES DE LÍNEA XDSL HOME RUN EN LA RED  
DE VOZ, DATOS Y VIDEO DE LA EMPRESA CANTV”

**ASESORES:**

---

Ing. José B. Peña  
(Asesor académico)

---

Ing. Lesmen García  
(Asesor industrial)

BARCELONA, OCTUBRE 2009.

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



“PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS  
ACONDICIONADORES DE LÍNEA XDSL HOME RUN EN LA RED  
DE VOZ, DATOS Y VIDEO DE LA EMPRESA CANTV”

**JURADOS:**

---

Ing. José B. Peña.  
(ASESOR ACADÉMICO)

---

Ing. Margarita Heraoui.  
(JURADO PRINCIPAL)

---

Ing. Enrique Serrano.  
(JURADO PRINCIPAL)

BARCELONA, OCTUBRE 2009.

## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo con el artículo 44 del reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente:

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

## **DEDICATORIA**

Dedicado a dos personas muy especiales, que han tenido paciencia y prestado apoyo en mí, sin esperar nada a cambio

Mis padres:

**Edelmira J. González.**

**Silvio J. Martínez.**

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios y a la virgen Rosa Mística, por todo lo que me ha permitido vivir, dándome la oportunidad de lograr y disfrutar este maravilloso reto tan anhelado. Su luz continuará guiando mi camino y así superar otras etapas de mi vida.

A mi madre, padre, hermano, por haber estado pendiente y brindarme apoyo durante la carrera y darme consejos adecuados para hacer una persona de bien y continuar recorriendo el camino que en la vida me espera.

Al tío Pedro Luis, tía maite, primo Javier y mayra por estar allí en los momentos de la realización del trabajo.

A mi Novia Quelin Amada Castro González, por haberme apoyado y dado consejo en aquellos momentos difíciles para mí.

Al Prof Bernardo Peña, por guiarme y haber prestado parte de su tiempo para la inicialización y culminación de este trabajo.

Al encargado del laboratorio de C.A.N.T.V caracas, Ing. Miguel Zambrano, por haber prestado su ayuda en la realización de este proyecto. A los ingenieros: Marcos Tulio, Sabrina Castro, Daniel guzmán, El gringo, Lesmen garcía, Julio Díaz. A los técnicos: Omar Amariscua, José Vicente Acero, William pacheco, Bertha, Sandra, Ruben, Glu.

A mis amigos y compañeros de la universidad, por haberme dado la oportunidad de conocer gente tan maravillosa, y así ayudarnos como lo hicimos unos a otros incondicionalmente en todo momento. Entre ellos: Henry E., Javier P, Johan

A. (Margarito), Fred A., Romer C., Luis I., Daniel I., Gustavo C., Esteban P, Ronald Q, Miguel B, Pedro B y Angela. A todos los seres que no menciono pero que me apoyaron brindándome su amistad, comprensión, dándome fuerzas y esperanzas para seguir adelante y no decaer esos momentos difíciles.

## RESUMEN

Esta tesis se fundamenta en la incorporación de acondicionadores de línea xDSL Home Run, cuya finalidad es incrementar el ancho de banda, mediante la filtración del ruido y amplificación de la señal, dando como consecuencia un aumento en el radio de cobertura de los DSLAM 7301 para par trenzado de cobre con calibre 0.4 mm. Se simula la plataforma de voz, datos y video de planta externa en el laboratorio de CANTV, para determinar de acuerdo a la localización de las unidades Home Run la máxima velocidad y alcance, lo cual se logra tomando, mediciones de velocidad, atenuación, relación señal a ruido y potencia tanto de downstream como upstream sin las unidades, para luego comparar el comportamiento obtenido con la adición de las mismas. Dando como resultando un aumento en velocidad y distancia para servicios ADSL y ADSL2+ de 1 km con unidades de alcance extendido y de 1 a 1,5 km para unidades triple play. También se establece la correlación de los comportamiento de las velocidades downstream del fabricante con los del laboratorio, según la arquitectura más parecida realizada por ambas partes en el momento de evaluar las unidades Home Run, además, de elaborar una propuesta de recomendación técnica de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio tanto ADSL como ADSL2+, y por último se estudia un sector en el estado ANZOATEGUI, siguiendo los planos de cableado y canalización, para colocar los acondicionadores entre 2.6 km- 3.2 km del DSLAM, para ofrecer los servicios de voz y datos para una velocidad de 2 Mbps en sentido descendente.

## INTRODUCCIÓN

La Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela, conocida como CANTV, fue fundada en 1930, y hoy en día es el proveedor líder de servicios de telefonía fija, móvil, Internet y servicios de información del país. La Corporación dispone de las tecnologías más avanzadas, lo cual, aunado al desarrollo de mejores prácticas gerenciales, ha permitido llevar adelante una importante transformación en cobertura y calidad de servicio. El Internet sobre Banda Ancha (ABA) ha sido creado por CANTV para ofrecerle a sus clientes una experiencia superior de navegación, que se traduce en beneficios como una mayor velocidad y disponibilidad. Esta funciona sobre una tecnología llamada ADSL que le permite a CANTV aprovechar la infraestructura sobre la que actualmente funciona el servicio telefónico (Pares de cobre), para ofrecer acceso a Internet a velocidades bastante superiores a las de un acceso discado, mejor conocido como Dial Up .

La gerencia de red Anzoátegui perteneciente a CANTV, atiende el área técnica, de transmisión, conmutación y datos. Esta se encuentra ubicada en la Av. Municipal de Puerto la Cruz, la cual se encarga de la instalación, operación y mantenimiento de los circuitos privados digitales y de enlaces satelitales (Vsat), como también de evaluar, ejecutar y supervisar las acciones para la instalación de servicios y la solución de fallas de diversa complejidad técnica presentes en los equipos que conforman la red de telecomunicaciones, con el fin de asegurar un alto grado de confiabilidad y eficiencia en la prestación de los servicios.

Hoy en día, CANTV ofrece los servicios de voz y datos (internet) para usuarios localizados hasta 5 km de distancia (referido a la oficina central) y pretende prestar el servicio IPTV (adsl2+) sobre la red de cobre (planta externa) a clientes que se encuentren hasta 3 km de la oficina central. En la actualidad, la corporación demanda

cubrir la mayor cantidad de usuarios posible tanto para los servicios ADSL como adsl2+, esto se alcanza mediante la incorporación de acondicionadores de línea xDSL Home Run. Para el estudio de estas unidades, el presente proyecto se desarrolló en el laboratorio de CANTV ,con la finalidad de determinar el punto más óptimo de la red (planta externa) en la cual se ubicará el acondicionador de línea xDSL Home Run, de acuerdo a las mediciones y evaluación del desempeño de la velocidad de bajada/subida vs distancia, a fin de determinar el máximo alcance para ADSL (ancho de banda, 1.1 Mhz) y ADSL2+ (ancho de banda, 2.2 Mhz), así como, estudiar la relación señal-ruido, atenuación y potencia en la línea, para predecir el comportamiento de los acondicionadores de línea H.R en la red de planta externa. Los resultados obtenidos sirven de referencia como recomendación técnica para la ejecución del proyecto en el estado Anzoátegui.

## CONTENIDO GENERAL

<b>RESOLUCIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>VIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>IX</b>
<b>CONTENIDO GENERAL.....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>XVII</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>XX</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>21</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>21</b>
1.1 RESEÑA HISTÓRICA .....	21
1.2 MISIÓN.....	22
1.3 VISIÓN .....	22
1.4 OBJETIVOS DE LA ORGANIZACIÓN .....	22
1.5. LABORATORIO.....	23
<i>1.5.1 Ubicación .....</i>	<i>23</i>
1.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	23
1.7 OBJETIVOS .....	24
<i>1.7.1 Objetivo General.....</i>	<i>24</i>
<i>1.7.2 Objetivos Específicos.....</i>	<i>24</i>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>26</b>
<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>26</b>

2.1 BUCLE DIGITAL DE ABONADO (xDSL) .....	26
2.1.1 HDSL ( <i>High bit rate Digital Subscriber Line</i> ) .....	27
2.1.2 VDSL ( <i>Very High Digital Subscriber Line</i> ) .....	28
2.2 ADSL (LÍNEA DE SUBSCRIPTOR DIGITAL ASIMÉTRICA) .....	28
2.2.1 <i>Factores que influyen en la transmisión de datos en ADSL</i> .....	30
2.2.2 <i>Técnicas de transmisión y modulación</i> .....	32
2.3 ADSL2 .....	35
2.4 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA .....	35
2.4.1 L2 LOW-POWER MODE (KEEP ALIVE MODE) .....	36
2.4.2 L3 LOW-POWER MODE (SLEEP MODE) .....	36
2.5 ESPECTRO DE FRECUENCIAS DE ADSL2+ .....	36
2.6 CANTIDAD DE BITS POR PORTADORA .....	37
2.7 ANCHO DE BANDA DE TRANSMISIÓN MÍNIMO .....	38
2.8 RESTRICCIÓN DE LA CAPACIDAD DEL CANAL DEBIDO AL RUIDO- EL TEOREMA SHANNON- HARTLEY .....	39
2.9 ¿QUÉ ES ABA? .....	41
2.9.1 <i>Características del Servicio</i> .....	41
2.9.2 <i>Limitaciones de ABA</i> .....	42
2.10 EL DSLAM (MULTIPLEXOR DIGITAL DE ACCESO A LA LÍNEA DE ABONADO) .....	43
2.11 ENLACE ADSL .....	43
2.12 DISTANCIA AL DSLAM .....	45
2.13 MÉTODOS DE GESTIÓN ESTÁNDAR DE LOS MÓDEMS ADSL Y DSLAM .....	46
2.14 FUNCIÓN DEL DSLAM SOBRE ATM (MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRÓNICO) .....	47
2.15 IP DSLAM .....	47
2.16 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES ELÉCTRICAS DEL PAR TRENZADO .....	48
2.17 ESTRUCTURA DEL BUCLE DE ABONADO .....	50
2.18 LA TELEVISIÓN .....	51
2.18.1 <i>Televisión Analógica</i> .....	51
2.18.2 <i>Televisión Digital</i> .....	52
2.18.4 <i>Televisión Digital por ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)</i> .....	52
2.19 ANCHO DE BANDA .....	55
2.20 ANCHO DE BANDA ASIMÉTRICO .....	55
2.21 DISPONIBILIDAD DE LOS SERVICIOS .....	57
2.22 TIEMPO DE CAMBIO DE CANAL PARA EL VIDEO BROADCAST .....	57

2.23 ARQUITECTURA .....	58
2.23.1 Codificador en Tiempo Real ( <i>Real-Time-Encoder</i> ).....	59
2.23.2 Guía Electrónica de Programación ( <i>EPG Electronic Program Guide</i> ).....	59
2.23.3 El cliente Broadcast ( <i>Broadcast Client</i> ).....	60
2.23.4 El sistema de Distribución ( <i>ADS de Asset Distribution System</i> ) .....	60
2.23.5 El servidor de Navegación ( <i>Navigation Server</i> ).....	61
2.23.6 El administrador de Sesión ( <i>Session Management</i> ) .....	61
2.23.7 El sistema que verifica los derechos del suscriptor ( <i>Entitlement System</i> ).....	61
2.23.8 El Surtidor de Video ( <i>Video Pump</i> ).....	61
2.23.9 El Administrador de Recursos de Videos On-Demand ( <i>ODRM On-Demand</i> <i>Resource Manager</i> ) .....	61
2.23.10 On-Demand Client ( <i>ODC</i> ).....	62
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>63</b>
<b>ACONDICIONADORES DE LÍNEA XDSL HOME RUN .....</b>	<b>63</b>
3.1 Fabricante ( <i>Western Pacific Telecommunications</i> ) .....	63
3.2 Funcionamiento del acondicionador de línea xDSL H.R.....	65
3.3 Aplicación de los acondicionadores de línea xDSL .....	65
3.4 Aplicaciones ADSL2 y ADSL2 + .....	67
3.5 Resistencia de Bucle.....	67
3.6 Gabinetes de home run.....	67
3.7 Función del gabinete de distribución HR/ER.....	68
3.8 Ubicación del gabinete en la red.....	69
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>72</b>
<b>PRUEBAS DE LABORATORIO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>72</b>
4.1 DETERMINACIÓN DE LA MÁSCARA .....	72
4.2 ESCENARIO I MONTAJE, CONFIGURACIÓN, PRUEBAS DE ATENUACIÓN Y RELACIÓN SEÑAL A RUIDO.....	73
4.2.1 Análisis atenuación en el canal de downstream.....	76
4.2.2 Descripción de atenuación en el canal de upstream .....	77
4.2.3 Análisis atenuación en el canal de upstream 512 kbps y 1024 kbps .....	77
4.2.4 Descripción de la relación señal a ruido en el canal de downstream.....	77

4.2.5	<i>Análisis SNR downstream 2 Mbps</i> .....	78
4.2.6	<i>Análisis SNR downstream 8 Mbps</i> .....	79
4.2.7	<i>Descripción de la relación señal a ruido en el canal de upstream</i> .....	80
4.2.8	<i>Análisis SNR upstream 512Kbps</i> .....	80
4.3	ESCENARIO 2 LOCALIZACIÓN DEL ACONDICIONADOR DE LÍNEA HOME RUN MODELO EXTENDED REACH TELEALIMENTADO.....	82
4.3.1	DESCRIPCIÓN DE VELOCIDAD.....	85
4.3.2	<i>Análisis velocidad 2 Mbps modelo extensor</i> .....	86
4.3.3	<i>Descripción de atenuación</i> .....	86
4.3.4	<i>Análisis de atenuación 2 Mbps modelo extensor</i> .....	87
4.3.5	<i>Descripción de potencia</i> .....	87
4.3.6	<i>Análisis de potencia 2 Mbps modelo extensor</i> .....	88
4.3.7	<i>Descripción de relación señal a ruido</i> .....	89
4.3.8	<i>Análisis de relación señal a ruido 2 Mbps modelo extensor</i> .....	89
4.3.9	<i>Servicio banda ancha 8 Mbps</i> .....	90
4.3.10	<i>Análisis de velocidad 8 Mbps modelo extensor</i> .....	91
4.3.11	<i>Análisis de atenuación 8 Mbps modelo extensor</i> .....	92
4.3.12	<i>Análisis de potencia 8 Mbps modelo extensor</i> .....	92
4.3.13	<i>Análisis de relación señal a ruido 8 Mbps modelo extensor</i> .....	93
4.3.14	<i>Servicio banda ancha 24 Mbps</i> .....	94
4.3.15	<i>Análisis velocidad máxima 24 Mbps modelo extensor</i> .....	95
4.3.16	<i>Análisis de atenuación 24 Mbps modelo extensor</i> .....	95
4.3.17	<i>Análisis de potencia 24 Mbps modelo extensor</i> .....	97
4.3.18	<i>Análisis de relación señal a ruido 24 Mbps modelo extensor</i> .....	97
4.3.19	<i>Análisis de velocidad 512 Kbps modelo extensor</i> .....	98
4.3.20	<i>Análisis de atenuación 512 Kbps modelo extensor</i> .....	99
4.3.21	<i>Análisis de potencia 512 Kbps modelo extensor</i> .....	100
4.3.22	<i>Análisis de relación señal a ruido 512 Kbps modelo extensor</i> .....	102
4.4	ESCENARIO 3 ESTUDIOS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO, MODELO TRIPLE PLAY TELEALIMENTADO.....	102
4.4.1	<i>Análisis de velocidad 2 Mbps modelo triple play</i> .....	103
4.4.2	<i>Análisis de atenuación 2 Mbps modelo triple play</i> .....	103
4.4.3	<i>Análisis de potencia 2 Mbps modelo triple play</i> .....	105
4.4.4	<i>Análisis de relación señal a ruido 2 Mbps modelo triple play</i> .....	105

4.4.5	<i>Análisis de velocidad 8 Mbps modelo triple play</i>	106
4.4.6	<i>Análisis de atenuación 8 Mbps modelo triple play</i>	107
4.4.7	<i>Análisis de potencia 8 Mbps modelo triple play</i>	108
4.4.8	<i>Análisis de relación señal a ruido 8 Mbps modelo triple play</i>	109
4.4.9	<i>Análisis de velocidad 24 Mbps modelo triple play</i>	110
4.4.10	<i>Análisis de atenuación 24 Mbps modelo triple play</i>	111
4.4.11	<i>Análisis de SNR 24 Mbps modelo triple play</i>	112
4.5	CORRELACIONES GRÁFICAS DEL FABRICANTE VS LAS GENERADAS EN PRUEBAS DE LABORATORIO	113
4.5.1	<i>Configuración laboratorio Vs fabricante</i>	116
4.5.2	<i>Gráficas fabricantes vs laboratorio con simulador de línea y H.R modelo extensor</i>	117
4.5.2.1	<i>Análisis del laboratorio vs fabricante sin acondicionador de línea xDSL</i>	118
4.5.2.2	<i>Análisis del laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 1,8 km</i>	118
4.5.2.3	<i>Análisis del laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 2,0 km-2,1 km</i>	120
4.5.2.4	<i>Análisis del laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 2,4 km-2,6 km</i>	122
4.5.2.5	<i>Análisis del laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 2,6 km-2,7 km</i>	124
4.5.3	GRÁFICAS FABRICANTES VS LABORATORIO CON SIMULADOR DE LÍNEA Y H.R CON MODELO TRIPLE PLAY	125
4.5.3.1	<i>Análisis de laboratorio vs fabricante sin acondicionador de línea</i>	125
4.5.3.2	<i>Análisis de laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 1,8 km</i>	126
4.5.3.3	<i>Análisis de laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 2,0-2,1 km modelo triple play</i>	128
4.5.3.4	<i>Análisis de laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 2,4-2,6 km modelo triple play</i>	129
4.6	RECOMENDACIONES TÉCNICAS	131
4.6.1	<i>Modelo Extensor para voz y datos</i>	131
4.6.1.1	<i>Caso #1 Clientes localizado entre 5 – 6 km</i>	131
4.6.2	<i>Modelo Extensor para voz, datos y video</i>	132
4.6.2.1	<i>Caso # 2 Clientes localizados entre 3-4 km</i>	132
4.6.2.2	<i>Caso # 3 Clientes localizados entre 4- 5 km</i>	132
4.6.3	<i>Modelo Triple Play para voz y datos</i>	132
4.6.3.1	<i>Caso # 4 Clientes localizados entre 5 – 6,5 km</i>	132
4.6.4	<i>Modelo Triple Play para voz, datos y video</i>	133
4.6.4.1	<i>Caso # 5 Clientes localizados entre 3-4 km</i>	133
4.6.4.2	<i>Caso # 6 Clientes localizados entre 4-5,4 km</i>	133

4.7 RESUMEN .....	134
4.8 APLICACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES TÉCNICAS EN UN SECTOR DEL ÁREA NORTE DEL ESTADO ANZOÁTEGUI.....	135
4.8.1 <i>CENTRAL PARAISO</i> .....	135
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>142</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>144</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>147</b>
<b>METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO: ..</b>	<b>216</b>

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 2.1 Ancho de banda y caudales de xdsl [1].....	26
Fig.2.2 Evolución de transmisión módem banda vocal y xdsl [1].....	27
Fig 2.3 Utilización del espectro de frecuencias por las técnicas EC y FDM [2] .....	30
Fig 2.4 Técnica de modulación QAM [4].....	33
Fig 2.5 Modulación por multitonos discretos [5].....	33
Fig 2.6 Espectro de frecuencias ADSL2+ [4] .....	37
Fig 2.7 Número de bits/portadora [4].....	39
Fig 2.8 Parte física DSLAM 7301 alcatel [2] .....	44
Fig 2.9 Esquema del Servicio DSL[8] .....	44
Fig 2.10 Esquema ADSL [11] .....	45
Fig 2.11 Modelo de una Línea de Transmisión por unidad de longitud [8].....	49
Fig 2.12 Estructura general del lazo suscriptor [7] .....	50
Fig 2.13 Lazo del suscriptor [7].....	51
Fig 2.14 Resolución HD Vs. Tasa de Bits [9].....	56
Fig 2.15 Componentes para la aplicación de video [8].....	60
Fig 3.1 Localización de los acondicionadores de línea xDSL modelo triple play [13]. .....	64
Fig 3.2 Localización de los acondicionadores de línea xDSL modelo extended reach [13]......	64
Fig 3.3 Funcionamiento del acondicionador de línea xdsl H.R [14] .....	66
Fig 3.4 Gabinete en la red [16] .....	70
Fig 3.5 Partes principales de un gabinete [16]......	71
Fig 4.1 conexión DSLAM-CPE .....	73
Fig 4.2 Máscara correspondiente a 2 Mbps, 3 Mbps; 5 Mbps,.....	76
Fig 4.3 Máscara correspondiente a 512 Kbps, .....	78
Fig 4.4 Máscara de relación señal a ruido 2 Mbps (Downstream).....	79

Fig 4.5 Mascara de relación señal a ruido 8 Mbps (Downstream).....	80
Fig. 4.6 Relación señal a ruido 512 Kbps (Upstream) .....	81
Fig 4.7 Esquema montado en el laboratorio.....	82
Fig 4.8 Esquemático modelo extensor .....	83
Fig 4.9 Trazados de velocidad ABA 2 Mbps modelo extensor .....	87
Fig 4.10 Trazados de atenuación ABA 2Mbps modelo extensor .....	88
Fig 4.11 Trazados de potencia ABA 2Mbps modelo extensor .....	89
Fig 4.12 Trazados de SNR ABA 2Mbps modelo extensor.....	90
Fig 4.13 Trazados de velocidades ABA 8Mbps modelo extensor.....	91
Fig 4.14 Trazados de atenuación ABA 8Mbps modelo extensor .....	92
Fig 4.15 Trazados de potencia ABA 8Mbps modelo extensor .....	93
Fig 4.16 Trazados de SNR ABA 8Mbps modelo extensor.....	94
Fig 4.17 Trazados de velocidades máxima 24 Mbps modelo extensor.....	96
Fig 4.18 Trazados de atenuación 24 Mbps modelo extensor .....	96
Fig 4.19 Trazados de atenuación 24 Mbps modelo extensor .....	97
Fig 4.20 Trazados de SNR 24 Mbps modelo extensor.....	98
Fig 4.21 Trazados de velocidad 512 Kbps modelo extensor.....	99
Fig 4.22 Trazados potencia ABA 512 Kbps modelo extensor .....	100
Fig 4.23 Trazados potencia ABA 512 Kbps modelo extensor .....	101
Fig 4.24 Trazados SNR ABA 512 Kbps modelo extensor .....	101
Fig 4.25 Esquema del modelo triple play.....	102
Fig 4.26 Trazados velocidad ABA 2Mbps modelo triple play .....	104
Fig 4.27 Trazados atenuación ABA 2Mbps modelo triple play .....	104
Fig 4.28 Trazados potencia ABA 2Mbps modelo triple play .....	105
Fig 4.29 Trazados SNR ABA 2Mbps modelo triple play.....	106
Fig 4.30 Trazados velocidad ABA 8Mbps modelo triple play .....	107
Fig 4.31 Trazados velocidad ABA 8 Mbps modelo tripla play .....	108
Fig 4.32 Trazados velocidad ABA 8Mbps modelo triple play .....	109
Fig 4.33 Trazados SNR ABA 8Mbps modelo triple play.....	110

Fig 4.34 Trazados velocidad máxima 24Mbps modelo triple play .....	111
Fig 4.35 Trazados atenuación ABA 24Mbps modelo triple play .....	112
Fig 4.36 Trazados SNR ABA 24Mbps modelo triple play .....	113
Fig. 4.37 Configuración laboratorio .....	116
Fig. 4.38 Configuración del fabricante .....	117
Fig 4.39 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante.....	119
Fig 4.40 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante.....	119
Fig 4.41 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante.....	121
Fig 4.42 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante.....	123
Fig 4.43 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante.....	124
Fig 4.44 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante.....	126
Fig 4.45 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante.....	127
Fig 4.46 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante.....	128
Fig 4.47 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante.....	130
Fig 4.48 Caso ADSL y ADSL2+ .....	131
Fig 4.49 Central paraíso .....	135
Fig 4.50 ADS-01 .....	137
Fig 4.51 Plano de canalización parte 1.....	140
Fig 4.52 Plano de canalización parte 2.....	141

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Relación entre el número de bits/símbolo.....	34
Tabla 2.2 Velocidades ADSL y ADSL2 [4] .....	36
Tabla 2.3 Velocidades de los estándares [4] .....	38
Tabla 2.4 Velocidad y distancia de ABA de acuerdo al calibre utilizado [11]...	42
Tabla 2.5 Capa de aplicación mínima recomendada para SDTV y HDTV [9]..	56
Tabla 3.1 Aplicación Límites con unidad de Home Run [15] .....	67
Tabla 3.2 Aplicación Límites con unidad de Home Run [15] .....	68
Tabla 3.3 Identificación de gabinete y acondicionadores de línea xDSL Home Run [16]. .....	71
Tabla 4.1 Velocidad downstreams/upstreams pre-establecidas [17].....	74
Tabla 4.2 Parámetros de la línea [17] .....	75
Tabla 4.3 Combinaciones de longitudes de cableado en el laboratorio .....	83
Tabla 4.4 Parámetros de velocidad [17] .....	84
Tabla 4.5 Parámetros presentes en la línea [17] .....	85
Tabla 4.6 Comparación de distancia de separación.....	117
Tabla 4.7 Resumen de las recomendaciones técnicas.....	134
Tabla 4.8 Descripción residencia Palma Dorada .....	136
Tabla 4.9 Descripción residencia terraza de Bora-Bora .....	136
Tabla 4.10 Distancia entre tanques .....	138
Tabla 4.11 Distancia de canalización y números de tanques.....	139
Tabla 4.12 Ubicación de las unidades en la red.....	139

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Reseña histórica

La Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela, conocida como CANTV, fue fundada en 1930, y se le otorgó una concesión para construir y explotar una red telefónica en el Distrito Federal y los llamados Estados de la Unión. El beneficiario de esta concesión fue el comerciante Félix A. Guerrero, quien luego de haber suscrito la concesión el 4 de abril de 1930, se asoció con el comerciante Manuel Pérez Abascal y el abogado Alfredo Damirón y constituyen la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV). En 1931, CANTV sigue creciendo aceleradamente y adquiere las instalaciones telefónicas que funcionaban en Ciudad Bolívar. Para 1950, existían en el país, 48.529 líneas de teléfonos. En 1953, la nación adquiere la totalidad de las acciones ordinarias de CANTV con el objetivo de crear una nueva red telefónica independiente y solamente utilizar las partes aprovechables de la anterior empresa. En 1990, El Estado prorroga por seis meses el contrato de concesión vencido mientras decide cuál será la fórmula para afrontar la situación. Se nombra una comisión integrada por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, el Fondo de Inversiones de Venezuela y la oficina de Coordinación de Planificación de la Presidencia de la República que se pronuncia a favor de la privatización de la empresa. En noviembre de 1995 nace CANTV Servicios posteriormente convertida en Cantv.net, con el propósito de proveer a los clientes servicios de valor agregado. A la postre será la insignia de modernización de la Corporación al impulsar masivamente el servicio de Internet en Venezuela, liderazgo que sigue consolidando a través de los años. A partir de 2001, CANTV presenta una

identidad de marca corporativa uniforme, símbolo de la comunicación abierta a través de un amplio abanico de productos y servicios. Para el año 2004-2006 la Corporación incrementa agresivamente su base de clientes en telefonía móvil; aprovechando la ampliación de la cobertura de la red CDMA 1X, al llegar a mercados no atendidos mientras continúa la expansión de la red fija. Por medio de la instalación de puertos ABA en la mayoría de las centrales fijas y la capacidad de transmisión de datos a través de la nueva tecnología EvDO, CANTV y Movilnet consolidan un liderazgo absoluto en el mercado de banda ancha e Internet.

## **1.2 Misión**

Mejorar la calidad de vida de la gente en Venezuela al proveer soluciones de comunicaciones que exceden las expectativas de nuestros clientes.

## **1.3 Visión**

Ser el proveedor preferido de servicios integrales de telecomunicaciones de Venezuela, y satisfacer plenamente las necesidades específicas de nuestros clientes, siempre bajo exigentes patrones de ética y rentabilidad".

## **1.4 Objetivos de la Organización**

Ser el proveedor dominante de soluciones integrales de telecomunicaciones en el mercado, defendiendo la marca y el cliente.

Aplicar la tecnología para responder oportunamente a las necesidades y requerimientos del mercado.

Crear y mantener ventajas competitivas mediante el manejo de la información

de nuestra base de clientes.

Crear y mantener ventajas competitivas basadas en la calidad de los recursos humanos y servicios.

## **1.5. Laboratorio**

### **1.5.1 Ubicación**

Actualmente el laboratorio de la empresa CANTV está localizado en el Distrito Capital, Av Libertador, Sector guaicaipuro, Equipos II. Piso 6 ala Norte.

## **1.6 Planteamiento del problema**

Actualmente CANTV ofrece los servicios de voz y datos (Internet) para usuarios localizados hasta 5 km de distancia (referido a la oficina central) y pretende prestar el servicio IPTV (adsl2+) sobre la red de cobre (planta externa) a clientes que se encuentren hasta 3 km de la OC (oficina central). Hoy en día, la corporación desarrolla un proyecto para cubrir la mayor cantidad de usuarios posible tanto para adsl y adsl2+, mediante la incorporación de acondicionador de línea xDSL Home Run. Estos acondicionadores están disponibles en dos tipos de productos, extended reach (extensor) y triple play, cada uno de ellos destinados a ser utilizados en una aplicación específica. Las primeras unidades se ubican entre 1,8 km – 2,7 km de la oficina central (según el fabricante), las segundas 0,9 km – 2,4 km (según el fabricante).

El presente proyecto se desarrolló en el laboratorio de CANTV (Caracas) ,con la finalidad de determinar el punto más óptimo de la red (planta externa) en el cual se ubicará el **acondicionador de línea xDSL Home Run**, de acuerdo a las mediciones y

evaluación del desempeño de la velocidad de bajada/subida vs distancia, a fin de determinar el máximo alcance para adsl (ancho de banda, 1.1 Mhz) y adsl2+ (ancho de banda, 2.2 Mhz), así como, estudiar la relación señal-ruido, atenuación y potencia en la línea, para predecir el comportamiento de los acondicionadores de línea H.R en la red de planta externa. Los resultados obtenidos sirven de referencia como recomendación técnica para la ejecución del proyecto en el estado Anzoátegui.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General**

- Optimizar la implementación de los acondicionadores de línea xdsl Home Run en la red de voz, datos y video de la empresa CANTV.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

1. Describir las arquitecturas y plataformas de redes basadas en tecnologías de acondicionadores xDSL Home Run.
2. Realizar pruebas de laboratorio en diferentes configuraciones y tecnologías para la medición de los parámetros de la red de planta externa.
3. Correlacionar los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas versus los datos suministrados por el fabricante de los equipos (extensor y triple play).
4. Elaborar una propuesta de recomendaciones técnicas para la planificación de plataformas de comunicaciones multiservicios sobre la red de planta externa.
5. Aplicar las recomendaciones técnicas propuestas en un caso real de la red de

CANTV en el área norte del Estado Anzoátegui.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Bucle digital de abonado (xDSL)

Bajo las siglas xDSL se agrupan un conjunto de tecnologías que, utilizando códigos de línea y técnicas de modulación adecuadas, permiten transmitir regímenes de datos de alta velocidad sobre el par trenzado telefónico. En la figura 2.1 se muestran los anchos de banda requeridos por cada tecnología xDSL, así como los regímenes binarios que proporcionan. En la figura 2.2 se representa la evolución de las velocidades obtenidas por las técnicas xDSL en los últimos años, en comparación con el crecimiento de las velocidades de los módem en banda vocal (300-3400Hz) [1].

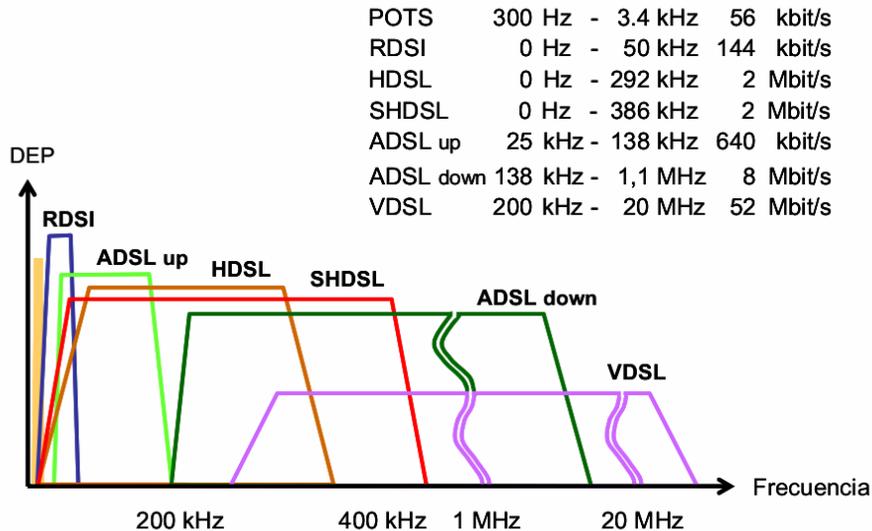


Fig. 2.1 Ancho de banda y caudales de xDSL [1]

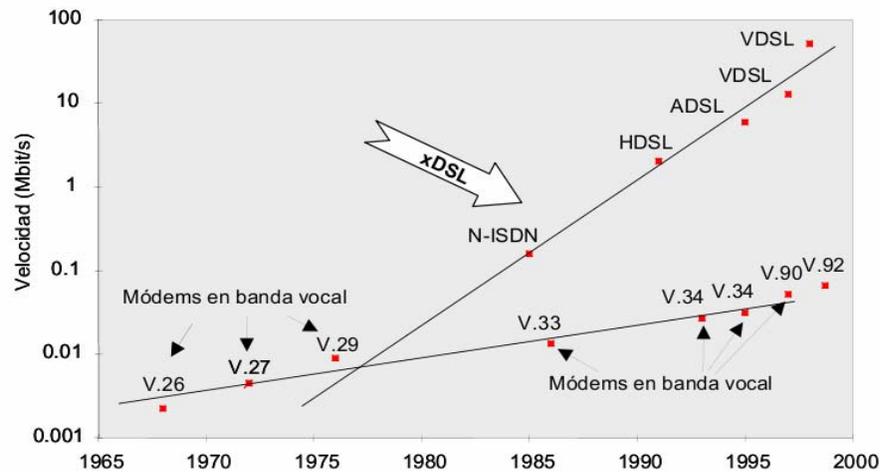


Fig.2.2 Evolución de transmisión módem banda vocal y xdsl [1]

### 2.1.1 HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line)

Los primeros en aparecer fueron los módems HDSL, diseñados para ofrecer servicios a velocidades de hasta de 2,048 Mbps sobre 2 o 3 pares de cables en anchos de banda que varían entre 8 KHz y 240 KHz, según la técnica de modulación utilizada de forma simétrica. El HDSL original a 1,544 Mbps utilizaba 2 pares de cobre y se extendía hasta 4,5 Kilómetros. El HDSL a 2,048 Mbps necesitaba 3 pares para la misma distancia (pero no más). Las últimas versiones del HDSL, conocidas como HDSL2, emplean sólo un par de hilos y se espera que se conviertan en un estándar para garantizar la compatibilidad entre equipos. Aplicaciones típicas para HDSL serían para la conexión de centrales PABX, las antenas situadas en las estaciones base de las redes telefónicas celulares, servidores de internet, interconexión de lan y redes privadas de datos.

### **2.1.2 VDSL (Very High Digital Subscriber Line)**

El miembro más reciente de la familia, VDSL, es considerado el «último objetivo» de la tecnología DSL. Las velocidades son las más altas posibles, pero con un alcance de sólo entre 300 y 1.300 metros sobre un par de cobre trenzado. Esto no es un problema para VDSL. VDSL espera encontrar una red de fibra en ese punto, y también tiene proyectado transportar celdas ATM (Asynchronous Transfer Mode - Modo de Transferencia Asíncrono), no como una opción, pero sí como una recomendación. Esta tecnología, coincide básicamente con ADSL y permite velocidades de hasta 52 Mbps aunque sobre distancias menores. Actualmente, el ADSL solo alcanza 8 Mbps de bajada y el VDSL puede llegar a los 52 Mbps de bajada. Proporcionalmente, el VDSL tendrá menor cantidad de velocidad de subida que el ADSL. (Menor proporción, pero mayor cantidad). Otra diferencia es que habrá dos versiones: simétrica y asimétrica. Simétrica quiere decir que la velocidad de subida y bajada es igual (por lo tanto es mas cara) y asimétrica, que es más lento subir que bajar. A más distancia de la central, se puede alcanzar menos velocidad. De hecho esto pasa también con el ADSL, pero en menor proporción. Para conseguir el máximo rendimiento, no se puede estar a más de 300 metros de la central [1].

### **2.2 ADSL (Línea de subscriptor digital asimétrica)**

A pesar de ser concebido para una variedad de posibles aplicaciones, el objetivo principal del sistema ADSL hoy en día es brindar acceso a Internet a usuarios residenciales y a pequeñas empresas. Este tipo de abonados generalmente no requiere de un enlace de alta velocidad en sentido ascendente, ya que el carácter de los servicios a los que acceden habitualmente es tal que la cantidad de información que es necesario transmitir desde los servidores hacia los equipos de los usuarios es significativamente mayor que aquella en dirección contraria.

Esta tecnología hace uso de un rango del espectro de frecuencias que se encuentra en la parte superior del rango ocupado por el sistema telefónico, lográndose así la coexistencia, sin interferencias mutuas de ambos servicios.

El sistema puede trabajar en dos modos diferentes en lo que concierne a los rangos de frecuencia utilizados por los canales descendentes y ascendente: la cancelación de eco (EC) y la multiplexación por división de frecuencia (FDM).

En la EC, el rango de frecuencias utilizado por el canal descendente, en su parte inferior se solapa con el del canal ascendente (fig 2.3). Como consecuencia, esta solución permite alcanzar velocidades de transferencia de datos desde la central al abonado mayor que con FDM, pero se caracteriza también por ser altamente sensible a la paradiafonía (NEXT) y por la necesidad de implementar canceladores de eco. La recomendación ITU-T G.992.1 (o G.dmt) sugiere utilizar el rango de frecuencias entre 25,875 y 138 KHz para el canal de subida y entre 25,875 y 1104 KHz para el canal de bajada.

La FDM difiere de la técnica anterior en que los rangos de frecuencia utilizados para cada una de las direcciones de transmisión no se solapan (fig. 2.3). Debido a esto, la conexión es prácticamente inmune a la paradiafonía proveniente de otras líneas con ADSL y, además, no se requieren canceladores de eco. Su principal desventaja es la limitación impuesta al canal de bajada, lo cual se traduce en velocidades menores de transferencia de datos en ese sentido. Según la ITU-T G.992.1, el rango de frecuencias ocupado por la transmisión descendente debe encontrarse entre 138 y 1104 khz, pero en la práctica, para evitar interferencias, ALCATEL deja un segmento de frecuencias (126khz-163khz) sin utilizar entre este canal y el ascendente [3].

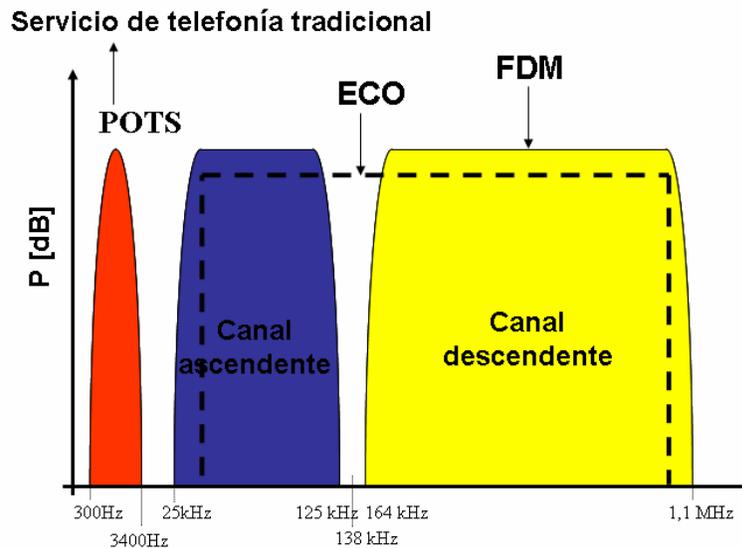


Fig 2.3 Utilización del espectro de frecuencias por las técnicas EC y FDM [2]

### 2.2.1 Factores que influyen en la transmisión de datos en ADSL

El sistema ADSL se caracteriza por adaptarse a las condiciones del medio de transmisión y conservar un nivel de calidad mínimo impuesto. Este nivel de calidad es definido como la máxima tasa permisible de ocurrencia de errores de bits (BER), la cual, según las normas vigentes, no debe ser mayor a  $10^{-7}$ . De este modo, las condiciones de la conexión no afectan la calidad de la transmisión, sino la velocidad de transferencia máxima alcanzable o, en algunos casos, la viabilidad misma de la implementación de ADSL sobre un bucle determinado.

Los factores que influyen en las transmisiones ADSL son muchos y de diversa índole entre los cuales tenemos:

La atenuación de la señal transmitida por el par trenzado de cobre que depende principalmente de la longitud del cable, su diámetro y la frecuencia de la señal. Sin embargo, las variaciones de la temperatura y la presencia de humedad también

producen cambios en este parámetro.

Una toma en puente, que es un segmento abierto de par trenzado de cobre conectado en paralelo con el bucle de un abonado. Los principales problemas que ellas generan son las interferencias intersímbolo (ISI) e intrasímbolo, la generación de eco y la atenuación de ciertas frecuencias.

Las interferencias de frecuencia de radio (RFI), las cuales se deben a las transmisiones radiales AM de onda larga y media que pueden afectar uno o varios segmentos relativamente angostos dentro del espectro de frecuencias utilizado por ADSL.

El ruido impulsivo, que corresponde a interferencias de corta duración, generalmente de gran amplitud y con densidad espectral relativamente constante en el rango de frecuencias utilizado en ADSL. Entre sus fuentes se encuentran: las unidades de conmutación eléctrica, las líneas de alta tensión, la caída de rayos, los pulsos transitorios en las centrales de conmutación, el discado telefónico por pulsos y las señales de timbre.

El ruido blanco gaussiano aditivo (AWGN), el cual se caracteriza por poseer una densidad espectral constante y una distribución gaussiana de la amplitud. Posee muy diversos orígenes; sin embargo, un factor importante en la amplitud del AWGN es la temperatura del par de cobre.

La diafonía, que es la interferencia por acoplamiento capacitivo de una señal presente en un cable, con otra señal en otro cable del mismo grupo o de uno adyacente. Existen dos tipos de diafonía: la paradiafonía (NEXT) y la telediafonía (FEXT). La primera ocurre cuando una señal transmitida interfiere en otra señal recibida en un mismo extremo de la línea. La segunda ocurre cuando una señal

transmitida interfiere en otra recibida en el extremo opuesto. La NEXT no es un factor importante de interferencia entre dos pares con ADSL con FDM, ya que los rangos de frecuencias utilizados para cada sentido de la transmisión son diferentes. Sin embargo ésta cobra relevancia cuando existen bucles adyacentes que trasportan otros servicios de transmisiones digitales. La FEXT normalmente no es un problema, ya que la interferencia sufre la misma atenuación que la señal [3].

### 2.2.2 Técnicas de transmisión y modulación

Hoy en día la tecnología ADSL utiliza el esquema de modulación de amplitud en cuadratura (QAM) con multitonos discretos (DMT) en el cual los datos son codificados mediante variaciones de la amplitud y la fase de una portadora. Asignándole a la portadora diferentes valores, entonces, es posible codificar varios bits en un solo símbolo que luego es transmitido. Para que en un símbolo sean codificados  $n$  bits, son necesarios  $2^N$  pares de valores de amplitud y fase. Al conjunto de estos pares se le llama constelación y a la cantidad de ellos, tamaño de la constelación fig 2.4.

A medida que crece el tamaño de la constelación, las diferencias de amplitud y fase entre los símbolos se hacen más pequeñas. Por eso, la cantidad de bits posibles de codificar en una portadora depende de la relación entre la potencia de la señal y el ruido (SNR).

En DMT el espectro hasta 1104 KHz es dividido en 256 subcanales, llamados también “subportadoras”, “bins” o “tonos”, equidistantes entre sí por 4312,5 Hz y numerados del 0 al 255. Cada uno de estos subcanales puede ser utilizado independientemente para la transmisión de datos mediante la modulación de su portadora central con QAM, disponiendo para ello de su respectivo ancho de banda ver figura 2.5.

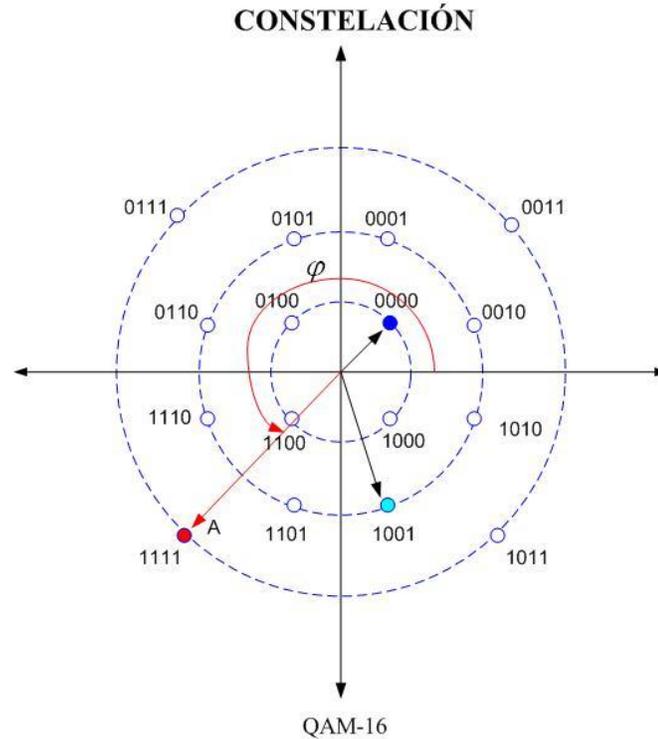


Fig 2.4 Técnica de modulación QAM [4]

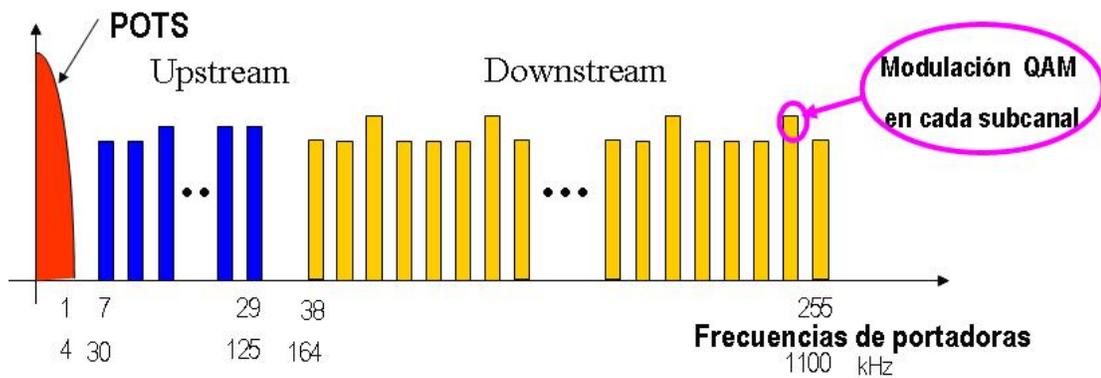


Fig 2.5 Modulación por multitonos discretos [5]

A través de cada tono pueden ser transmitidos símbolos a una tasa de 4000 por segundo y cada símbolo puede transportar hasta 15 bits. La cantidad efectiva de bits/símbolo que puede transportar un subcanal depende de su SNR, y además, del margen SNR mínimo configurado para el sistema y de la ganancia introducida por los códigos de corrección de errores. Estas cantidades se relacionan según la expresión  $b$

$= \log_2(1 + 10^{(SNR-\Gamma)/10})$ , donde  $b$  es la capacidad del subcanal en bits/símbolo,  $SNR$  es la razón señal-ruido en dB y  $\Gamma$  es un valor que para una  $BER \leq 10^{-7}$ , es determinado por  $\Gamma [dB] = 9,8 + \gamma_m - \gamma_c$ , donde  $\gamma_m$  es el margen SNR mínimo (normalmente 6 dB en ADSL) y  $\gamma_c$  es la ganancia de codificación, estimada en alrededor de 4 dB para ADSL con Reed-Solomon y codificación Trellis. La Tabla 2.1 muestra la relación entre la razón bits/símbolo y la SNR del subcanal necesaria en dB, para los valores mencionados de BER,  $\gamma_m$  y  $\gamma_c$ .

Tabla 2.1 Relación entre el número de bits/símbolo soportado por un subcanal y su SNR. [3]

Bits/símbolo	SNR
2	16,6
6	29,8
10	41,9
14	54,0

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 subcanal 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 subcanal 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 un subcanal 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 un subcanal y al mismo tiempo incrementar el número de bits/símbolo de otro subcanal, 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. [3]

### **2.3 ADSL2**

ADSL2 es aprobado por la ITU, y señalado en G.992.3 y G.992.4, tiene como característica la adaptación de la velocidad, el diagnóstico del loop y la administración de la energía, además, se puede alcanzar velocidades de datos mas altas o se puede aumentar la cobertura. Pero las altas velocidades de datos en distancias cortas serán alcanzadas con ADSL2+. En la tabla 2.2 se compara las velocidades de ADSL con ADSL2 [4].

### **2.4 Alimentación Eléctrica**

Los transmisores-receptores de primera generación del ADSL funcionan de día y de noche en modo: full-power, aun cuando no están en uso. Con varios millones de módems ADSL desplegados, una cantidad significativa de electricidad puede ser ahorrada si los módems se enganchan a un MODEM standby/sleep, tal como las computadoras. Esto también ahorraría energía en los transmisores-receptores de

ADSL que operan como unidades remotas y en los gabinetes digitales ya que funcionan bajo requisitos muy estrictos de disipación de calor. Para tratar lo anterior, el estándar ADSL2 maneja dos modos de administración de la energía que ayudan a reducir el consumo de energía total mientras mantiene la funcionalidad de ADSL “always on” para el usuario. Estos modos incluyen:

Tabla 2.2 Velocidades ADSL y ADSL2 [4]

<b>Estándares</b>	<b>Máxima velocidad de datos sentido downstream</b>	<b>Máxima velocidad de datos sentido upstream</b>
ADSL (G.992.1)	<b>8 Mbps</b>	<b>1.5 Mbps</b>
ADSL (G.992.3)	<b>15 Mbps</b>	<b>1.5 Mbps</b>

#### **2.4.1 L2 low-power mode (keep alive mode)**

Habilita ahorro de energía en el MODEM ADSL de la Oficina Central (ATU-C) entrando rápidamente al modo de salida de baja potencia basado en el tráfico de internet de la conexión ADSL.

#### **2.4.2 L3 low-power mode (sleep mode)**

Este modo permite ahorros de energía en el ATU-C y en MODEM ADSL del usuario (ATU-R) entrando en modo sleep cuando la conexión no se utiliza por largo períodos de tiempo. Cuando el usuario vuelve a utilizar su conexión, los modems de ADSL utilizan un start-up rápido (duración 3 segundos) para reinicializar y entrar en línea. [4]

### **2.5 Espectro de frecuencias de ADSL2+**

Mientras que el estándar actual de ADSL (G.992.1) especifica una banda de frecuencias en sentido descendente hasta 1,1 Mhz, ADSL2+ especifica una banda de frecuencias en sentido descendente hasta 2,2 Mhz. El resultado es un aumento significativo en la transferencia de la tasa de datos en líneas telefónicas cortas. En la figura 2.6 se muestra el espectro de frecuencias de ADSL2+ y en la tabla 2.3 se comparan las velocidades de los estándares [4].

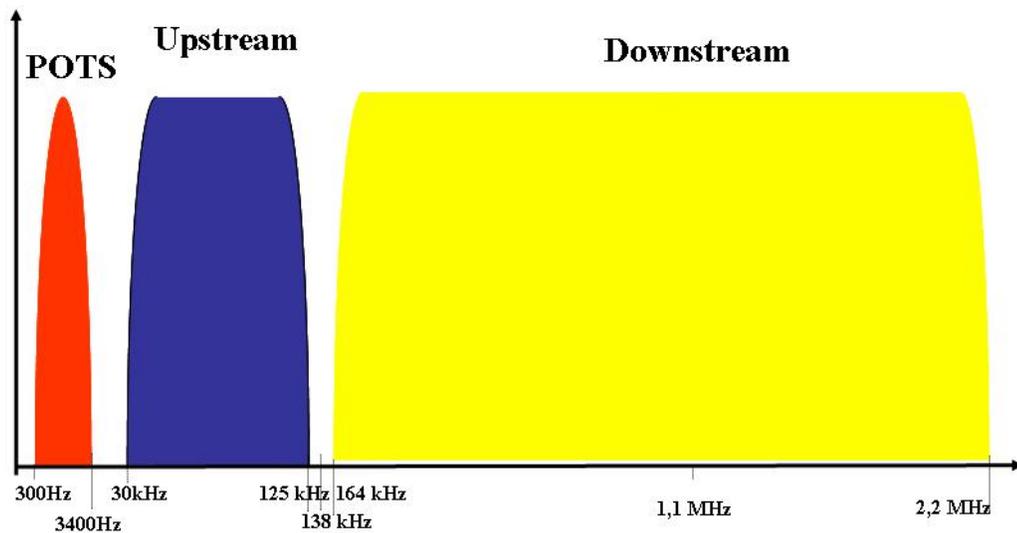


Fig 2.6 Espectro de frecuencias ADSL2+ [4]

## 2.6 Cantidad de bits por portadora

Siempre se coloca un número de bits por portadora menor al permitido por la SNR. Típicamente un promedio de 2 bits menos, ver fig. 2.7. Este margen es llamado el Target Noise Margin y es configurable. Cuando se enciende un modem, este mide la SNR, luego resta el Target Noise Margin, y se calcula el esquema de modulación que sea más conveniente para esa SNR. Por defecto el TNM es 6 dB. El factor N de la modulación QAM-N viene determinado por el valor de la relación señal/ruido de la línea. El estándar de ADSL especifica hasta un máximo de 15 bits por símbolo (QAM-32768).

Tabla 2.3 Velocidades de los estándares [4]

<b>Recomendaciones</b>	<b>Máxima velocidad de datos sentido downstream</b>
ADSL (G.992.1)	<b>8 Mbps</b>
ADSL2 (G.992.3)	<b>15 Mbps</b>
ADSL2+(G.992.5)	<b>24,5 Mbps</b>

- **Limitación física para ADSL2:**

(255-32) DS carriers/symbol \* 15 bits/carrier \* 4000 symbol/sec = 13,4 Mbps

- **Limitación física para ADSL2+:**

(512-32) DS carriers/symbol \* 15 bits/carrier \* 4000 symbols/sec = 28,8 Mbps.

Este máximo está sobre la tarifa de datos Downstream del límite superior de la arquitectura [4].

## 2.7 Ancho de banda de transmisión mínimo

El ancho de banda mínimo requerido para una transmisión sin errores en un canal de banda base está dado por:

$$B_{\min} = 0,5 * (1/T_s)$$

Donde

$T_s$  = es el período de símbolo [3]

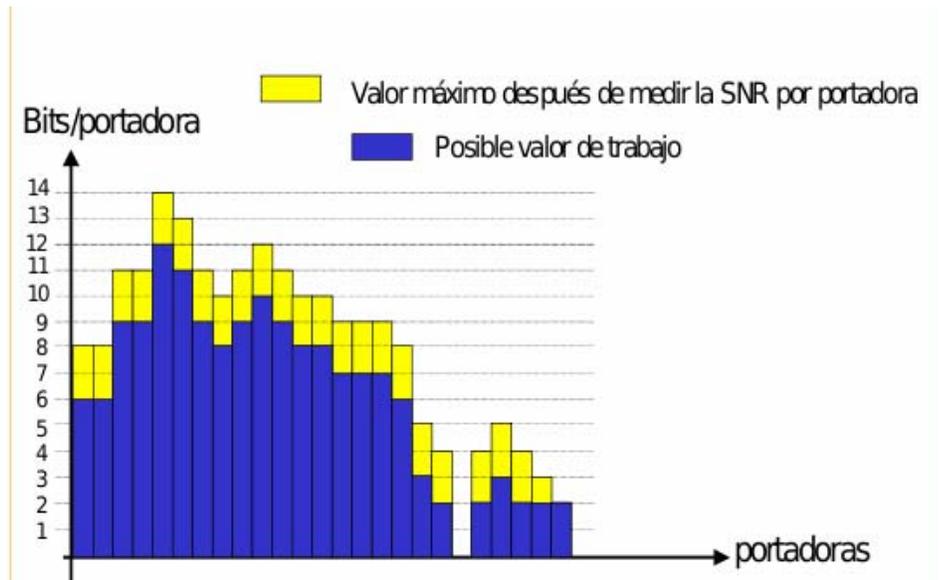


Fig 2.7 Número de bits/portadora [4]

Dado que la velocidad de símbolo máxima que puede soportarse en un canal es de  $2B$  símbolos/segundo, y con cada símbolo transportando  $\log_2 M$  bits, se puede concluir que:

La capacidad para un canal de banda base con ancho de banda  $B$  Hz es:

$$C = 2 * B * \log_2 M \quad \text{bits /segundo (2.1)}$$

Donde:

$C$  = capacidad del canal [6].

## 2.8 Restricción de la capacidad del canal debido al ruido- el teorema Shannon-Hartley

Cuando el número de estados de símbolos  $M$  aumenta, disminuye la aptitud del receptor para distinguir entre símbolos en presencia de ruido y/o interferencia

/distorsión. En consecuencia, la relación entre la potencia de señal  $S$  y la potencia del ruido  $N$  será un factor crucial para determinar cuantos estados de símbolos pueden utilizarse y conseguir todavía una comunicación sin errores.

La duración de cada símbolo es también clave para determinar la tolerancia al ruido de un sistema receptor, dando los símbolos más largos mayor tiempo al receptor para promediar los efectos del ruido que los símbolos más cortos.

Los efectos combinados de ancho de Banda  $B$  finito y relación señal/ruido  $S/N$  también finita sobre la capacidad del canal son gobernados por una relación muy célebre conocida como límite de capacidad de Shannon-Hartley, la cual, establece que si la transferencia de información requerida es menor que el límite de la capacidad de Shannon ( $C$ ), entonces es posible una comunicación sin errores en la transmisión independientemente de lo bien diseñado que esté el equipo [6].

El límite de capacidad de Shannon-Hartley para una comunicación sin errores viene dado por:

$$\text{Capacidad del canal } C = B * \log_2(1 + SNR) \text{ bits/segundo (2.2) [6]}$$

### 2.8.1 Aproximaciones

Para las relaciones señal/ruido grandes o pequeños y constantes, la fórmula de la capacidad puede ser aproximada:

Si  $S/N \gg 1$ , entonces

$$C \approx 0.332 * B * SNR \quad (2.3)$$

$$C = (1/3) * B * SNR^4$$

$C$  = capacidad máxima

B= ancho de banda (Hz)

SNR= relación señal a ruido en dB [4].

## 2.9 ¿Qué 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.

### 2.9.1 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.** 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 [7].

### 2.9.2 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 el tiempo de colocación, calibre y diámetro del cable de dicha línea telefónica (ver tabla 2.4), mientras más antiguo sea el cable se tiene menor calidad, y a mayor distancia menor velocidad.

El servicio de acceso de banda ancha (ABA) vía la tecnología ADSL es uno de los servicios más importante ofrecido por CANTV, y ha habido un aumento de más del 80% de su clientela en los últimos 2 años [7].

Tabla 2.4 Velocidad y distancia de ABA de acuerdo al calibre utilizado [11].

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

## **2.10 El DSLAM (Multiplexor digital de acceso a la línea de abonado)**

DSLAM es un chasis que agrupa gran número de tarjetas (fig 2.7), cada una consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia una red WAN.

Este es el componente de mayor relevancia en la red de acceso, siendo un multiplexor localizado en la central telefónica que proporciona a los abonados acceso a los servicios DSL sobre cable de par trenzado de cobre. Para el servicio ADSL se necesita una pareja de módems por cada usuario: uno en el domicilio del cliente (ATU-R) y otro (ATU-C) en la central local a la que llega el bucle de ese usuario, como se observa en la figura 2.9. Esto en algún momento complicó el despliegue de esta tecnología de acceso en las centrales [8].

## **2.11 Enlace ADSL**

La comunicación del DSLAM y el MODEM xDSL se realiza a través de dos interfaces, llamadas (ATU-R o ADSL Terminal Unit-Remote) del lado del cliente o abonado y (ATU-C o ADSL Terminal Unit-Central) del lado del proveedor del servicio.



Fig 2.8 Parte física DSLAM 7301 alcatel [2]

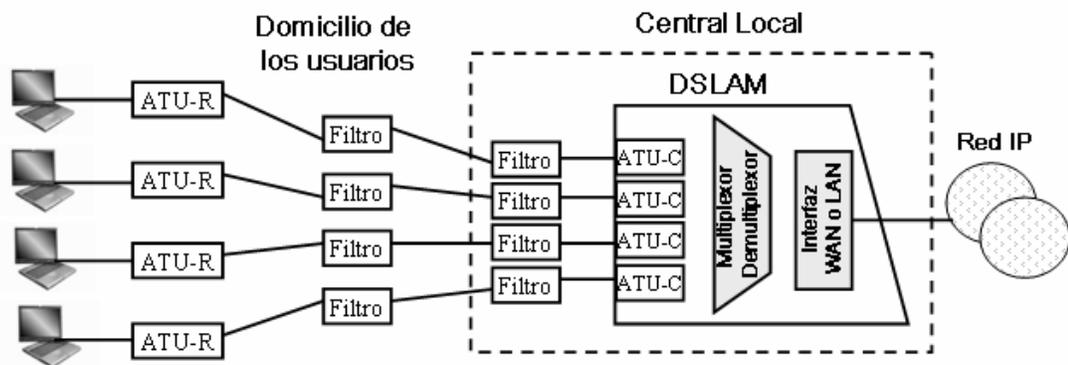


Fig 2.9 Esquema del Servicio DSL[8]

Delante de cada uno de ellos se ha de colocar un dispositivo denominado splitter. Este dispositivo no es más que un conjunto de dos filtros: uno paso alto y otro paso bajo. La finalidad de estos filtros es la de separar las señales transmitidas de baja frecuencia (telefonía) y las de alta frecuencia (datos), ver fig 2.10 [8].

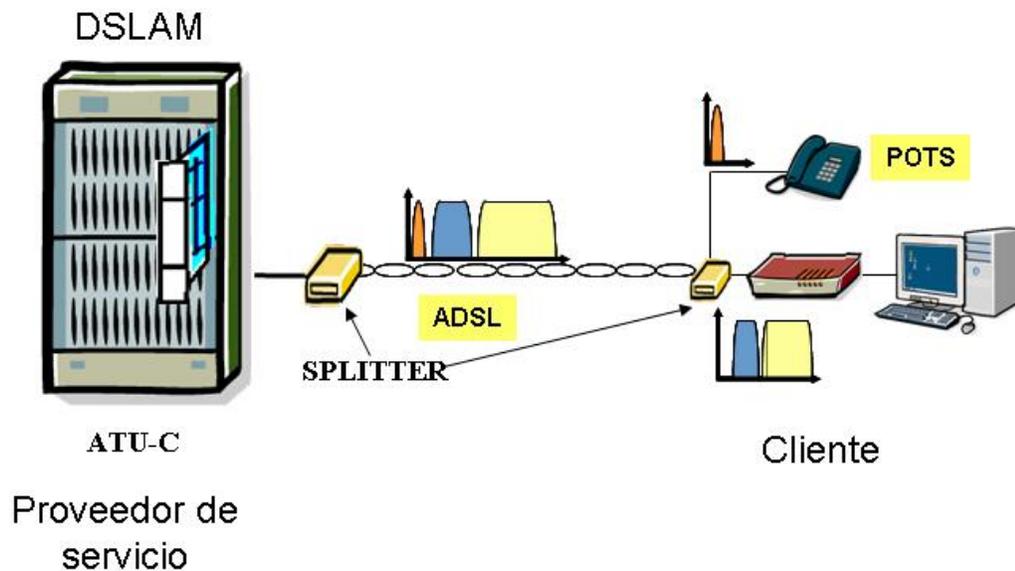


Fig 2.10 Esquema ADSL [11]

## 2.12 Distancia al DSLAM

En un par de cobre la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas. Asimismo, cuanto mayor es la longitud del bucle, tanto mayor es la atenuación total que sufren las señales transmitidas. Ambas explican que el caudal máximo que se puede conseguir mediante los módems ADSL varíe en función de la longitud del bucle del abonado.

La presencia de ruido externo, provoca la reducción de la relación señal/ruido 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 [8].

### **2.13 Métodos de gestión estándar de los módems ADSL y DSLAM**

Las interfaces administrativas de los módems ADSL del abonado permiten configurar un abanico de parámetros necesarios para el funcionamiento del servicio, así como también acceder a una serie de variables propias de su operación. La cantidad y el tipo de variables de operación a las que un sistema de gestión permite acceder dependen en gran medida del firmware instalado en el módem y de la interfaz a través de la cual se realiza la administración.

La mayor parte de los módems ADSL hoy en día ofrecen la posibilidad de acceder a su configuración y a algunas variables operacionales a través de una interfaz de línea de comandos (CLI), usando el protocolo telnet. Habitualmente este método de administración pone a disposición del usuario un rango de parámetros mayor que otras interfaces como HTTP o SNMP. Algunos modelos de módems permiten acceder a través de telnet a datos sobre la atenuación, el ruido, la SNR y el número de bits de cada subportadora del canal de bajada.

Los DSLAMs, por su parte, generalmente son acompañados de algún tipo de plataforma de gestión propietaria del fabricante, que posee al menos, todas las funcionalidades básicas para la administración de las líneas de los abonados. Además, estos equipos frecuentemente ofrecen otras interfaces de gestión como, por ejemplo, Telnet y SNMP.

El tipo de parámetros operacionales puestos a disposición del usuario por las diferentes interfaces administrativas de estos equipos varían dependiendo del fabricante. La información sobre la atenuación, el ruido y la SNR de cada subportadora del canal de bajada no se encuentra necesariamente disponible a través de estas interfaces [3].

## 2.14 Función del DSLAM sobre ATM (Modo de Transferencia Asíncronico)

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, las interfaces WAN pueden 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 y conformado sobre el tráfico de los usuarios con acceso ADSL.

Los primeros métodos de transporte usaron el tipo AAL1 en la capa de adaptación de ATM, empleando multiplexación con entrelazado de byte a la que se llama en ocasiones TDM sobre ATM. El ADSL Forum ha adoptado el tipo AAL2 para el transporte del servicio sobre ATM, el cual resulta más eficiente para el tráfico de voz y emplea multiplexación con entrelazado de paquete. Este último también es más eficiente por el hecho de que permite a la red asignar ancho de banda dinámicamente sobre el servicio DSL entre la demanda de voz y el servicio de datos [8].

## 2.15 IP DSLAM

IP-DSLAM es un nuevo protocolo de Internet sobre ADSL basado en IP. Los IP DSLAMs ofrecen ventajas sobre las tecnologías tradicionales, como el aumento de eficacia, velocidades más rápidas y gestión mejorada. Por ejemplo, reducen la complejidad de conversión de formatos de datos, solucionan problemas de congestión de tráfico con alta velocidad, tecnología de conmutación *Ethernet* anti-bloqueo, y también proporcionan un buen mecanismo para aplicaciones multicast de vídeo. Así, eliminando la transformación de protocolos de acceso de la red, las compañías de telecomunicaciones tienen un método alternativo de despliegue de una infraestructura de ethernet más rentable, de redes metropolitanas y de núcleos urbanos.

Para el soporte eficiente del video broadcast, los IP DSLAM deben soportar replicas multicast y entender IGMP. Debido a sus localizaciones remotas y sus lazos cortos en una red de video optimizada, el número de suscriptores por DSLAM es probable que sea menor que unos pocos cientos. Para tratar de mantener los bajos costos, estos DSLAM remotos, generalmente requerirán un uplink Giga Ethernet hacia el backbone [8].

### **2.16 Características y Propiedades Eléctricas del Par Trenzado**

Los cables de par trenzado utilizados en la industria telefónica, están hechos de distintos tipos y características. El tipo de material aislante, el diámetro del cobre utilizado o calibre del cable, son los parámetros más comunes que caracterizan el par trenzado. Las designaciones de la AWG (American Wire Gauge) son hechas según el calibre del conductor y las más típicas incluyen el 19 AWG, 22 AWG, 24 AWG y 26 AWG con diámetros que varían entre 0.912 mm y 0.404 mm, respectivamente.

Los cables de par trenzado también son definidos por categorías que especifican la tolerancia eléctrica del par. El rango de estas categorías va desde los cables de clase 1, con una tasa de bits no especificada (generalmente  $< 1$  Mbps), hasta los cables de clase 5, con una tasa de bits especificada por arriba de los 100 Mbps. La clase mínima preferida para el uso de la tecnología DSL son los cables de clase 3 (por arriba de 16 Mbps).

Las características eléctricas del cable de par trenzado son definidas usando los modelos clásicos de líneas de transmisión. Este modelo incorpora un conjunto de cuatro parámetros por unidad de longitud, una resistencia ( $\Omega/m$ ) en serie con una inductancia (H/m) y una conductancia (Siemens/m) en paralelo con una capacitancia (F/m), también conocidos como los parámetros primarios o RLCC del cable. La inductancia en serie representa la auto-inductancia total de los dos conductores, y la

capacitancia en paralelo es debido a la proximidad de los dos conductores. La resistencia en serie es debido a la conductividad finita de los conductores y la conductancia en paralelo es debido a las pérdidas por el dieléctrico y el material entre los dos conductores. La figura 2.11 da una representación gráfica de un segmento del par trenzado por unidad de longitud.

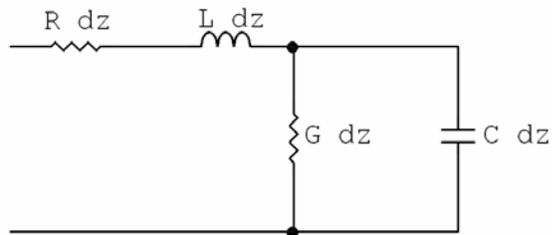


Fig 2.11 Modelo de una Línea de Transmisión por unidad de longitud [8]

A parte de los factores primarios, están los parámetros secundarios, que son la impedancia característica y la constante de propagación.

La impedancia característica,  $Z_0$ , de una línea de transmisión es una cantidad compleja que se expresa en ohms, y que en caso ideal es independiente de la longitud de la línea. Esta impedancia característica, se define como la impedancia vista hacia una línea infinita, o la impedancia vista hacia una línea de longitud finita que termina en una carga puramente resistiva igual a la impedancia característica de la línea. Cada línea de transmisión tendrá su propio valor particular de impedancia característica  $Z_0$ , dependiendo de la geometría y las dimensiones de la línea, así como de la frecuencia de operación.

Por su parte, la constante de propagación es un número complejo,  $\gamma = \alpha + j\beta$ , donde la parte real,  $\alpha$ , indica la atenuación que sufre la onda de voltaje, o de corriente según sea el caso, conforme viaja o se propaga a lo largo de la línea, y  $\beta$ ,

que es la parte imaginaria, indica la rapidez del cambio de fase de la onda conforme se propaga [8].

### 2.17 Estructura del Bucle de Abonado

El lazo del suscriptor puede ser dividido en tres secciones: cable alimentador (o principal), cable de distribución y el cable de bajada. El alimentador, consiste en un fajo de pares trenzados, que va desde la oficina central hasta los gabinetes de distribución. El cable de distribución enlaza los gabinetes de distribución con los posibles usuarios y el cable de bajada conecta los cables de distribución con el suscriptor, ver fig 2.11. En la fig 2.12 se representan tres tipos de nodos, los de terminación, cambio de calibre y los bridged taps (o ramificaciones) igualmente se observan cables de distintos calibres que pueden llegar a formar parte del lazo. El extremo izquierdo se considera como la oficina central y los nodos de terminación como posibles suscriptores.

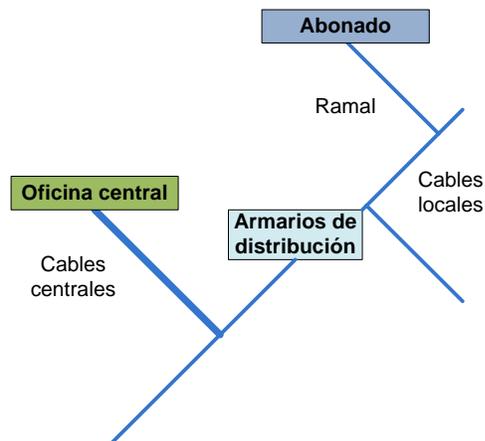


Fig 2.12 Estructura general del lazo suscriptor [7]

Todos los nodos están numerados con valores enteros y los tramos entre un nodo y otro se distinguen como segmentos, estos segmentos en lo sucesivo serán identificados con los números de los nodos entre los cuales se encuentra el calibre correspondiente a dicha sección, por ejemplo, al hacer referencia al segmento “2326”,

se estará haciendo mención a la sección que se encuentra entre el nodo 2 y 3 cuyo calibre es 26 AWG.

Los segmentos están siempre conectados y no son cíclicos, es decir, existe un único camino entre un nodo y otro. Los nodos del lazo son equivalentes a cualquier gabinete de distribución o caja de empalme en la línea del suscriptor. Los nodos de terminación se asumen como circuitos abiertos, es decir, no hay usuarios conectados [8].

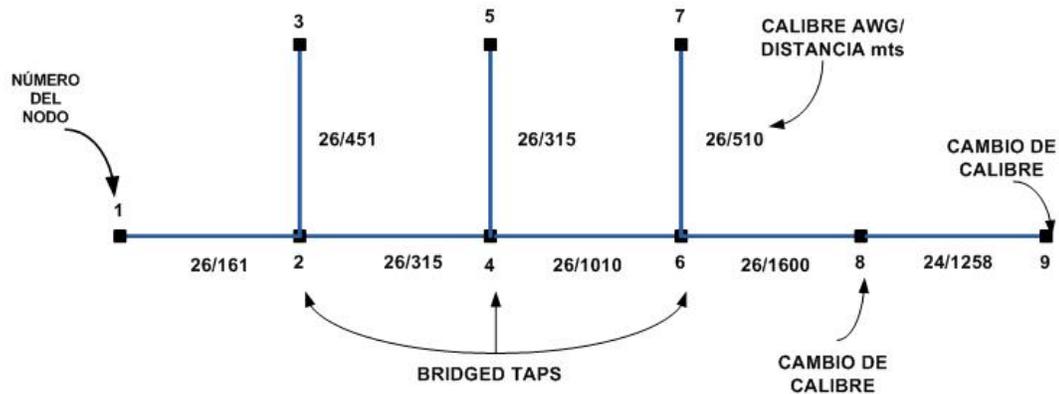


Fig 2.13 Lazo del suscriptor [7]

## 2.18 La Televisión

La televisión es un sistema de telecomunicación para la transmisión y recepción de imágenes en movimiento y sonido a distancia. Existen varios tipos y tecnologías asociadas a la televisión.

### 2.18.1 Televisión Analógica

La Televisión hasta tiempos recientes, principios del siglo XXI, fue analógica totalmente y su modo de llegar a los televidentes era mediante el aire con ondas de radio en las bandas de VHF (*Very High Frequency*) y UHF (*Ultra High Frequency*).

Pronto aparecieron las redes de cable que distribuían canales por las ciudades. Esta distribución también se realizaba con señal analógica, las redes de cable tienen una banda asignada, para poder realizar la sintonía de los canales que llegan por el aire junto con los que llegan por cable [8].

### **2.18.2 Televisión Digital**

La televisión digital se define por la tecnología que utiliza para transmitir su señal. En contraste con la televisión tradicional, que envía sus ondas de manera analógica, la televisión digital codifica sus señales de forma binaria, habilitando así la posibilidad de crear vías de retorno entre consumidor y productor de contenidos, abriendo así la oportunidad de crear aplicaciones interactivas[8].

### **2.18.4 Televisión Digital por ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).**

La Televisión Digital por ADSL llega a la casa a través del cable telefónico y ofrece simultáneamente servicios de televisión, telefonía y acceso a Internet. Comúnmente los servicios que se ofrecen son a la carta, se elige el contenido para verlo en el momento que se decida. Para recibir la señal, por lo general, se necesita un módem router y un receptor externo que se conecta al televisor [8].

A continuación se da un bosquejo de las características más relevantes de los estándares de TV de mayor difusión:

- **ATSC-T (*Advanced Television Systems Committee-Terrestrial*)**
  - Estándar promovido por los Estados Unidos
  - Portadora única

- Velocidades de Transmisión hasta 19 Mbps
  - Ancho de Bandad de 6 MHz.
  - Modulación Digital 8-VSB (*Vestigal Sideband*, versión 8)
  - Concebido para recepción fija condiciones moderadas de trayectoria Múltiple
- 
- **DVB-T (*Digital Video Broadcasting-Terrestrial*)**
    - Estándar Europeo
    - Múltiple Portadora (2K ó 8K)
    - Velocidades de Transmisión desde 5 a 27 Mbps.
    - Ancho de Banda 8 MHz. (Probados 6 y 7 MHz.)
    - COFDM (*Coded Orthogonal Frecuency Division Multiplex*)
    - Concebido para recepción fija y reuso de frecuencia, con robustez ante la trayectoria múltiple intensa.
    - Movilidad soportada por DVB-H (batería, Handover, etc.) con 4 K
- 
- **ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial*)**
    - Estándar Japonés.
    - Múltiple portadora (2K, 4K ó 8K).
    - Velocidades de transmisión de hasta 34 Mbps.
    - Ancho de Banda de 5,6 MHz (Compatible con 6 MHz)
    - Segmentación en frecuencia: BST-OFM (organizado en 13 Segmentos).
    - Basado en DVB-T, introdujo entrelazamiento en el tiempo, agregando capacidad para recepción móvil.
    - Permite Transmisión Jerárquica algunos de los 13 segmentos pueden tener una mayor protección.

- **SBTVD (Sistema Brasileiro de Televisión Digital)**
  - Basado en el Estándar Japonés
  - Múltiple portadora (2K, 4K ó 8K)
  - Velocidades de transmisión de hasta 34 Mbps.
  - Ancho de Banda 5,6 MHz (compatible con 6 MHz.)
  - Segmentación en frecuencia: BST-OFDM (organizado en 13 segmentos)
  - Codificación de video: H.264 (MPEG Parte 10)
  - Middleware: GINGA
  
- **DMB-T/H (*Digital Multimedia Broadcasting – Terrestrial/Handheld*)**
  - De origen Chino
  - En espera de su aprobación.

La TV puede optar entre distintos grados de definición, según sea el caso. Estos grados, son los siguientes:

- **Baja Definición LDTV (*Low Definition TV*)**
  - 320 pixels x 240 líneas 480 pixels x 272 líneas, sin entrelazamiento, para recepción de celulares, iPods y PDAs (240p).
  
- **Definición estándar SDTV (*Standard Definition TV*)**
  - 704 pixels x 408 líneas (formato 16x9) ó 640 pixels x 480 líneas (formato 4x3), con entrelazamiento, con recepción con calidad equivalente a la de los televisores analógicos (480i).
  
- **Definición Superior EDTV (*Enhanced Definition*)**

- 720 pixels x 576 líneas ó 704 pixels x 480 líneas, sin entrelazamiento (576p ó 480p).
- **Alta Definición HDTV (*High Definition TV*)**
  - 1280 pixels x 720 líneas, sin entrelazamiento ó 1920 pixels x 1080 líneas, con entrelazamiento (720p ó 1080i).

Cada una de las resoluciones expuestas, necesita una cantidad de Mbps para su correcto desempeño, la figura 2.15, muestra la resolución versus la tasa de bits [8].

### **2.19 Ancho de Banda**

La cantidad de ancho de banda que una red debe ser capaz de transportar para soportar servicios de video, es por lo general de mayor orden que la requerida para soportar los servicios de voz y acceso a internet, por ejemplo, un flujo de video IP en definición estándar, comprimido en MPEG-2 usa cerca de 3.18 Mbps; y un video IP en alta definición comprimido bajo la misma técnica, necesita para su transporte alrededor de 15 Mbps de ancho de banda. Este ancho de banda puede disminuir en la medida en que los métodos de compresión de videos mejoren, por ejemplo, MPEG-4 parte 10 o su equivalente ITU-T H.264 ha disminuido notablemente los requerimientos de ancho de banda. A continuación en la tabla 2.4, 2.5 y 2.6 se muestran el ancho de banda para SDTV y HDTV [8].

### **2.20 Ancho de Banda Asimétrico**

El tráfico de video es inherentemente asimétrico, dado que el flujo casi total del video broadcast y on-demand es unidireccional. El tráfico que es enviado en upstream

por lo general es para servicios de control de tráfico, como iniciar el flujo de video. Para servicios On-Demand, este control de tráfico es hecho por las sesiones de señalización, y para los servicios de video Broadcast el control de tráfico es hecho en su mayoría por señalización IGMP (Internet Group Management Protocol)[10].

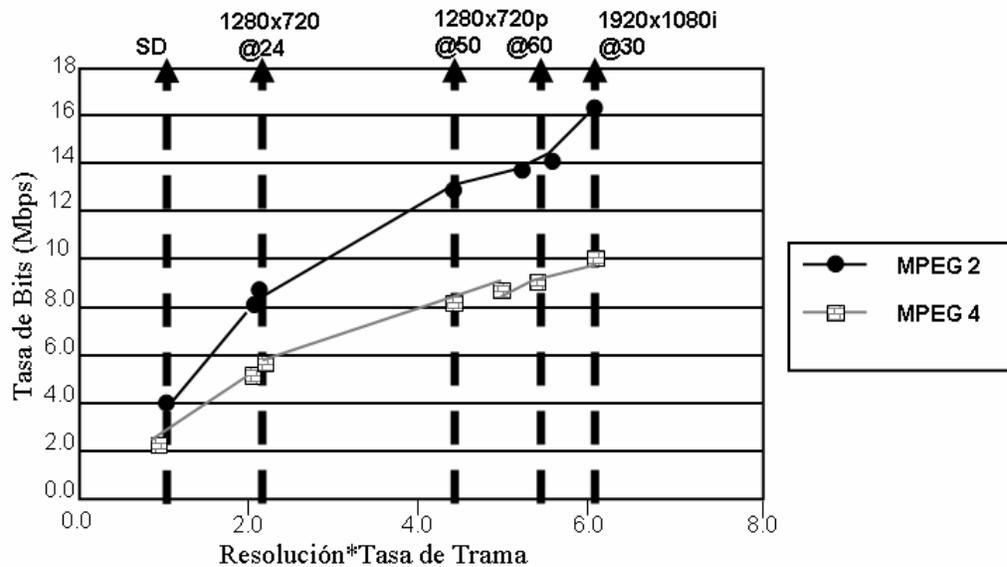


Fig 2.14 Resolución HD Vs. Tasa de Bits [9]

Tabla 2.5 Capa de aplicación mínima recomendada para SDTV y HDTV [9]

Estándar de video	Veloc. mínima con fuente broadcast	Veloc. mínima con VoD y fuente premium
<b>MPEG-2</b>	SDTV – 2,5 Mbps HDTV – 15 Mbps	SDTV- 3,8 Mbps
<b>MPEG-4</b>	SDTV– 1,75 Mbps HDTV- 10 Mbps	SDTV – 2,1 Mbps

## 2.21 Disponibilidad de los Servicios

Los proveedores que desarrollan servicios de video, a menudo tienen diferentes requerimientos de disponibilidad para servicios de Video On-Demand y Broadcast. Los servicios de video Broadcast son inherentemente en tiempo real. Un suscriptor que experimenta un apagón en el servicio Broadcast, no puede regresar y continuar viendo desde el punto donde se quedó cuando ocurrió el apagón. A causa de esto y de la alta demanda asociada a los servicios Broadcast, la disponibilidad asociada a estos servicios debe ser muy alta.

En contraste, las interrupciones producto de apagones del servicio On-Demand, por lo general son mucho menos problemáticas. Un suscriptor que experimente un apagón en el servicio de video a la carta, puede regresar tiempo después y reiniciar el contenido en el punto donde se quedó.

En función de los factores antes mencionados, los proveedores de servicio tienen mayores requerimientos de disponibilidad para los servicios Broadcast que para los On-Demand. Por consiguiente, la diferencia de disponibilidad entre los dos servicios puede resultar en diferentes requerimientos de transporte para cada uno de los servicios. Por ejemplo, la alta disponibilidad requerida para los servicios *Broadcast* podría traducirse en la necesidad de infraestructuras de transporte redundantes entre la red de distribución y la red de agregado. Por su parte los servicios On-Demand al tener menor demanda no necesitarían una red redundante.

[8]

## 2.22 Tiempo de Cambio de Canal para el Video Broadcast

Un aspecto importante en los servicios de video *Broadcast*, es la cantidad de tiempo que le toma al sistema responder a las peticiones de cambio de canal por parte

del usuario. Mientras el tiempo para cambiar de canal, en la televisión analógica actual, es percibido por el usuario como instantáneo, en los servicios digitales de video Broadcast, el tiempo para pasar de un canal a otro está aproximadamente entre uno y uno y medio segundos. La mayoría de este tiempo es debido a los métodos de codificación y decodificación usados para comprimir el flujo de video digital.

Para reducir la cantidad de ancho de banda requerida para la transmisión de video digital, métodos de compresión como el MPEG, que comprime los flujos de video digital en tres tipos diferentes de trama. Estas tramas son llamadas Trama I, Trama B y Trama P. Un factor importante, que influye en el largo del tiempo que puede tomar cambiar de canal en los servicios digitales de video, es el intervalo de la trama I. El intervalo de la trama I, a menudo define cómo estas tramas son incluidas en el flujo MPEG. Intervalos de Trama I pequeños producen tiempos pequeños para cambiar de un canal a otro e intervalos grandes de la Trama I se traducen en largos tiempos para cambio de canal.

Cuando los servicios Digitales *Broadcast* se ejecutan sobre una infraestructura de acceso DSL, hay otros factores que se deben añadir al retardo producido por el largo del intervalo de la trama I, algunos de estos factores son:

- El desempeño del Set-Top-Box en procesar las peticiones de cambio de canal.
- La latencia multicast en las terminaciones del dispositivo alimentador de video IP, asociada a la sintonización del canal.
- Retardo del relleno del buffer jitter por el decodificador en el Set-Top-Box [8].

## **2.23 Arquitectura**

En la figura 2.16 se muestra la relación lógica y las interfaces entre los componentes para el video Broadcast y On-Demand. Para Video Broadcast es

necesario un Codificador en Tiempo Real (Real Time Encoder), una Guía Electrónica de Programación (EPG Electronic Program Guide) y el Cliente Broadcast (Broadcast Client). Para ofrecer video a la Carta (VoD del ingles Video on Demand), se necesita un Sistema de Distribución (Asset Distribution System), un Servidor de Navegación (Navigation Server), un Administrador de Sesión (Session Management), un Sistema que verifique los derechos de los Suscriptores (Entitlement System), un Surtidor de video (Video Pump), un administrador de recursos para la demanda de videos (On-Demand Resource Manager) y una aplicación que de control al usuario de los servicios (On-Demand Client). A continuación se da una breve descripción de cada uno de estos componentes.

### **2.23.1 Codificador en Tiempo Real (Real-Time-Encoder)**

Tiene a su entrada una señal, en formato digital o analógico, de un broadcaster, dicha señal es convertida en un flujo digital comprimido; que luego es encapsulado en paquetes IP. El codificador puede ser alimentado por una señal en formato digital que use MPEG-2 sobre un medio sincrónico, o por una señal en NTSC, PAL, SECAM o cualquier otro formato analógico. La salida del codificador es un flujo digitalizado comprimido que es encapsulado en cabeceras (headers) IP y enviado a una dirección multicast. El método de compresión del codificador puede ser cualquiera MPEG-2 o MPEG-4, mientras se use transporte basado en encapsulado IP. Esto porque el Codificador en Tiempo Real es configurado para codificar un canal específico y no para controlar las interfaces entre él y otros componentes de video.

### **2.23.2 Guía Electrónica de Programación (EPG Electronic Program Guide)**

Provee información al cliente Broadcast sobre los canales Broadcast disponibles, esta aplicación funciona sobre Protocolo de Internet (IP) en el Set-Top-Box. La EPG por lo general suele ser implementada en servidores HTTP, y el listado

de canales disponibles se ofrece como páginas Web. Para ofrecer la interfaz gráfica de los canales disponibles, la EPG asigna una dirección IP multicast a la cual el canal es enviado en la Red IP. El usuario usa esta dirección para enviar mensajes IGMP (Internet Group Management Protocol) cuando cambia de canales.

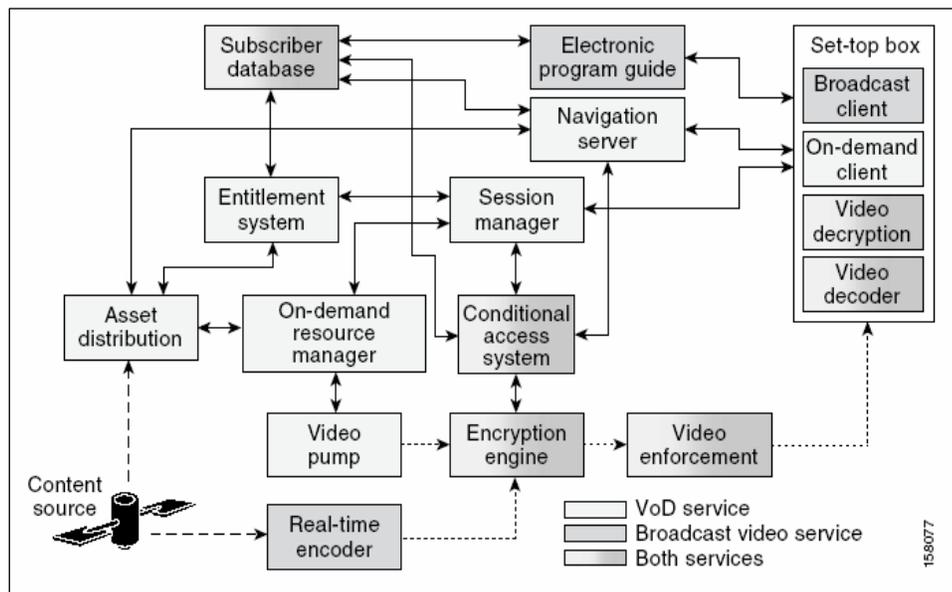


Fig 2.15 Componentes para la aplicación de video [8]

### 2.23.3 El cliente Broadcast (Broadcast Client)

Es una aplicación que corre en el Set-Top-Box y es responsable en dar al usuario el control sobre los servicios de video Broadcast. El Cliente Broadcast en conjunto con la EPG implementa la autenticación de la interfaz de usuario para los servicios Set-top-based.

### 2.23.4 El sistema de Distribución (ADS de *Asset Distribution System*)

Toma el contenido de los proveedores de contenido y usa las reglas de comercio, para distribuir este contenido a diferentes locaciones de la red del

proveedor del servicio.

#### **2.23.5 El servidor de Navegación (Navigation Server)**

Proporciona información del contenido de Videos a la carta (VoD) disponibles a la aplicación On-Demand Client, que corre en el Set-top-box.

#### **2.23.6 El administrador de Sesión (Session Management)**

Es el punto central de comunicación para las peticiones de la sesión de Video On-Demand, de la aplicación On-Demand Client que corre en Set-Top-Box.

#### **2.23.7 El sistema que verifica los derechos del suscriptor (Entitlement System)**

Es el responsable de verificar si las peticiones, para películas y videos On-Demand, hechas por la aplicación On-Demand Client están autorizadas para ser vistas por el suscriptor asociado.

#### **2.23.8 El Surtidor de Video (Video Pump)**

Es donde se almacena el VoD. El video pump es responsable de que el flujo de video hacia el usuario sea a una tasa constante, además debe soportar adelantos y retrocesos mientras el video está corriendo.

#### **2.23.9 El Administrador de Recursos de Videos On-Demand (ODRM On-Demand Resource Manager)**

Es responsable por la administración y almacenamiento de los recursos de video del video pump.

### **2.23.10 On-Demand Client (ODC)**

Esta aplicación corre en el Set-Top-Box y da control al cliente sobre las interfaces que administran los servicios On-Demand [8].

## CAPÍTULO III

### ACONDICIONADORES DE LÍNEA XDSL HOME RUN

#### 3.1 Fabricante (Western Pacific Telecommunications)

El Home Run es un acondicionador de línea de planta externa que permite la ampliación hasta el doble de distancia de los servicios xDSL sobre el cobre existente en la planta telefónica. Esto se realiza sin ser alimentado por ningún tipo de fuentes de energía externas simplemente telealimentado en la propia línea (POTS) mediante la conexión en algún punto de empalme que pueda accesarse para conectar las unidades en serie en la planta exterior en el bucle de abonado. La tarjeta de Home Run consume menos de 6ma a 48 voltios y no presenta ninguna perturbación a cualquier otro servicio instalado en la red. La unidad Home Run no es común a todas las líneas, es decir, sólo aquella en las cuales se desea extender la cobertura y la capacidad de transmisión.

El Home Run debe colocarse idealmente en la parte media de la resistencia eléctrica del lazo o loop en la planta externa. Es decir, si el bucle es de 900 ohms, la ubicación ideal sería a los 450 ohms. Sin embargo, en la práctica se puede hacer la colocación de este hasta a 350 metros de cada lado de la ubicación ideal y todavía mantener hasta el 80% de la mejora del rendimiento.

Una familia de Home Run seleccionados por la CANTV para su implantación en la red ha sido definida por presentar ventajas en la alimentación de tarjetas. Estas unidades son conocidas como Triple Play (ADSL2+) y Extended Reach (ADSL). Ambos utilizan telealimentación en la línea de los POTS desde el switch de la oficina central (OC). Las unidades triple play están diseñadas para los bucles con resistencia

global de 1050 Ohms o menos. El área sombreada de color azul muestra la colocación de la gama de productos Home Run y la sombreada verde el bucle del cliente final, ver fig 3.1. Si el servicio en los POTS no está presente la tarjeta Triple Play puede operar hasta 1300 Ohms pero debe ser alimentada desde la oficina central en los fusibles

Las unidades extended reach se han diseñado para aplicaciones más largas del bucle y se puede colocar para apoyar bucles entre 1050 Ohms y 1500 Ohms según se muestra en la fig 3.2.

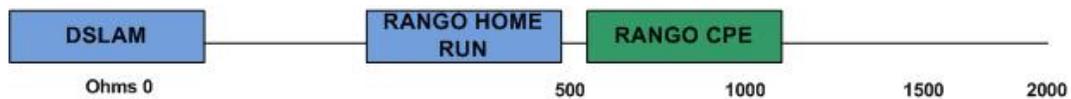


Fig 3.1 Localización de los acondicionadores de línea xDSL modelo triple play [13].



Fig 3.2 Localización de los acondicionadores de línea xDSL modelo extended reach [13].

Estos modelos descritos poseen las siguientes cualidades:

- Ambos productos pueden soportar los servicios de "Triple Play " de ADSL 2+ o servicios de datos de ADSL 1. La única diferencia es la distancia de alcance a los clientes.

- Ambos productos se pueden colocar juntos en un mismo gabinete situado entre 400 y 500 ohmios, sirviendo a clientes con resistencia total del bucle entre 575 Ohms y 1600 Ohms o entre 2Km y 6 Km. Este rango de ubicación mejorará perceptiblemente los servicios del DSL a todos los clientes de CANTV [13].

### **3.2 Funcionamiento del acondicionador de línea xDSL H.R**

Un circuito electrónico analógico es localizado entre la oficina central de un proveedor de telecomunicaciones y el equipo local del cliente (CPE), de un sistema de línea de suscriptor digital la cual usa pares trenzados no blindados (UTP).

El circuito electrónico separa las señales de bajada de las señales de subida, con un primer mezclador (first mixer). Las señales de voz, si están presentes son enviadas al circuito electrónico exterior no modificado (filter 3, filtro 3). Las señales de bajada son amplificadas, filtradas, amplificadas de nuevo con uno o más amplificadores de equalización de picos, después amplificada con controladores (driver 1) los cuales proveen la potencia para dirigir la señal de bajada a través de un segundo mezclador (Mixer 2) sobre la línea UTP hasta el CPE. El circuito electrónico separa las señales de subidas de las de bajadas con el segundo mezclador (Mixer 2). Las señales de subida son amplificadas, filtradas, y amplificadas de nuevo, luego dirigidas sobre la línea UTP conectada con la oficina central a través del primer mezclador (Mixer 1). El siguiente diagrama de bloques (fig 3.3) representa el funcionamiento mencionado [14].

### **3.3 Aplicación de los acondicionadores de línea xDSL**

El Home Run está disponible en dos tipos de series o productos, cada uno de ellos destinados a ser utilizados en una aplicación específica. El "Triple Play" está

orientado a aplicaciones en distancias de loop cortas y los bucles son generalmente destinados a ser utilizados en aplicaciones que requieren la entrega de voz, video, datos y servicios al CPE a través de ADSL2 y ADSL2+. Los Extended Reach están optimizados para los bucles largos en general son destinados para el uso en aplicaciones donde se utiliza ADSL para ofrecer datos hasta 1.5 Mbps.

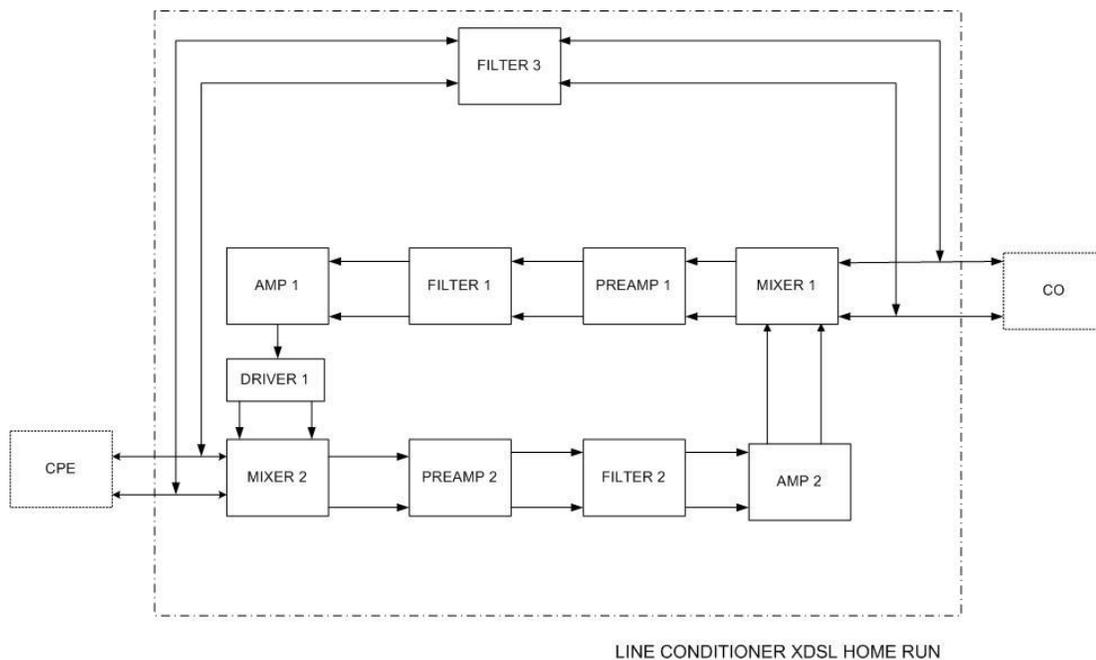


Fig 3.3 Funcionamiento del acondicionador de línea xDSL H.R [14]

Los acondicionadores triple play xDSL mejoran las tasas de datos en un rango del 30% al 100% para una determinada distancia, y alcance hasta el 20%-30% para una velocidad de transmisión de datos. El Extended Reach mejora los datos en tasas de 80%-300% para una determinada distancia y DSL en 20%-30% para alcanzar una velocidad de transmisión dada [15].

### 3.4 Aplicaciones ADSL2 y ADSL2 +

Aplicaciones ADSL2 + incluyen: voz, datos y vídeo (conocido como Triple Play). El Home Run está diseñado para ser compatible con ADSL2/ADSL2+DSLAM y tiene compatibilidad para simultáneamente tres canales de vídeo de 3.8 Mbps sobre distancias máximas de hasta 2.44 Km [15].

### 3.5 Resistencia de Bucle

El Home Run se debe colocar en el punto ideal de resistencia de bucle, que ha de ser medido o calculado en ohmios para cada aplicación. Es decir, entre el máximo y el mínimo absoluto. La tabla 3.1 y 3.2 muestra los niveles mínimos y máximos de resistencia y distancias de bucle para cada modelo de Home Run[15].

Tabla 3.1 Aplicación Límites con unidad de Home Run [15]

			26 AWG*		24 AWG*		22 AWG*	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>WP910001</b> Triple Play	Longitud de bucle	Kft	6	15.6	7.6	25.0	9.6	40.1
		ohms	500	1300	395	1300	310	1300
	Telealimentado Ubicación	Kft	3.0	9.0	3.8	14.5	4.8	23.1
		ohms	250	750	197	750	156	750
<b>WP910000</b> Extended Reach	Longitud de bucle	Kft	11	19.2	13.9	30.8	17.6	49.4
		ohms	915	1600	720	1600	570	1600
	Telealimentado Ubicación	Kft	5.0	10.0	6.7	16.1	8.6	25.8
		ohms	415	835	350	835	280	835

### 3.6 Gabinetes de home run

Los Gabinetes de Home Run son los productos desarrollados para uso en planta

externa, estos son metálicos y cuentan con capacidad en el caso del modelo WP901323 para 120 unidades de acondicionadoras de línea (Extended Reach y/o Triple Play), facilidades para la interconexión hasta 400 pares de entrada y 400 pares de salida [16].

Tabla 3.2 Aplicación Límites con unidad de Home Run [15]

			0.4 mm*		0.5 mm*		0.65 mm*	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>WP910001</b>	Longitud de bucle	Km	1.8	4.7	2.3	7.6	2.9	12.2
	Triple Play	ohms	500	1300	395	1300	310	1300
	Telealimentado							
	Ubicación	Km	0.9	2.7	1.2	4.4	1.5	7.0
		ohms	250	750	197	750	156	750
<b>WP910000</b>	Longitud de bucle	Km	3.3	5.8	4.2	9.3	5.3	15.0
	Extended Reach	ohms	915	1600	720	1600	570	1600
	Telealimentado							
	Ubicación	Km	1.5	3.0	2.0	4.9	2.6	7.8
		ohms	415	835	350	835	185	640

\* Cables enterrados

Nota: El valor de voltaje nominal de operación es -48 VDC. El voltaje de entrada nominal del Home Run es -22 VDC (en descolgado).

### 3.7 Función del gabinete de distribución HR/ER.

Las funciones principales del Gabinete de HR/ER son las siguientes:

- Integrar y resguardar las tarjetas de HR/ER de uso en Red externa.
- Utilizar las tarjetas como elementos electrónicos de apoyo para dar extensión en alcance y ancho de banda a las redes ADSL.

- Dar flexibilidad de servicio a la red externa.
- Facilitar los trabajos de construcción y mantenimiento para el personal de la Red.
- Ofrecer un punto de referencia a tierra que apoye a la protección eléctrica de los elementos (tarjetas que se encuentran en su interior)[16].

### **3.8 Ubicación del gabinete en la red**

El Gabinete de Distribución de Servicios HR/ER al igual que las tarjetas de HR/ER, deben tratar de ubicarse sobre el eje de la ruta de cables de la red principal y al centro de la zona de demanda cubierta por las cajas de distribución tradicionales (zona de demanda de servicios). Se debe tratar en lo posible, que la distancia entre el gabinete y el lugar (tanque, tanquilla), sea el más cercano pues facilita las labores de instalación así como las distancias y manejo de materiales del mismo.

El gabinete para unidades HR/ER es el punto de interconexión para ofrecer a la red externa las características de mayor extensión en las redes ADSL y ancho de banda y constituye un apoyo para la red principal y secundaria, por lo que es posible instalarlas tanto en redes nuevas como en redes existentes, siguiendo las reglas de ingeniería que la empresa determine para su localización en cualquier parte de la red.

Como se ha indicado el gabinete cuenta con capacidad para 120 unidades acondicionadores de línea Home Run (Extended Reach y/o Triple Play), y ofrece facilidades en el campo para la interconexión de hasta 400 pares de entrada y salida en su modelo WP901323, tabla 3.3. El acceso del mismo esta diseñado para interceptar líneas nuevas o existentes, sin interrumpir el servicio. En la fig 3.4 se muestra un esquemático de la forma de conexión a la red.

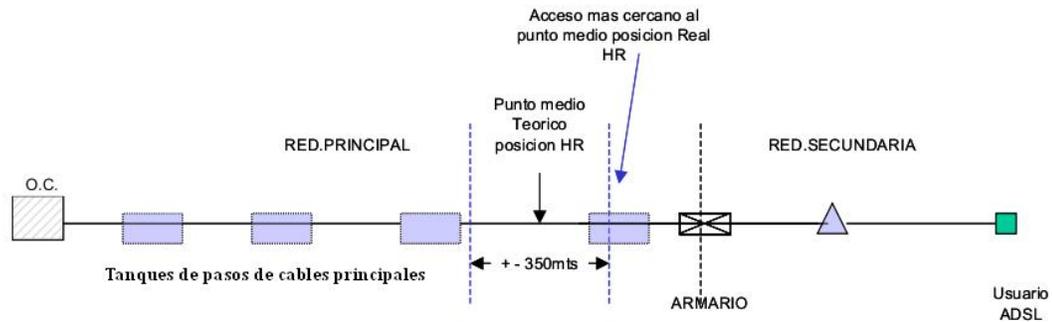


Fig 3.4 Gabinete en la red [16]

Partes principales que conforman el gabinete son las siguientes:

- Gabinete (carcaza con sus puertas), se pueden integrar chapas de seguridad
- Bastidor central porta tarjetas.
- Área de bloques de conexión de entrada y salida.
- Conexión a tierra general
- Accesorios para montaje en fundación o base de concreto.

Los Gabinetes de HR/ER cuentan también con una tierra física que se conectan en las tarjetas, es muy importante un sistema de tierra confiable que sirva de referencia a los circuitos electrónicos de las tarjetas y apoye al blindaje de inducciones de ruido no deseables [16].

Los productos Home Run identificados con alimentación por línea se describen en la tabla 3.3 así como sus códigos de fabricante.

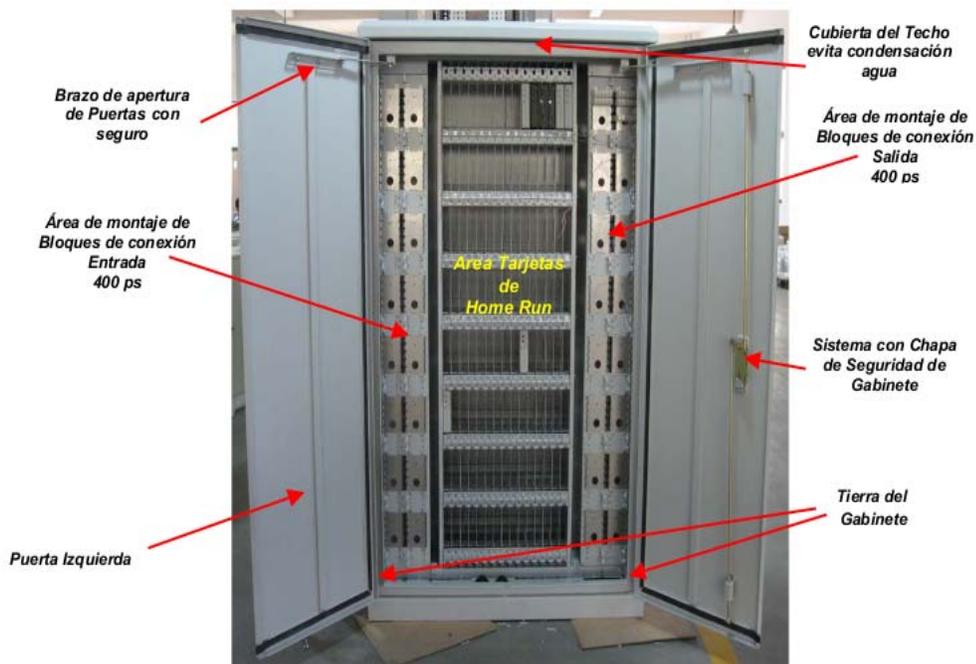


Fig 3.5 Partes principales de un gabinete [16].

Tabla 3.3 Identificación de gabinete y acondicionadores de línea xDSL Home Run [16].

<b>Numero de Parte</b>	<b>Producto</b>
WP910000	Acondicionador de Línea ADSL Home Run Extended Reach, alimentado por línea Telefónica
WP910001	Acondicionador de Línea ADSL2+ Home Run Triple Play, alimentado por línea Telefónica
WP901323	Gabinete para 120 Unidades Home Run con 400 pares. de entrada y salida

## **CAPÍTULO IV**

### **PRUEBAS DE LABORATORIO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Una vez señalada las características generales de la HR/ER dado por los fabricantes, se procedió a realizar una serie de pruebas de laboratorio en distintas configuraciones para estudiar el comportamiento de los parámetros presentes en la línea tales como, velocidad máxima alcanzable de bajada/subida, atenuación de bajada/subida, potencia de bajada/subida, y relación señal ruido de bajada/subida. Además de las posibles ubicaciones de los acondicionadores de línea xdsl H.R para algunos sectores que están en la zona norte del estado Anzoátegui, es decir, fuera del alcance de los DSLAM 7301.

#### **4.1 Determinación de la máscara**

Para la realización de la máscara, primero se adquieren los datos para una distancia dada de un conjunto diferentes de equipos tales como CPE (MODEM), después se extraen los valores altos (máximos) y bajos (mínimos), estimados a través de todos los MODEM para una longitud de bucle determinada y luego se comparan los valores (referencia) para una red ADSL con un ancho de banda respectivo, con la utilidad de que estén dentro del margen apropiado. Para la elaboración de la máscara se hizo uso de las siguientes herramientas primordiales:

- DSLAM 7301 ALCATEL.
- MODEMS tales como: HUAWEI ECHOLIFE HG520, HUAWEI Mt882, ADE 3400, STARBRIDGE LINX 210 FIRMWARE 38.48.4, STARBRIDGE NETWORK FIRMWARE 21.28.4, SPEEDTHOMSON, ZXDSL 831 SERIES,

- ZTE MODEM IPTV.
- Laptop presario F700, tarjeta inalámbrica atheros. Sistema operativo ubuntu 8.10, consola, openoffice.org 2.4, Bloc de notas
- Cableado UTP CAT5e, regletas, filtros, teléfono, simulador de línea.

Se procedió a realizar el montaje de la figura 4.1, teniendo como primer lugar en el CPE, MODEM HUAWEI MT882, además, se configuró el DSLAM 7301 a través de la interfaz remota telnet para las velocidades deseadas, y se capturaron los parámetros de línea y velocidad. Este procedimiento se realizó, de la misma manera para los MODEMS restantes mencionados arriba.

#### 4.2 Escenario 1 montaje, configuración, pruebas de atenuación y relación señal a ruido

Esta prueba se realizó utilizando el montaje que se observa en la figura 4.1. Una vez realizada las conexiones, se procedió a establecer el nivel de velocidad a través del puerto de gestión (telnet), siendo las velocidades configurables en el DSLAM las mostradas en la tabla 4.1.

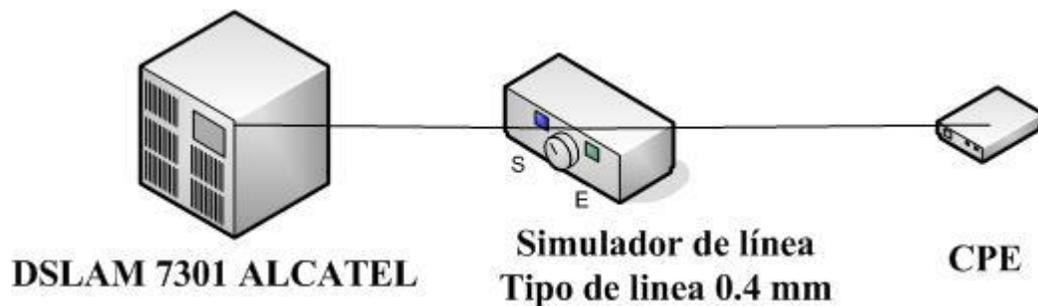


Fig 4.1 conexión DSLAM-CPE

Fuente: propia

Tabla 4.1 Velocidad downstreams/upstreams pre-establecidas [17]

<b>RTRV-PROFILE-XSRVC::ALL</b>	
P	
2	"XDSL-512Kb-2Mb\",LOCAL,ACTIVE,0:RAMODEDN=AT_INIT,RAMODEUP=AT_INIT"
23	"XDSL-512Kb-3Mb\",LOCAL,ACTIVE,0:RAMODEDN=AT_INIT,RAMODEUP=AT_INIT"
25	"XDSL-512Kb-5Mb\",LOCAL,ACTIVE,0:RAMODEDN=AT_INIT,RAMODEUP=AT_INIT"
28	"XDSL-1024Kb-8M\",LOCAL,ACTIVE,0:RAMODEDN=AT_INIT,RAMODEUP=AT_INIT"
24	"XDSL-1024Kb-24\",LOCAL,ACTIVE,4:RAMODEDN=AT_INIT,RAMODEUP=AT_INIT"

P= Perfil

Para la inicialización de la prueba, se configura el DSLAM 7301 para un perfil 2 correspondiente a 2Mbps/512kbps (download/upstream). Para el cambio de perfil a través del puerto de gestión, se ejecuta el siguiente comando: **ED-XDSL::XDSL-1-1-1-3**, para obtener las siguientes respuesta

**ED-XDSL::XDSL-1-1-1-3:::PORTID=,XSRVCPROFID=**

Se ingresa el numero de perfil en XSRVCPROFID=, es decir, 23 correspondiente a 3 Mbps/512Kbps para el respectivo cambio de velocidad.

Una vez establecido el perfil deseado, el led que indica el sincronismo comenzará a titilar (cae el sincronismo), para luego reinicializar la conexión para el nuevo intercambio de datos en el enlace. El simulador de línea se colocará inicialmente en 0 mts, es decir, MODEM y DSLAM lo más próximo posible.

Para la obtención de los parámetros de línea se ingresó el comando respectivo en el puerto de gestión: **REPT-OPSTAT-XLNE::XDSL-1-1-1-3::**, obteniendo el resultado siguiente:

Tabla 4.2 Parámetros de la línea [17]

	MAQUETA-CNT 70-02-01 21:50:40
<b>COMANDOS</b>	/* rept-opstat-xlne::xdsl-1-1-1-3:: */
Relación señal a ruido de subida	"XDSL-1-1-1-3:NMRUP,128"
Potencia de bajada	"XDSL-1-1-1-3:PWRDN,184"
Atenuación de subida	"XDSL-1-1-1-3:ATENUP,408"
Relación señal a ruido de bajada	"XDSL-1-1-1-3:NMRDN,243"
Potencia de subida	"XDSL-1-1-1-3:PWRUP,121"
Atenuación de bajada	"XDSL-1-1-1-3:ATENDN,132"

Los parámetros involucrados para la elaboración de la máscara, son aquellos que se mencionan en la tabla 4.2 tales como atenuación bajada/subida y relación señal a ruido bajada/subida. Este procedimiento se realizó de la misma manera, colocando 500 mts en el simulador de línea, luego 1000 mts y así sucesivamente hasta que el CPE no sincronizará con la tarjeta localizada en el DSLAM 7301 (ALCATEL). La recopilación de todos los datos, obtenidos por cada MODEM y perfil, se ordena en tablas en openoffice.org calc 2.4.

Después se compara para una longitud de bucle determinada, los valores de atenuación y relación señal a ruido dado por cada MODEM, y se estima los valores máximos y mínimos, que una línea de transmisión debe tener. En el ANEXO A se muestran las tablas y gráficos que han sido creados en openoffice.org calc 2.4 para todas las velocidades, a continuación en la figura 4.2 se observa la representación general de la atenuación para velocidades de downstream de 2 Mbps, 3 Mbps, 5 Mbps, 8 Mbps y 24 Mbps. El espacio o rango entre los valores máximos y mínimos

determinan los niveles que debe tener el sistema ADSL sin Home Run, en el momento de prestar el servicio. Esta atenuación se obtiene a través del emulador integrado al DSLAM 7301 (ALCATEL).

#### 4.2.1 Análisis atenuación en el canal de downstream

La atenuación depende fundamentalmente de la longitud del cable, su diámetro y la frecuencia de la señal, además, se debe transmitir una cantidad de símbolos máxima (4000 símbolos), establecido por la norma G.992.1 con un período aproximado de 250 microsegundos por cada subcanal. Por lo tanto, la atenuación para distancias de bucle determinadas y velocidades de downstream diferentes, tales como 2 Mbps, 3 Mbps, 5 Mbps, 8 Mbps y 24 Mbps deben ser aproximadamente iguales y aumenta conforme el CPE se aleja de la oficina central, como se observa en la figura 4.2.

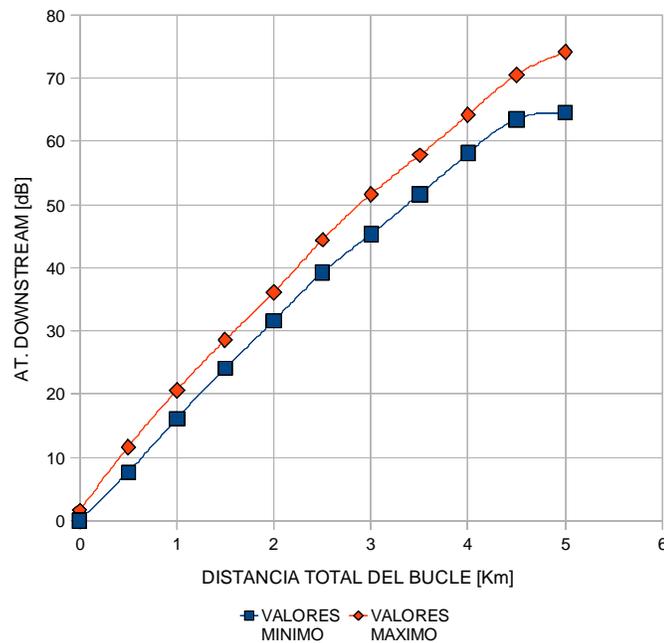


Fig 4.2 Máscara correspondiente a 2 Mbps, 3 Mbps; 5 Mbps, 8 Mbps y 24 Mbps en downstream

**Fuente:** Propia

#### **4.2.2 Descripción de atenuación en el canal de upstream**

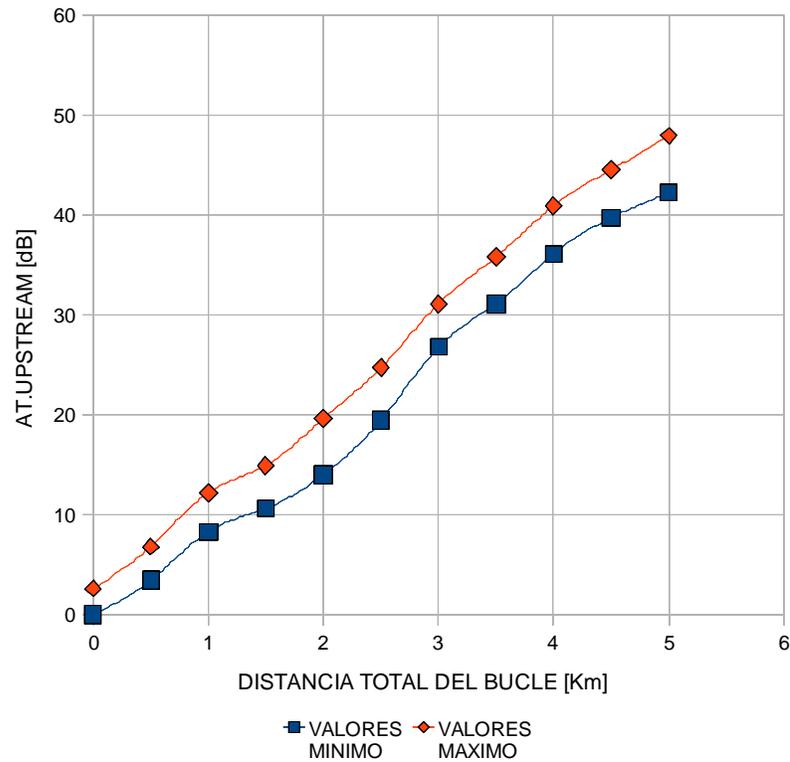
La figura 4.3 representa los niveles de atenuación para velocidades upstream de 512 kbps y 1024 kbps, este modelo estima dentro de sus límites de banda, la atenuación que debe tener la línea en la red de planta externa. Para el caso que este por encima del límite superior, se recurrirá a las inspecciones respectivas de cableado por parte de la empresa.

#### **4.2.3 Análisis atenuación en el canal de upstream 512 kbps y 1024 kbps**

La atenuación correspondiente a la figura 4.3, con relación a la figura 4.2, es menor debido a que el sistema ADSL, utiliza velocidad de modulación menor que el empleado en el canal de downstream debido a la cantidad de bits a transmitir, como consecuencia, así lo será la frecuencia de la señal, además, la atenuación continua en aumento conforme el CPE se aleja de la oficina central.

#### **4.2.4 Descripción de la relación señal a ruido en el canal de downstream**

En la figura 4.4 y 4.5 los límites máximos y mínimos de la relación señal a ruido determinan el nivel de SNR que el sistema ADSL debe tener para una distancia establecida con velocidad de 2 Mbps y 8 Mbps. En el ANEXO A, figura A.8-A.10 se encuentran los trazados de SNR para 3 Mbps, 5 Mbps y 24 Mbps, para este capítulo se toma la velocidad máxima utilizada para prestar el servicio de internet (2 Mbps), e IPTV (8 Mbps).



1024 Kbps en upstream

Fuente: Propia

#### 4.2.5 Análisis SNR downstream 2 Mbps

La relación señal a ruido (SNR) desciende conforme aumenta la distancia, ver figura 4.4, esto sucede debido a que la potencia de la señal disminuye con la distancia y la potencia del ruido aumenta ( $SNR = \left(\frac{POT.SEÑAL}{POT.RUIDO}\right)$ ), por lo tanto, el teorema de shannon-hartley establece una disminución en la velocidad máxima.

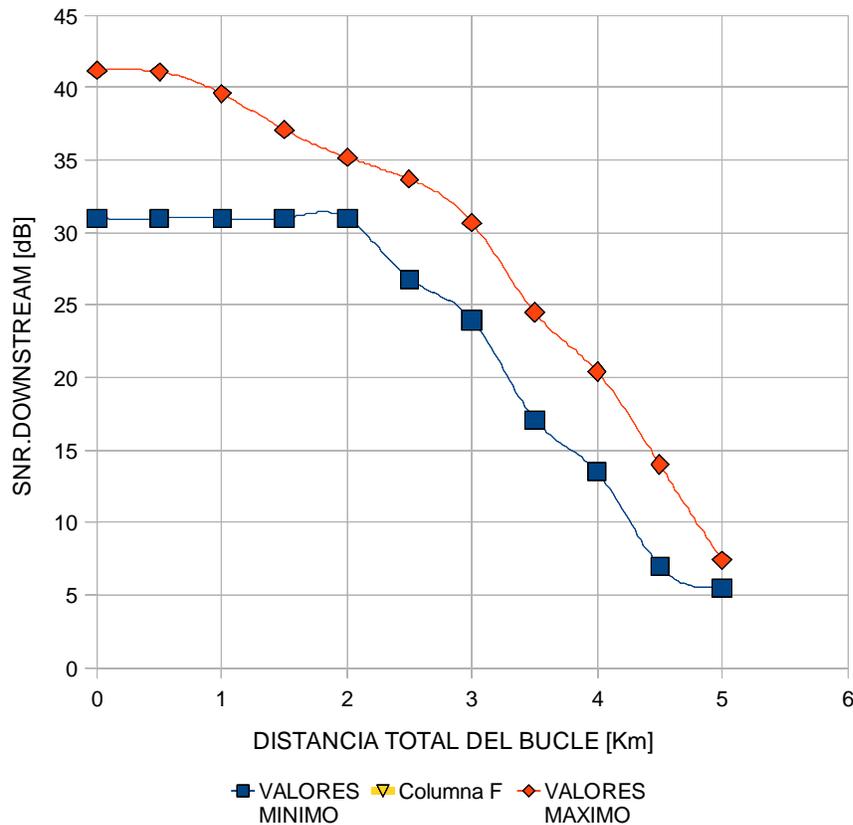


Fig 4.4 Máscara de relación señal a ruido 2 Mbps (Downstream)

Fuente: Propia

#### 4.2.6 Análisis SNR downstream 8 Mbps

En la figura 4.5, se tiene la relación señal a ruido para una velocidad de bajada de 8 Mbps, y se observa para distancias determinadas, que la SNR es menor que la SNR de la fig 4.4 conforme se aumenta la distancia total del bucle, esto se debe a que un incremento de velocidad, produce un aumento en la cantidad de tonos o subcanales, por lo tanto el ruido presente en las portadoras se incrementa, haciendo que la SNR disminuya de forma rápida con la distancia, como consecuencia existen más puntos en la constelación y las probabilidades de errores se incrementan puesto que están más cerca unos de otros.

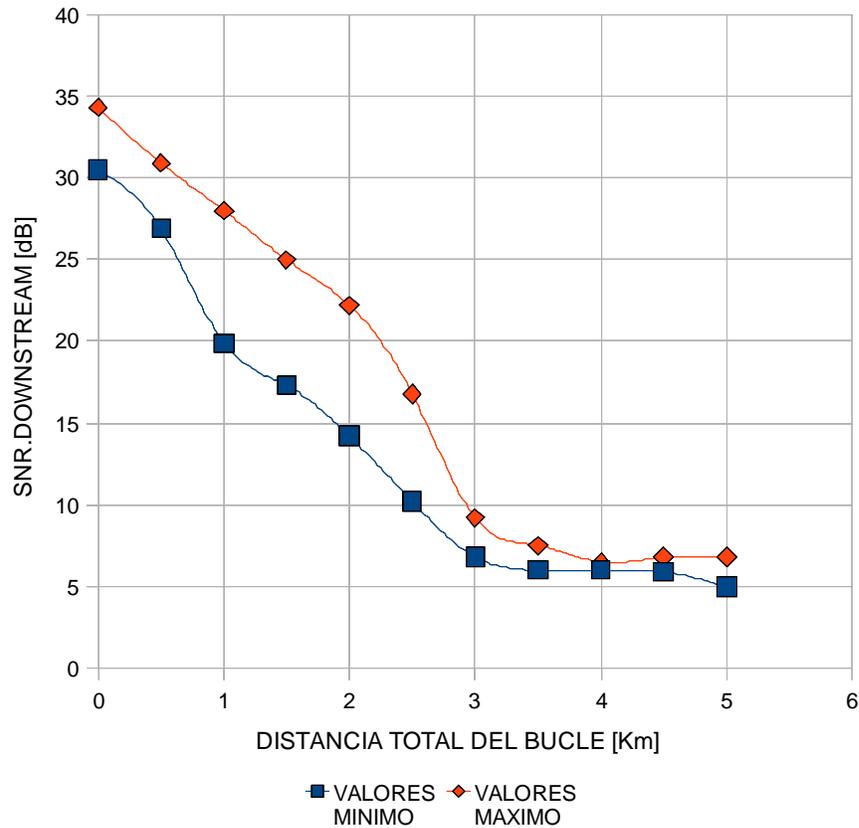


Fig 4.5 Mascara de relación señal a ruido 8 Mbps (Downstream)

Fuente: Propia

#### 4.2.7 Descripción de la relación señal a ruido en el canal de upstream

La SNR en el canal de subida de la figura 4.6 disminuye a medida que se aumenta la distancia del bucle, las trazas de color azul y rojo corresponden a los límites máximo y mínimo, que se deben encontrar en la red de planta externa, para cualquier CPE a utilizar, la gráfica representa la SNR para 512 Kbps como para 1024 kbps.

#### 4.2.8 Análisis SNR upstream 512Kbps

La potencia de la señal en el canal de subida es menor (13 dBm) que en el de

bajada (20 dBm), por lo tanto, inicialmente obtendremos valores máximos y mínimos de la relación señal a ruido menor que en la figura 4.4 y 4.5. El ruido en el canal de subida afecta menos cantidad de subcanales en comparación con el de bajada, por esta razón, la SNR para distancias tales como 3 km es mayor en la figura 4.6 que la SNR de las figuras anteriores.

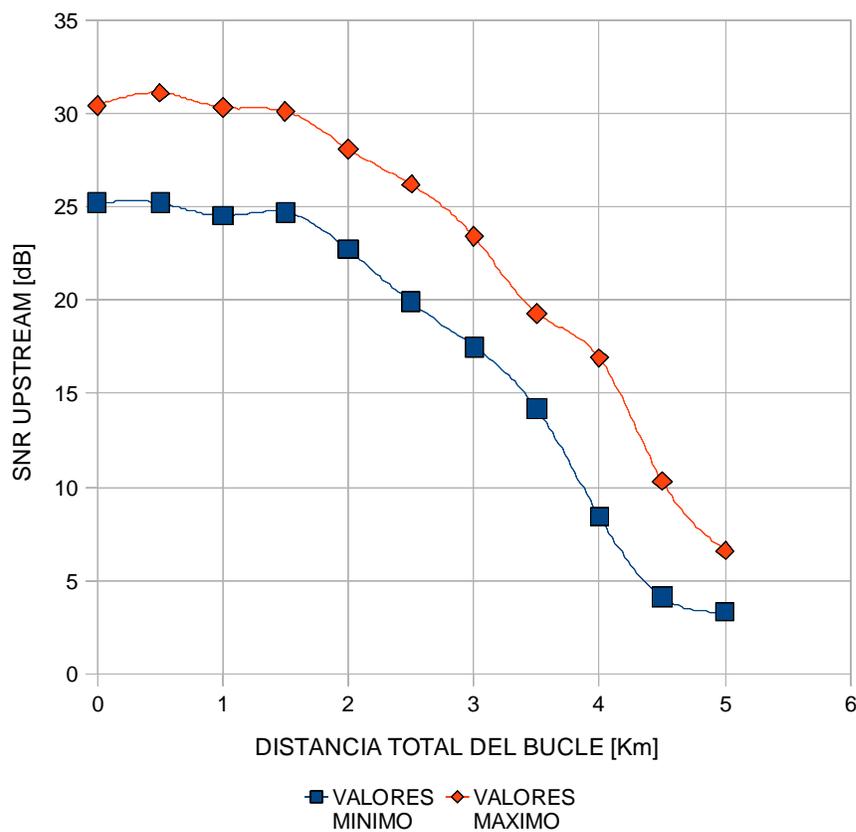


Fig. 4.6 Relación señal a ruido 512 Kbps (Upstream)

**Fuente:** Propia

### 4.3 Escenario 2 localización del acondicionador de línea Home Run modelo Extended Reach telealimentado

Para la colocación de los acondicionadores entre el DSLAM-CPE, se tomaron en cuenta las distancias recomendadas por el fabricante, las cuales son para esta tarjeta (extensor) con calibre 0,4 mm: 1,8 Km, 2,1 Km, 2,4 Km y 2,7 Km. Además, se utilizó el cableado existente en el laboratorio tendido sobre el techo raso, cuyas terminales están conectadas a regletas, ver figura 4.7, que distribuyen el cableado de la siguiente manera: 1,4 Km; 1,2 Km y 0,6 Km, por lo que se procedió a realizar combinaciones para obtener valores próximos a los del fabricante.

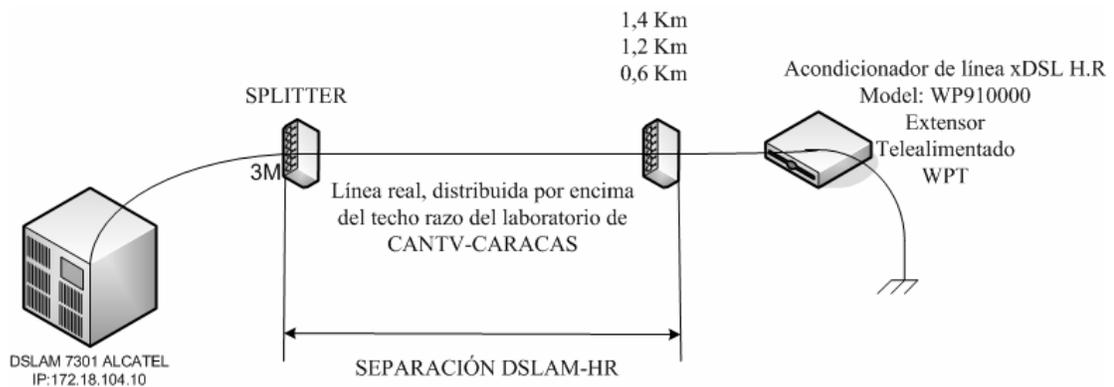


Fig 4.7 Esquema montado en el laboratorio

Fuente: Propia

En la tabla 4.3 se muestran las combinaciones de cableado para obtener la separación DSLAM-H.R, esto se logra con un puente en el terminal de línea que corresponde a 1,2 Km y 0,6 Km, para 1.8 Km, además de 1,4 Km con 0,6 Km para 2,0 km, 1,2 Km con 1,4 Km para 2,6 km y por último la ubicación de 3,2 Km (fuera del fabricante) cruzando las terminales 1,2 Km, 1,4 Km y 0,6 Km.

Tabla 4.3 Combinaciones de longitudes de cableado en el laboratorio

Fuente: Propia

	1,4 Km	1,2 Km	0,6 Km	DSLAM – HR
LINEA 1		X	X	1.8 Km
LINEA 2	X		X	2.0 Km
LINEA 3	X	X		2.6 Km
LINEA 4	X	X	X	3.2 Km

Para la ejecución de esta prueba, se configura el DSLAM 7301 de ALCATEL con ABA 2Mbps/512Kbps (Downstream/Upstream) como se hizo inicialmente en la mascara tabla 4.1, luego se colocó el acondicionador de línea xDSL H.R (extensor) a 1,8 Km del DSLAM haciendo uso de la línea real como se muestra en la figura 4.8:

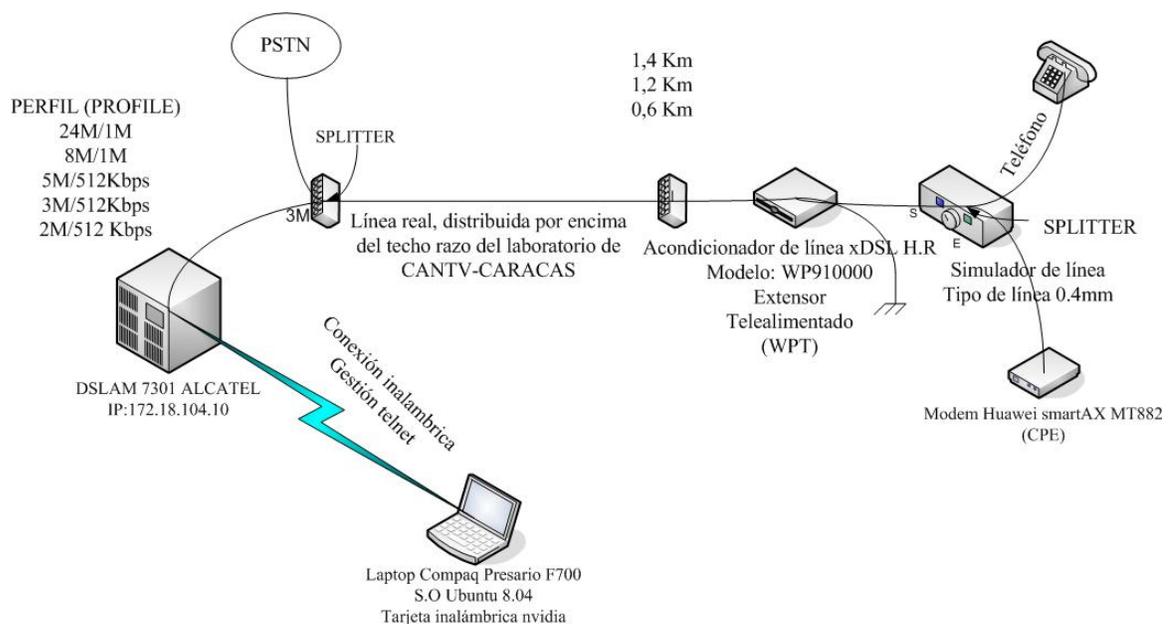


Fig 4.8 Esquemático modelo extensor

Fuente: Propia

Después la salida del acondicionador de línea H.R se conecta en la entrada del simulador de línea y en la salida de este, un splitter que conecta en un puerto el MODEM HUAWEI MT882 y en el otro, el teléfono del cliente. En la figura 4.8 se observa que la regleta 3M lleva incorporado un filtro (splitter), además, de suministrar -48 vdc provenientes de una central telefónica, para la alimentación del acondicionador y el teléfono del cliente.

Conectados todos los cableados, unidades y teniendo el simulador de línea en 0 mts, se procedió a los parámetros de velocidad de bajada/subida, velocidad máxima de bajada/subida, atenuación de bajada/subida, relación señal ruido de bajada/subida, potencia bajada/subida por medio de los comandos CLI correspondiente al DSLAM, que se muestran en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Parámetros de velocidad [17]

	MAQUETA-CNT 70-02-18 19:40:56
<b>COMANDO</b>	REPT-OPSTAT-XBEARER::XDSL-1-1-1-8::;
Velocidad de subida	"XDSL-1-1-1-8:CURBRUP,509"
Velocidad máxima de subida	"XDSL-1-1-1-:MAXATTBRUP,1237"
Velocidad de bajada	"XDSL-1-1-1-8:CURBRDN,2044" ;
Velocidad máxima de bajada	XDSL-1-1-1-8:MAXATTBRDN,24968";

Luego se ingresó el siguiente comando para obtener en pantalla los parámetros de línea, ver tabla 4.5 y se copiaron los valores anteriores en un archivo .txt (Bloc de notas) y se trasladó a openoffice-calc.org para formar tablas ordenadas (ANEXO A), para generar gráficos.

Para buscar el punto más óptimo y obtener el mejor rendimiento de los acondicionadores de línea xDSL en la red, se estudió el comportamiento de las gráficas generadas a través de los valores adquiridos en la práctica.

Tabla 4.5 Parámetros presentes en la línea [17]

	MAQUETA-CNT 70-02-18 19:41:48
<b>COMANDO</b>	/* rept-opstat-xlne::xdsl-1-1-1-8:: */
Relación señal ruido de subida	"XDSL-1-1-1-8:NMRUP,308" ;
potencia de bajada	"XDSL-1-1-1-8:PWRDN,139" ;
atenuación de subida	"XDSL-1-1-1-8:ATENUP,0" ;
relación señal ruido de bajada	"XDSL-1-1-1-8:NMRDN,325"
potencia de subida	"XDSL-1-1-1-8:PWRUP,117" ;
atenuación de bajada	"XDSL-1-1-1-8:ATENDN,16" ;

Estos ayudaron a determinar la mejor ubicación del modelo cuando actúa como extensor o triple play como el fabricante lo establece, a continuación se muestra las graficas de ABA 2Mbps, 8 Mbps y 24 Mbps encontrando su respectivas tablas en el ANEXO B. En el ANEXO C se pueden ver las gráficas, y tablas de velocidades en bajada de 3 Mbps y 5 Mbps como también 1024 Kbps en subida realizadas en el laboratorio.

#### 4.3.1 Descripción de velocidad

Para la obtención del gráfico de la figura 4.9 (y demás figuras a continuación) se realizó el montaje de la figura 4.8, luego se configuró la velocidad de downstream previamente mencionada, después se obtuvo los datos a través de la interfaz telnet para cada distancia, y se graficó en openoffice.org calc-2.4 los datos de velocidad con la distancia total de bucle. La figura representa el comportamiento de la velocidad de downstream vs distancia total de bucle, en ella se encuentran trazados de color marrón, azul, rojo y amarillo indicando la ubicación de los acondicionadores de línea xDSL a 1.8, 2.0, 2.6 y 3.2 km de la oficina central. El trazado amarillo, corresponde a la colocación del acondicionador a 3.2 km, estando tal distancia fuera de la

recomendación del fabricante [13]. Este último acondicionador de línea xDSL, se efectuó con la finalidad de examinar su conducta a medida que se aleje de la oficina central, es decir, se aproxime al CPE.

#### **4.3.2 Análisis velocidad 2 Mbps modelo extensor**

La traza amarilla/verde de la figura 4.9 se mantiene constante hasta los 5 km/6,2 km, a partir, de allí comienza a decaer la velocidad de downstream (punto de inflexión), esto se debe, a que el sistema debe mantener una cantidad de BER (Bit Error Rate) menor que  $10^{-7}$ , por lo tanto, la relación señal a ruido tiende a decrecer y por ende la capacidad máxima (Shannon-Hartley). Además, las trazas correspondiente a Home Run 1.8 km, 2.0 km y 2.6 km, generan alcance/velocidad máxima sin cambio en las distancias de bucles, debido a su colocación de la oficina central para el perfil correspondiente a 2Mbps.

#### **4.3.3 Descripción de atenuación**

La figura 4.10 muestra el comportamiento de los datos a transmitir, obtenidos a través del DSLAM 7301 en el canal downstream con una capacidad de 2 Mbps, en ella se observa la atenuación sin/con acondicionador de línea xDSL para distancia de bucle determinada.

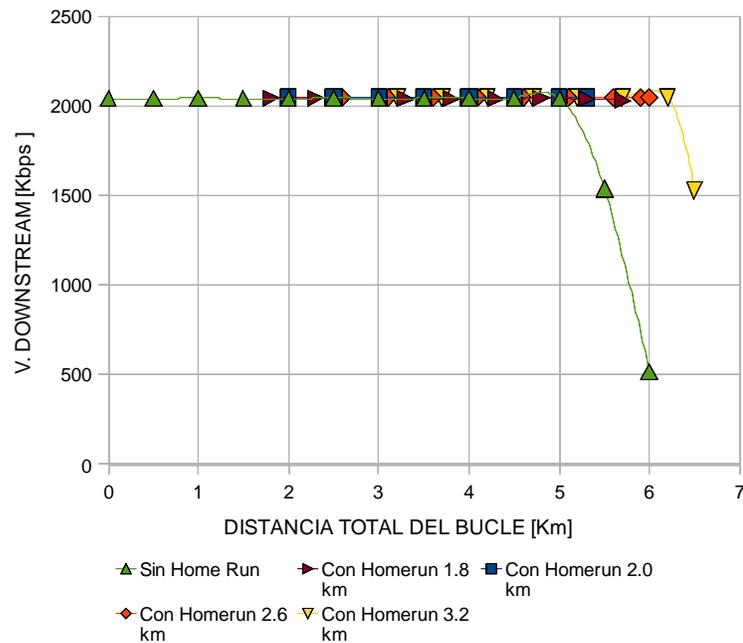


Fig 4.9 Trazados de velocidad ABA 2 Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

#### 4.3.4 Análisis de atenuación 2 Mbps modelo extensor

La atenuación de la señal de bajada depende principalmente de la longitud del cable, diámetro y frecuencia de la señal, entonces varía conforme el CPE se aleja de la oficina central; por esta razón, se puede observar en la figura 4.10, un incremento con la distancia de bucle total. Para las trazas correspondientes a los acondicionadores de línea xDSL, la atenuación es menor debido a que el Home Run regenera y amplifica la señal, a partir de sus distancias a colocar.

#### 4.3.5 Descripción de potencia

En la figura 4.11 se observa la potencia de transmisión en el sentido DSLAM-CPE obtenida a través del emulador integrado al DSLAM 7301, como también la potencia de la señal de downstream con los acondicionadores de línea xDSL, para la

realización de este gráfico se sigue el procedimiento mencionado en la descripción de velocidad.

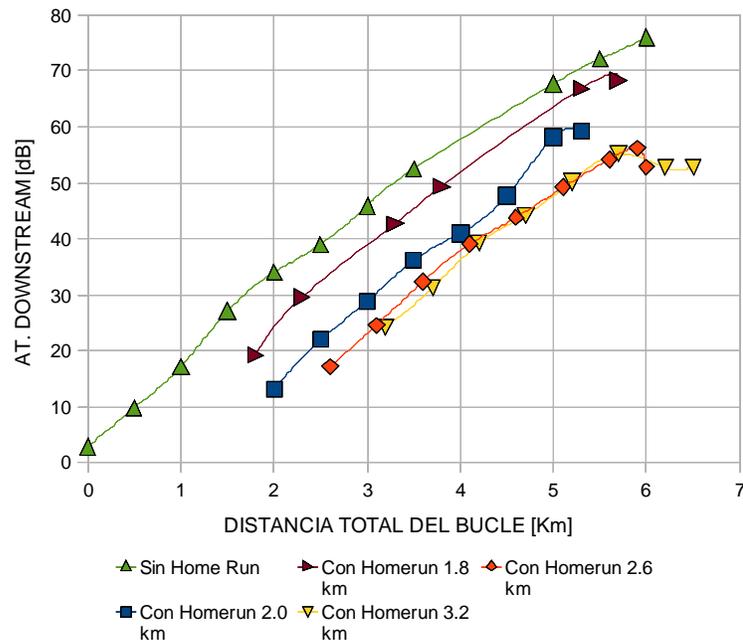


Fig 4.10 Trazados de atenuación ABA 2Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

#### 4.3.6 Análisis de potencia 2 Mbps modelo extensor

El máximo nivel de potencia de transmisión configurado en el DSLAM corresponde a 20 dBm (100 mW), en la gráfica se observa para el trazado verde, un incremento inicial con relación a la distancia, debido a las proximidades de los equipos (CPE-DSLAM). Una vez establecido el margen de separación, la potencia de downstream se mantiene dentro del rango con unas variaciones, al igual que las unidades con extensor.

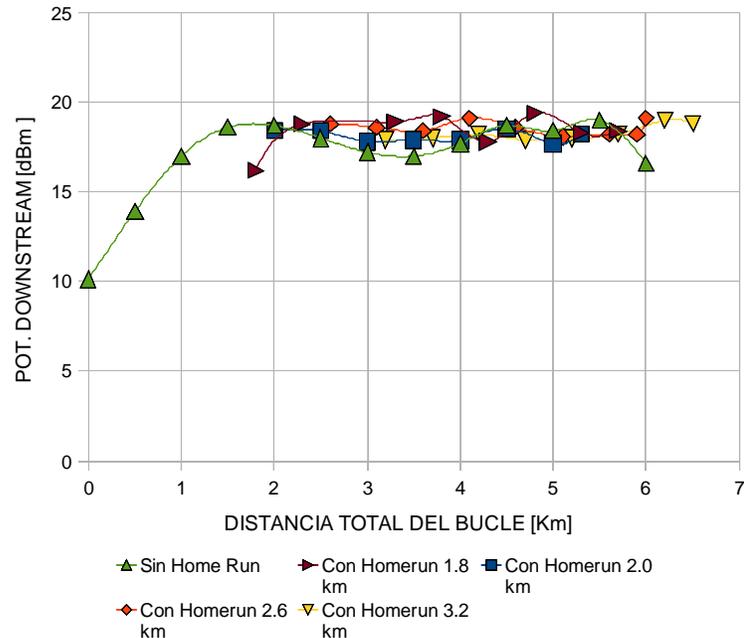


Fig 4.11 Trazados de potencia ABA 2Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

#### 4.3.7 Descripción de relación señal a ruido

La figura 4.12 muestra la relación señal a ruido estimada por el DSLAM 7301 para el canal de downstream, además, esta constituida por un grupo de trazas de diferente colores las cuales representa la SNR sin/con acondicionadores de línea xDSL para una distancia determinada de bucle.

#### 4.3.8 Análisis de relación señal a ruido 2 Mbps modelo extensor

En los trazados iniciales con acondicionador de línea xDSL, la relación señal a ruido (SNR), tiene menor valor que la SNR sin Home Run (H.R), esto indica que el acondicionador genera perturbaciones al medio debido a las proximidades CPE-HR, produciendo, una relación señal a ruido menor, figura 4.12. Por lo tanto, se debe mantener una distancia mínima de 1,5 km de separación CPE-HR, para que la SNR

con H.R sea igual o mayor que la SNR sin H.R, y así obtener mejor desarrollo en velocidad.

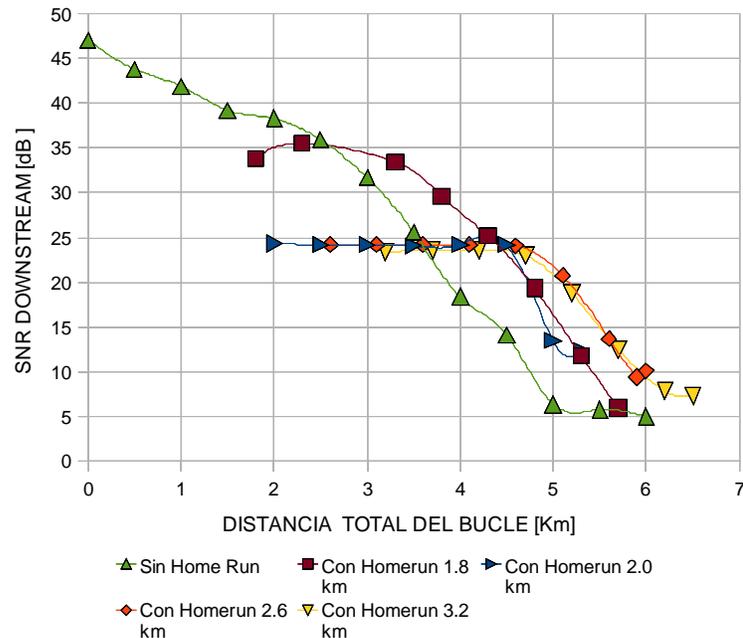


Fig 4.12 Trazados de SNR ABA 2Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

#### 4.3.9 Servicio banda ancha 8 Mbps

Las siguientes figuras representan el montaje de la figura 4.8, con capacidad en el canal descendente de 8 Mbps, para la cual se prestará el servicio IPTV con el modelo de acondicionador de línea tipo extensor, además, se establece el máximo alcance sin acondicionador de línea xDSL para la distancia total de bucle, como también la colocación mas idónea de las unidades H.R con referencia a la oficina central. A continuación las gráficas mostradas hacen referencia a los parámetros de línea y velocidad del canal de bajada, tales como velocidad, atenuación, potencia y relación señal a ruido (SNR), estos fueron obtenidos con el emulador integrado al DSLAM 7301 (ALCATEL).

#### 4.3.10 Análisis de velocidad 8 Mbps modelo extensor

Para el trazado verde de la figura 4.13, la velocidad de downstream comienza a descender a partir de los 3 km de distancia total de bucle, esto se debe a una disminución de la SNR, para mantener el BER menor  $10^{-7}$ , por lo tanto, ocurre una decaimiento en la velocidad máxima de datos (shannon hartley). El trazado rojo y amarillo correspondiente a H.R 2,6 km y 3,2 km de la figura, establece que la velocidad se encuentra inicialmente por debajo de la requerida (8Mbps), esto se debe a que la relación señal a ruido (SNR), tiene menor valor que la SNR sin Home Run (H.R), indicando que el acondicionador de línea genera ruido al medio debido a las proximidades CPE-HR, produciendo, una relación señal a ruido menor, por ende la velocidad máxima (24 Mbps), figura 4.13, Además, la SNR mejora conforme se aumenta la distancia de separación CPE-HR, desarrollando velocidades mayores para ciertas distancias, comparadas sin acondicionador de línea.

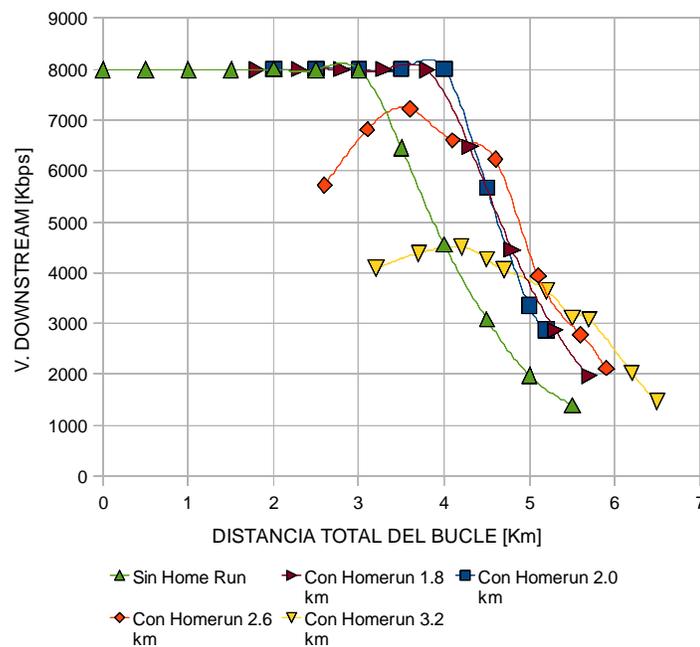


Fig 4.13 Trazados de velocidades ABA 8Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

### 4.3.11 Análisis de atenuación 8 Mbps modelo extensor

La atenuación depende principalmente de la longitud del cable, diámetro y frecuencia de la señal, figura 4.14, por esa razón la atenuación aumenta con la distancia, además, las atenuaciones presentes en la gráfica con acondicionador de línea, son menores debido a los sistemas de regeneración y amplificación de los acondicionadores presentes en el recorrido del bucle de downstream.

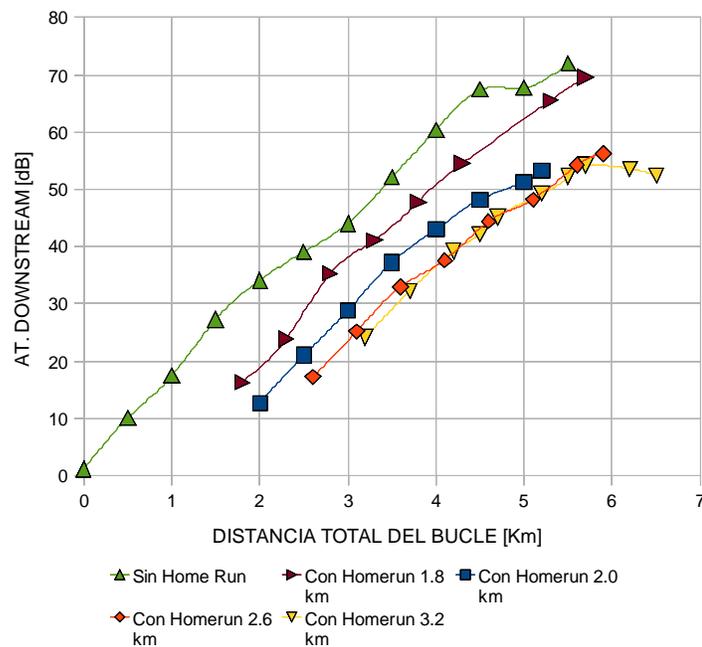


Fig 4.14 Trazados de atenuación ABA 8Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

### 4.3.12 Análisis de potencia 8 Mbps modelo extensor

El máximo nivel de potencia de transmisión o de bajada configurado en el DSLAM para 8 Mbps corresponde a 20 dBm, fig. 4.15. El trazado verde (sin acondicionador) inicialmente posee una potencia de 10 dBm entre DSLAM-CPE, esto sucede, porque los niveles de atenuación presentes en el bucle son muy bajos,

por lo tanto, el nivel de potencia de recepción (CPE) es suficiente. La atenuación se va incrementando conforme se aumenta la distancia de separación DSLAM-CPE, ocasionando que el sistema produzca un aumento en la potencia de transmisión, y así mantener el umbral de recepción conocido por los fabricantes de CPE (MODEM) en el lado cliente.

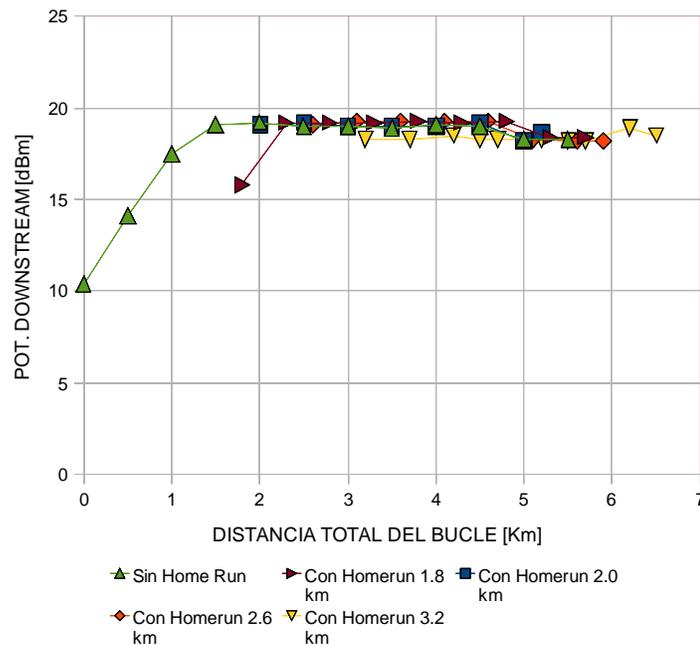


Fig 4.15 Trazados de potencia ABA 8Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

#### 4.3.13 Análisis de relación señal a ruido 8 Mbps modelo extensor

En el trazado verde de la figura 4.16, la SNR disminuye más rápido con la distancia, en comparación con la figura 4.12, esto se debe, a que la cantidad de tonos utilizados en el espectro de frecuencia de downstream es mayor, por lo tanto, la cantidad de ruido afecta a más portadoras, provocando una disminución significativa en la SNR conforme se incrementa la longitud del bucle. Además, la distancia de separación mínima CPE-H.R modelo extensor establecida a través de la figura 4.12,

debe ser por lo menos de 1.5 km de distancia para mantener una relación señal a ruido mayor o igual sin acondicionador de línea.

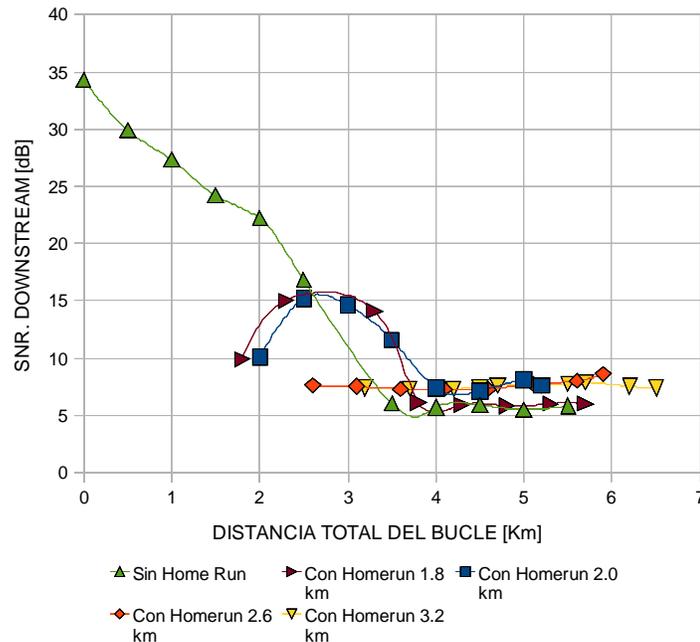


Fig 4.16 Trazados de SNR ABA 8Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

#### 4.3.14 Servicio banda ancha 24 Mbps

Las siguientes graficas representan el montaje de la figura 4.8, con un aumento en el ancho de banda de 1,1 Mhz a 2,2 Mhz y capacidad en el canal descendente de 24 Mbps, haciendo uso del modelo sin/con acondicionador de línea xDSL modelo extensor. También, se establece la máxima velocidad sin acondicionador de línea para la distancia total de bucle. A continuación las gráficas mostradas hacen referencia a los parámetros de línea y velocidad máxima, estos datos fueron obtenidos con el emulador integrado al DSLAM 7301 (ALCATEL).

#### **4.3.15 Análisis velocidad máxima 24 Mbps modelo extensor**

Las tarjetas del DSLAM 7301, estaban configuradas para las pruebas en multiprotocolo, esto indica, que las velocidades superiores a los 15 Mbps, corresponden al protocolo G.992.5, ver figura 4.17, cuya máxima velocidad a desarrollar inicialmente es 24 Mbps, y disminuye conforme aumenta la distancia CPE-DSLAM. Por debajo de los 15 Mbps de distancia el protocolo cambia de forma automática a G.992.3 correspondiente a ADSL2, y luego a ADSL1 cuando las velocidades de downstream esten por debajo de los 8 Mbps. Para las velocidades correspondientes con acondicionadores de línea, inicialmente la velocidad máxima es menor que sin Home Run, debido a las cercanías CPE-HR, lo cual genera ruido en el sistema, por lo tanto, la SNR disminuye. Al establecer un margen mínimo de separación entre estas dos últimas unidades, las velocidades con acondicionadores de línea comienzan a aumentar, desarrollando mayor capacidad con relación a la longitud de bucle total.

#### **4.3.16 Análisis de atenuación 24 Mbps modelo extensor**

Se tiene que transmitir una cantidad finita de símbolos por segundo, establecido en el G.992.1 de 4000, lo que , corresponde a un período de la señal de transmisión de aproximadamente  $250 \mu\text{seg}$  , entonces, para una capacidad determinada (24 Mbps) la cantidad de bits a transmitir varía por símbolo, por esta razón, la atenuación de las figuras 4.10 (2Mbps) y 4.14 (8 Mbps) son prácticamente iguales a la atenuación de la figura 4.18.

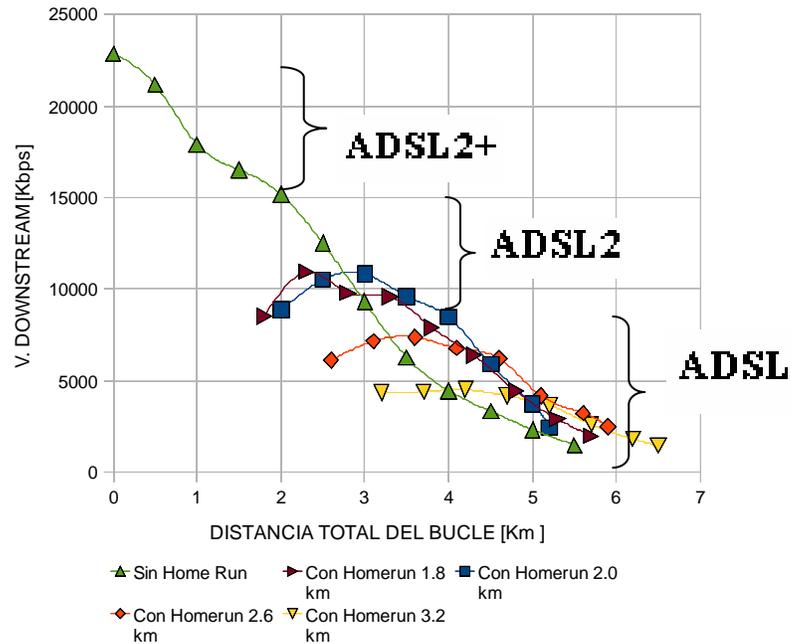


Fig 4.17 Trazados de velocidades máxima 24 Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

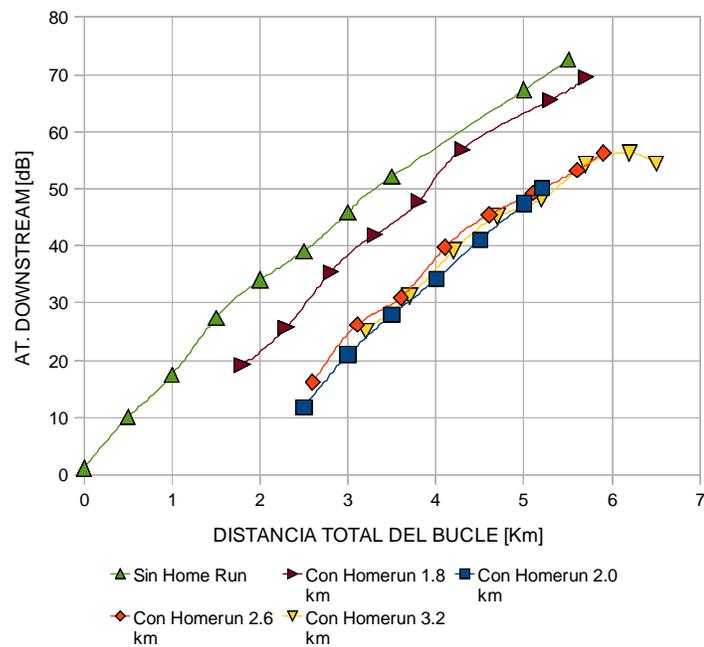


Fig 4.18 Trazados de atenuación 24 Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

### 4.3.17 Análisis de potencia 24 Mbps modelo extensor

El nivel de potencia a transmitir para la capacidad de 24 Mbps, figura 4.19, tiene el mismo comportamiento que los niveles de potencia de las figuras 4.11 y 4.15. Además, la diferencia de esta gráfica con las figuras anteriores, se debe a que su espectro de frecuencia es mayor, por lo tanto, posee mas cantidad de portadoras o subcanales, permitiendo transmitir mayor cantidad de bits por segundo.

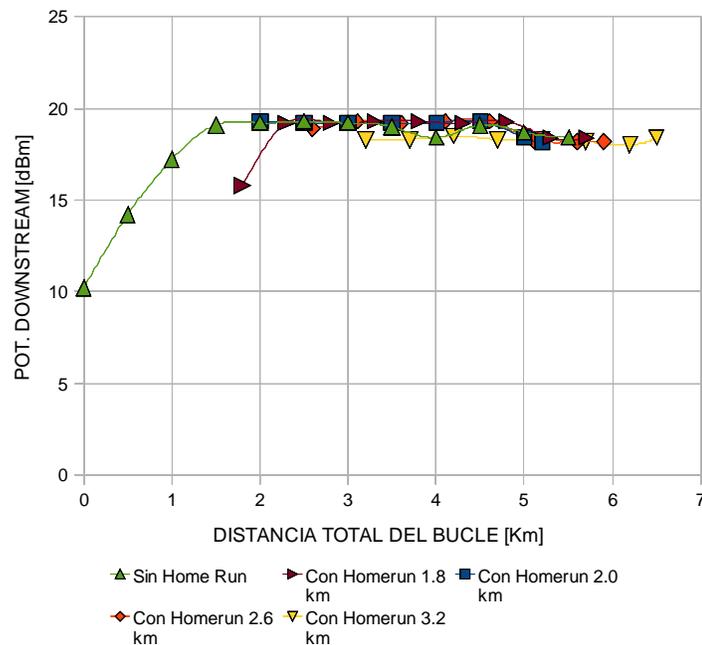


Fig 4.19 Trazados de atenuación 24 Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

### 4.3.18 Análisis de relación señal a ruido 24 Mbps modelo extensor

La cantidad de subcanales o tonos a utilizar para la figura 4.20 es mayor que para las figuras 4.12 y 4.16, esto se debe al aumento del espectro de frecuencias de 1.1Mhz a 2.2 Mhz, para así aumentar la capacidad del sistema, trayendo como consecuencia perturbaciones a más cantidad de subcanales, y por ende, una

disminución significativa de la relación señal a ruido. Por esta razón la SNR para adsl2+ inicialmente sin acondicionador de línea se encuentra por debajo de las relaciones señal a ruido de las figuras 4.12 y 4.16. La SNR con acondicionador de línea se mantiene igual (trazado marrón) o por encima de la SNR sin H.R, debido a la capacidad de este tipo de modelo de filtrar los efectos del ruido.

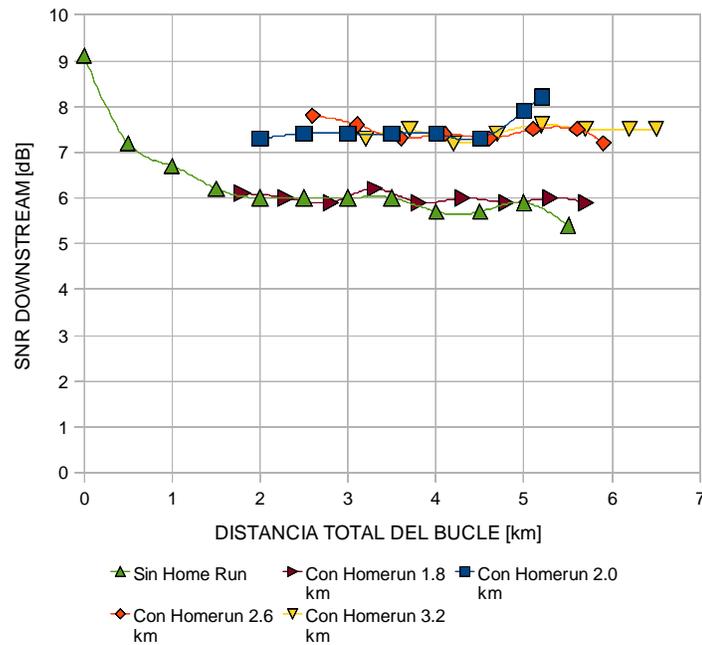


Fig 4.20 Trazados de SNR 24 Mbps modelo extensor

Fuente: Propia

#### 4.3.19 Análisis de velocidad 512 Kbps modelo extensor

La cantidad de subcanales en el espectro de subida (25 portadoras) figura 4.21, es mucho menor que en el espectro de bajada (224 portadoras) [19], por esta razón, la capacidad del canal esta por debajo de los 2 Mbps. También, los datos comienzan a descender a partir de los 5 km de distancia, esto sucede, porque la relación señal a ruido disminuye, conforme aumenta la distancia total de bucle.

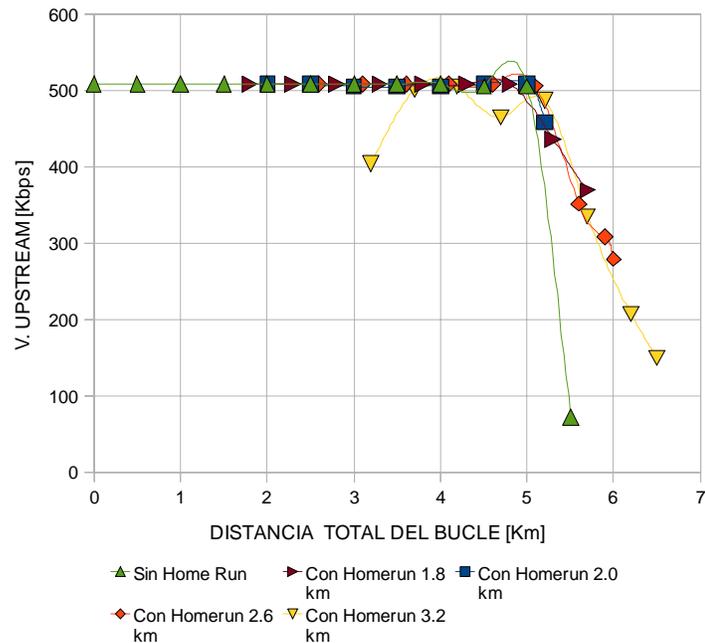


Fig 4.21 Trazados de velocidad 512 Kbps modelo extensor

Fuente: Propia

#### 4.3.20 Análisis de atenuación 512 Kbps modelo extensor

La atenuación presente en la línea sin acondicionador, figura 4.22, depende de la frecuencia de la señal y la longitud del cable, por ende, aumenta con la distancia total del bucle, además, la atenuación con acondicionadores de línea es mayor, cuando las unidades CPE-HR, están cerca unas de otras, esto sucede por que los diseños de acondicionadores de línea xDSL Home Run fueron destinados a velocidades de downstream, y no de upstream debido a la mayor cantidad de información a transmitir, pero mejora conforme se aumenta la distancia de separación entre las dos unidades.

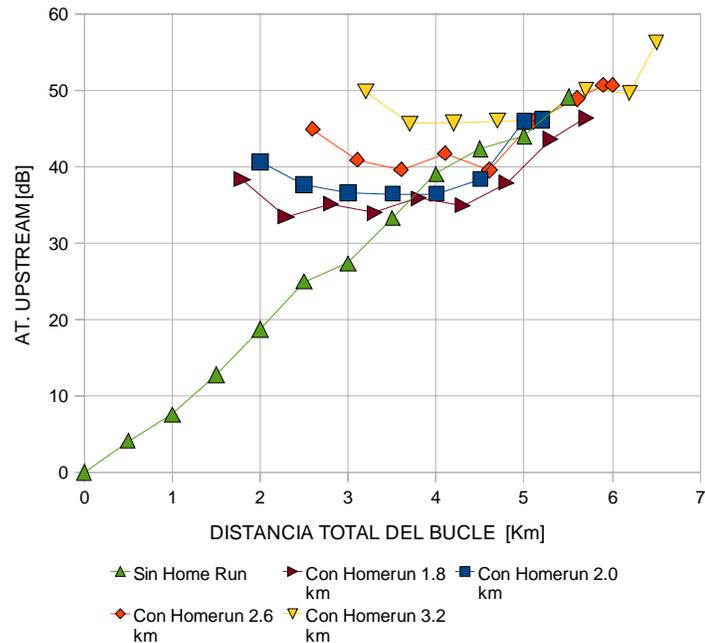


Fig 4.22 Trazados potencia ABA 512 Kbps modelo extensor

Fuente: Propia

#### 4.3.21 Análisis de potencia 512 Kbps modelo extensor

La potencia de transmisión depende de la cantidad de canales a transmitir, es por eso, que la potencia en upstream correspondiente a 13 dBm es menor que en downstream la cual es 20 dBm. Por tal motivo, la potencia sin acondicionador de línea, en 5,5 km es muchos menor, que la potencia con acondicionadores, debido a que estos últimos transmiten más cantidad de información, con relación a la distancia de bucle.

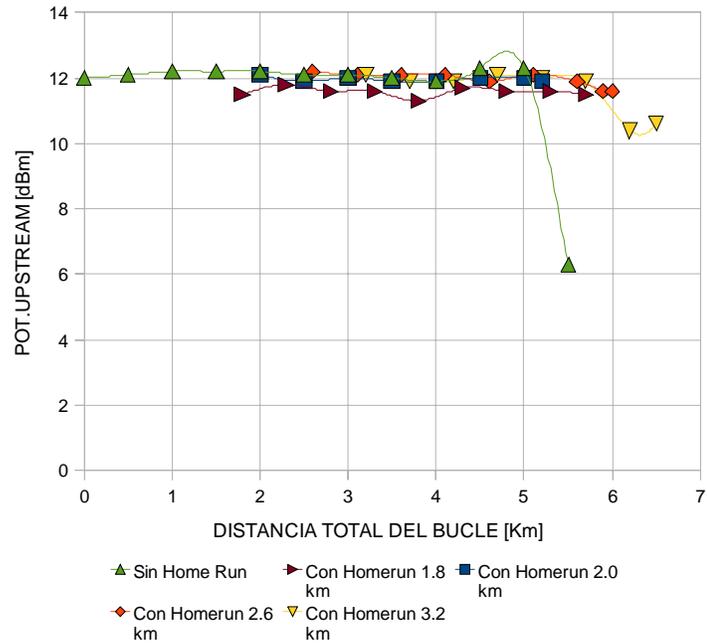


Fig 4.23 Trazados potencia ABA 512 Kbps modelo extensor

Fuente: Propia

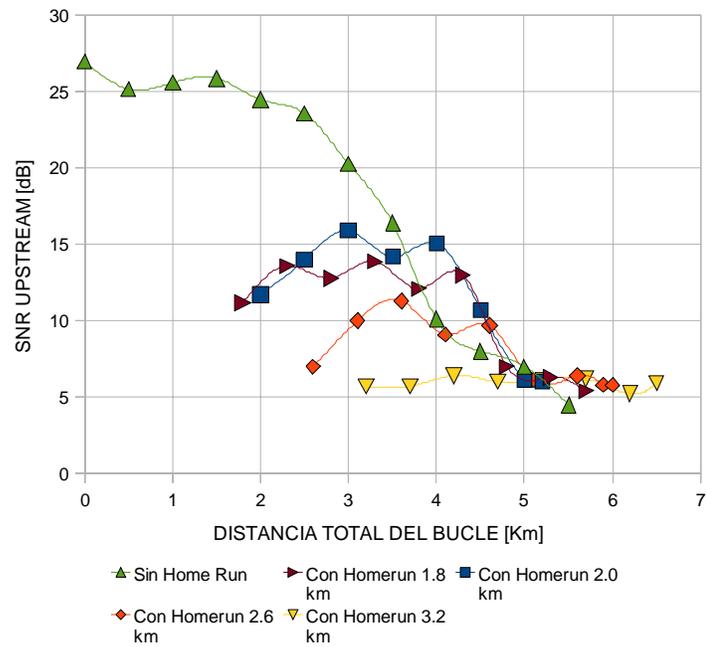


Fig 4.24 Trazados SNR ABA 512 Kbps modelo extensor

Fuente: Propia

### 4.3.22 Análisis de relación señal a ruido 512 Kbps modelo extensor

El ruido aumenta conforme la distancia de bucle es mayor, por lo tanto, la SNR en upstream disminuye. Para los acondicionadores de línea, la SNR para las cercanías CPE-HR, es menor que la del trazado verde de la figura 4.24, debiéndose a que la unidad H.R a tal proximidad afecta al sistema (ruido), ocasionando que la SNR sea mucho menor. Además, conforme aumenta la distancia de separación entre los equipos, el ruido generado por la unidad comienza a descender, originando un aumento de la SNR por encima de la traza verde de la figura anterior.

### 4.4 Escenario 3 estudios de los datos obtenidos en el laboratorio, modelo triple play telealimentado

La figura 4.25 muestra el esquema construido en el laboratorio, con el acondicionador de línea modelo triple play, para los cuales se obtuvo datos de velocidad, velocidad máxima, atenuación downstream, potencia downstream y relación señal a ruido downstream.

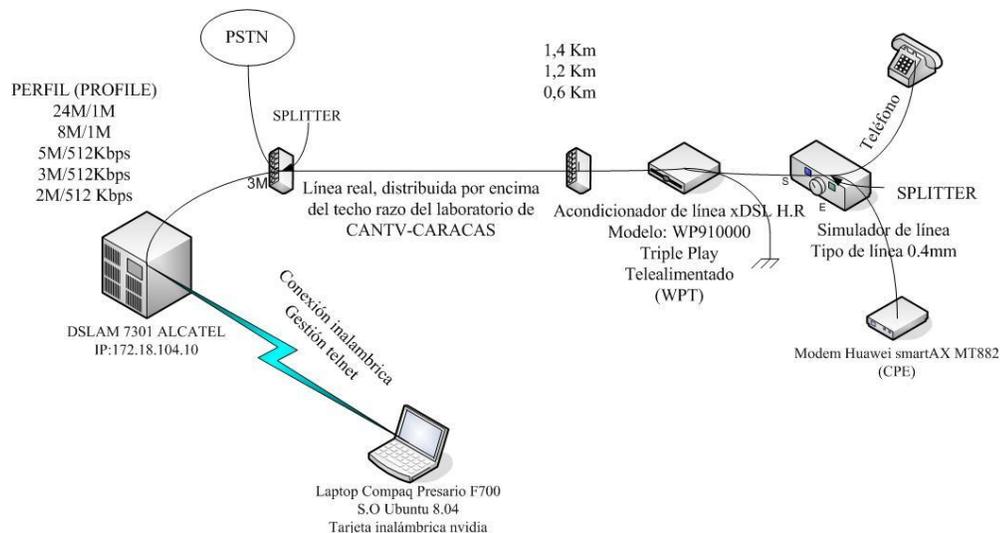


Fig 4.25 Esquema del modelo triple play

Fuente: Propia

En las siguientes gráficas se pueden observar los datos obtenidas en el laboratorio para el modelo triple play ABA 2, 8 y 24 Mbps. En el ANEXO C se tiene los perfiles correspondientes a 3, 5 Mbps en downstream y 512 kbps, 1024 kbps para el canal de upstream.

#### **4.4.1 Análisis de velocidad 2 Mbps modelo triple play**

El trazado marrón de la figura 4.26 se mantiene constante hasta los 5 km, a partir, de allí comienza a decaer la velocidad de downstream (punto de inflexión), esto se debe, a que el sistema debe mantener una cantidad de BER (Bit Error Rate) menor que  $10^{-7}$ , por lo tanto, la relación señal a ruido tiende a decrecer y por ende la capacidad máxima (Shannon-Hartley). Además, las trazas correspondiente a Home Run 1.8 km, 2.0 km, 2.6 km y 3.2 km, generan alcance/velocidad máxima sin cambio a las distancias de bucles determinadas, debido a su colocación de la oficina central para el perfil correspondiente a 2Mbps.

#### **4.4.2 Análisis de atenuación 2 Mbps modelo triple play**

La atenuación de la señal de downstream, depende principalmente de la longitud del cable, diámetro y frecuencia de la señal, entonces, varía, conforme el CPE se aleja de la oficina central, por esta razón, se puede observar en la figura 4.27, un incremento de la misma con la distancia total del bucle. Para las trazas correspondientes a los acondicionadores de línea xDSL, la atenuación es menor debido a que el Home Run (triple play) regenera y amplifica la señal, a partir de sus distancias a colocar.

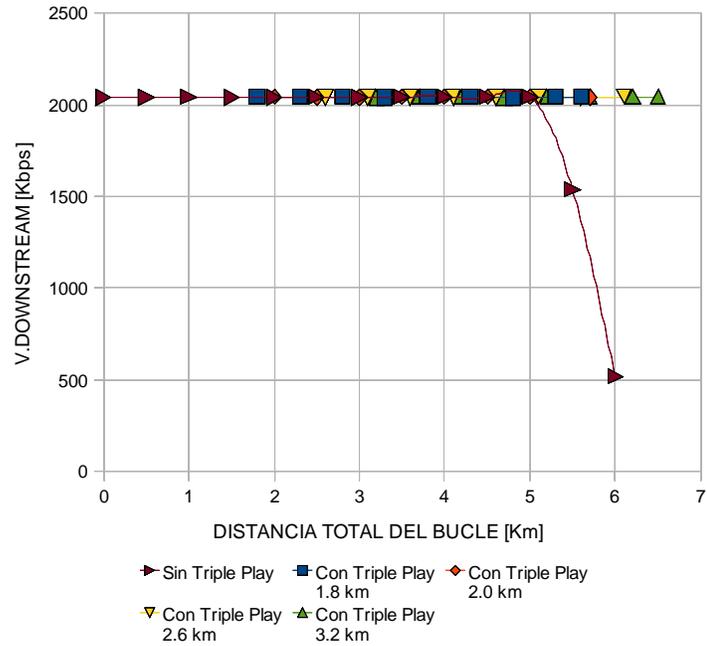


Fig 4.26 Trazados velocidad ABA 2Mbps modelo triple play

Fuente: Propia

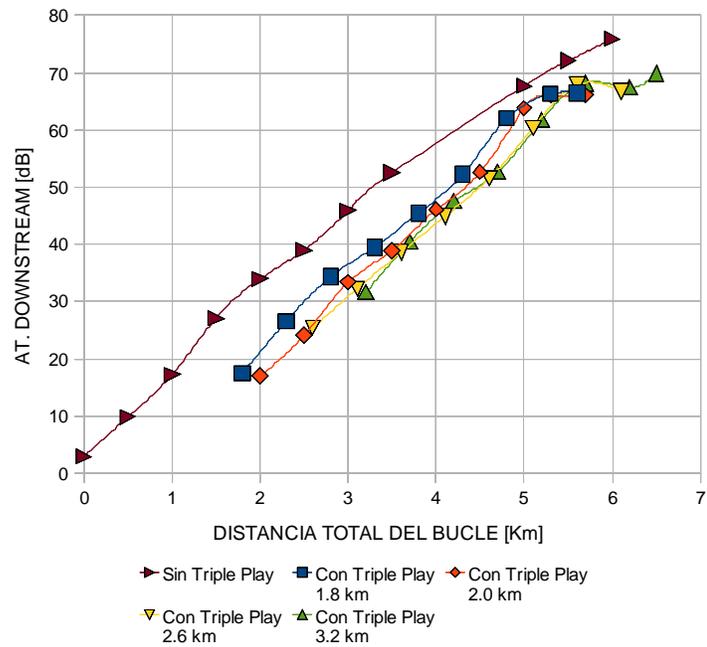


Fig 4.27 Trazados atenuación ABA 2Mbps modelo triple play

Fuente: Propia

#### 4.4.3 Análisis de potencia 2 Mbps modelo triple play

El máximo nivel de potencia de transmisión en el sentido de downstream configurado en el DSLAM corresponde a 20 dBm ( $100mW$ ), en la figura 4.28 se observa para el trazado verde, un incremento inicial en la potencia con relación a la distancia, debido a las proximidades de los equipos (CPE-DSLAM). Una vez establecido el margen de separación, la potencia de bajada se mantiene dentro del rango con unas variaciones, al igual que con las unidades triple play.

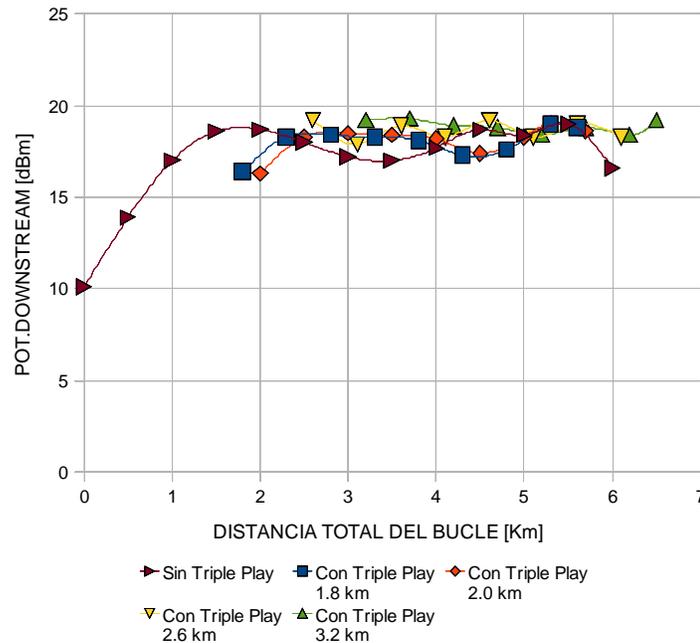


Fig 4.28 Trazados potencia ABA 2Mbps modelo triple play

Fuente: Propia

#### 4.4.4 Análisis de relación señal a ruido 2 Mbps modelo triple play

En los trazados iniciales con acondicionador de línea xDSL tipo triple play, la relación señal a ruido (SNR), tiene menor valor que la SNR sin Home Run (H.R), esto indica que el acondicionador de línea genera perturbaciones al medio debido a

las proximidades CPE-HR, produciendo, una relación señal a ruido menor, ver figura 4.29. Por lo tanto, se debe mantener una distancia mínima de 1 km de separación CPE-HR, para que la SNR con H.R sea igual o mayor que la SNR sin H.R, y así desarrollar mejor velocidad máxima.

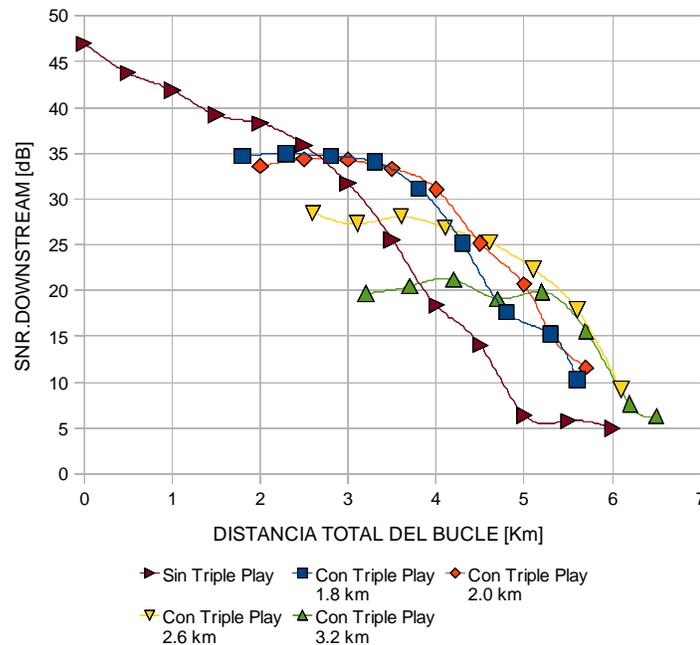


Fig 4.29 Trazados SNR ABA 2Mbps modelo triple play

Fuente: Propia

#### 4.4.5 Análisis de velocidad 8 Mbps modelo triple play

Para el trazado verde de la figura 4.30, la velocidad de downstream sin acondicionador de línea comienza a descender a partir de los 3 km de distancia total de bucle, esto se debe a una disminución de la SNR, para mantener el BER menor  $10^{-7}$ , por lo tanto, ocurre un decaimiento en la velocidad máxima de datos (Shannon Hartley). El trazado verde y marrón correspondiente a H.R 2,6 km y 3,2 km de la figura, establece que la velocidad se encuentra inicialmente por debajo de la requerida (8Mbps), esto se debe a que la relación señal a ruido (SNR), tiene menor valor que la

SNR sin Home Run (H.R), indicando que el acondicionador de línea genera ruido al medio debido a las proximidades CPE-HR, además, la SNR mejora conforme se aumenta la distancia de separación CPE-HR, desarrollando velocidades mayores para ciertas distancias, en comparación sin acondicionador de línea.

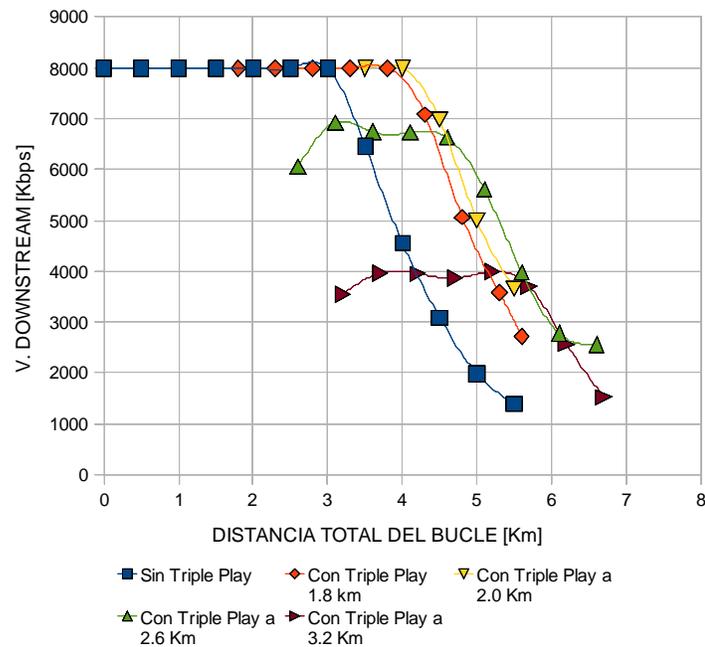


Fig 4.30 Trazados velocidad ABA 8Mbps modelo triple play

Fuente: Propia

#### 4.4.6 Análisis de atenuación 8 Mbps modelo triple play

La atenuación depende principalmente de la longitud del cable, diámetro y frecuencia de la señal, por esa razón la atenuación aumenta con la distancia, además, las atenuaciones presentes en la gráfica con acondicionador de línea modelo triple play, son menores debido a los sistemas de regeneración y amplificación presentes en el recorrido del bucle de downstream, ver figura 4.31.

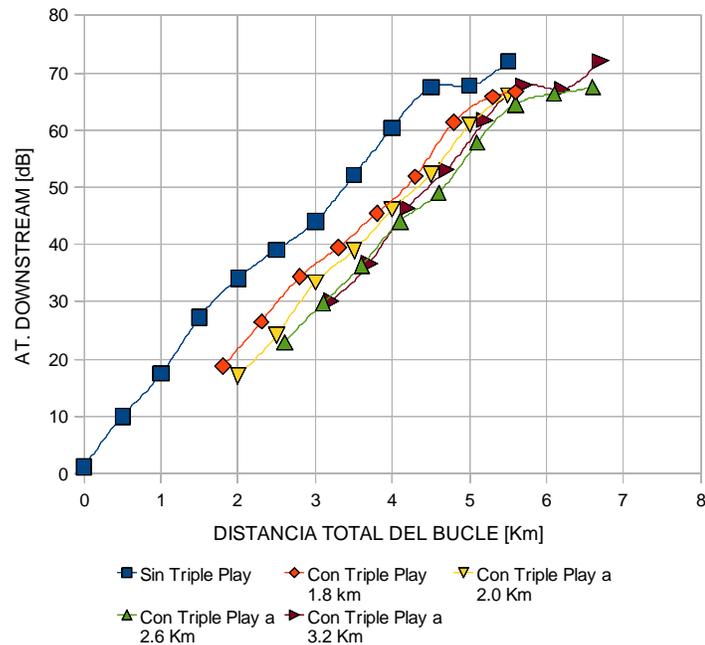


Fig 4.31 Trazados velocidad ABA 8 Mbps modelo triple play

Fuente: Propia

#### 4.4.7 Análisis de potencia 8 Mbps modelo triple play

El máximo nivel de potencia de transmisión configurado en el DSLAM para 8 Mbps corresponde a 20 dBm (100 mw), en la gráfica, el trazado azul inicialmente posee una potencia de 10 dBm (10 mw) entre DSLAM-CPE, esto se debe, a que los niveles de atenuación presentes en el bucle son muy bajos, por lo tanto, el nivel de potencia de recepción (CPE) es suficiente. La atenuación se va incrementando conforme se aumenta la distancia de separación DSLAM-CPE, ver figura 4.32, ocasionando que el sistema produzca un aumento en la potencia de transmisión, y así mantener el umbral de recepción conocido por los fabricantes de CPE (MODEM) en el lado cliente.

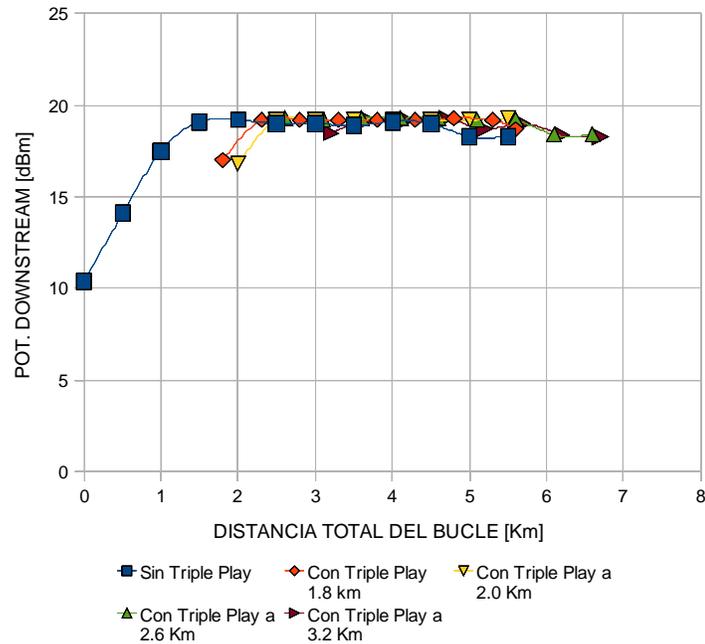


Fig 4.32 Trazados velocidad ABA 8Mbps modelo triple play

Fuente: Propia

#### 4.4.8 Análisis de relación señal a ruido 8 Mbps modelo triple play

En el trazado azul de la figura 4.33, la SNR sin acondicionador de línea disminuye más rápido con la distancia, en comparación con la traza sin acondicionador de la figura 4.29, esto se debe, a que las cantidades de tonos utilizados en el espectro de frecuencia de bajada es mayor, por lo tanto, la cantidad de ruido presente en las portadoras aumenta, provocando una disminución significativa en la SNR conforme se incrementa la longitud del bucle, además, la distancia de separación mínima CPE-H.R modelo triple play establecida a través de la figura 4.29, debe ser por lo menos de 1 km, para mantener una relación señal a ruido mayor o igual sin acondicionador de línea.

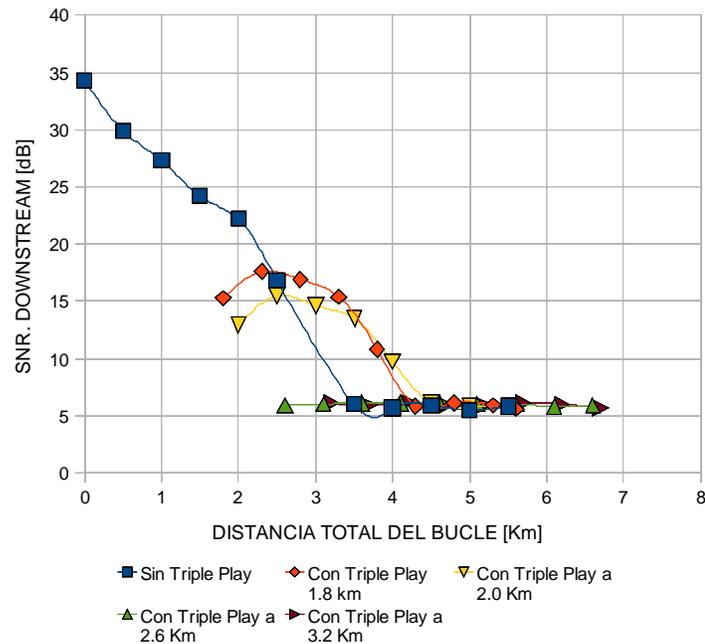


Fig 4.33 Trazados SNR ABA 8Mbps modelo triple play

Fuente: Propia

#### 4.4.9 Análisis de velocidad 24 Mbps modelo triple play

Las tarjetas correspondientes al DSLAM, fueron configuradas para las pruebas en multiprotocolo, esto indica, que las velocidades superiores a los 15 Mbps, corresponden al protocolo G.992.5, ver figura 4.34, cuya máxima velocidad a desarrollar inicialmente es 24 Mbps, y disminuye conforme aumenta la distancia CPE-DSLAM. Por debajo de los 15 Mbps de distancia el protocolo cambia de forma automática a G.992.3 correspondiente a ADSL2, y luego a ADSL1 cuando la velocidad de downstream este por debajo de los 8 Mbps. Para las velocidades correspondientes con acondicionadores de línea, inicialmente la velocidad máxima es menor que sin Home Run, debido a las cercanías CPE-HR, lo cual genera ruido en el sistema, por lo tanto, la SNR disminuye. Al establecer un margen mínimo de separación entre estas dos últimas unidades, las velocidades con acondicionadores de línea comienzan a aumentar, desarrollando mayor capacidad con relación a la

longitud de bucle total.

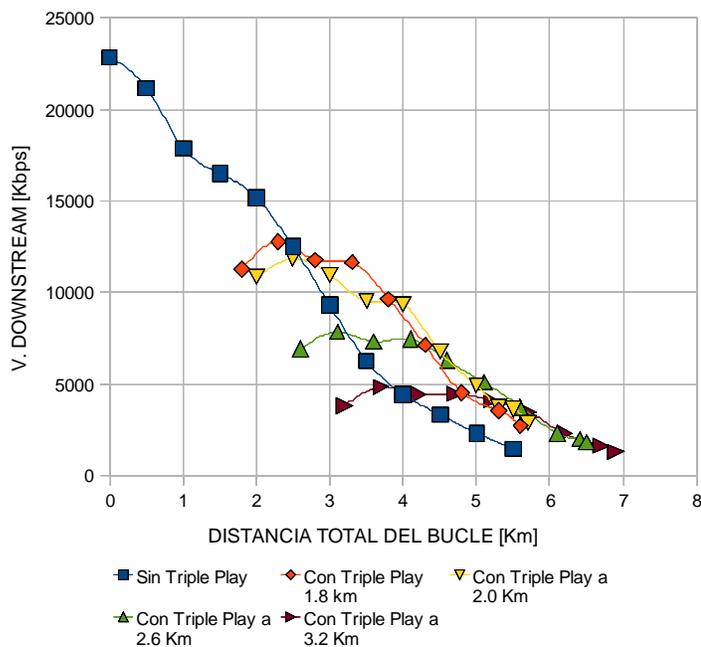


Fig 4.34 Trazados velocidad máxima 24Mbps modelo triple play

Fuente: Propia

#### 4.4.10 Análisis de atenuación 24 Mbps modelo triple play

Se tiene que transmitir una cantidad finita de símbolos por segundo, establecido en el G.992.1 de 4000, lo que corresponde a un período de la señal de transmisión de aproximadamente  $250 \mu\text{seg}$ , entonces, para una capacidad dada la cantidad de bits a transmitir varía por símbolos, por esta razón, la atenuación de las figuras 4.27 (2Mbps) y 4.31 (8 Mbps) son prácticamente iguales a la atenuación de la figura 4.35.

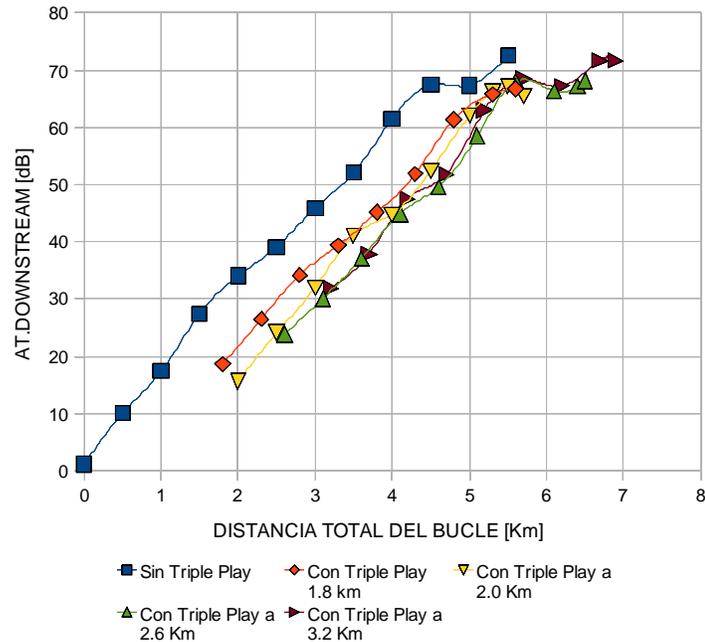


Fig 4.35 Trazados atenuación ABA 24Mbps modelo triple play

Fuente: Propia

#### 4.4.11 Análisis de SNR 24 Mbps modelo triple play

La cantidad de subcanales o tonos a utilizar para la figuras 4.36 es mayor que las figuras 4.29 y 4.33, esto se debe al aumento del espectro de frecuencia de 1.1Mhz a 2.2 Mhz, para así aumentar la capacidad del sistema, trayendo como consecuencia perturbaciones a más cantidad de subcanales, y por ende, una disminución significativa de la relación señal a ruido. Por esta razón la SNR para adsl2+ inicialmente sin acondicionador de línea se encuentra por debajo de las relaciones señal a ruido de las figuras 4.29 y 4.33. La SNR con acondicionador de línea se mantiene próxima a la SNR sin H.R con pequeños márgenes de diferencia.

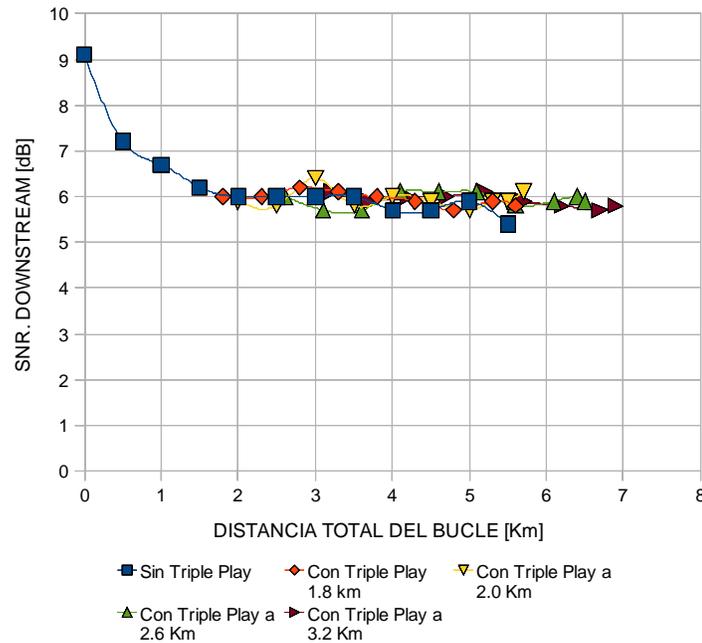


Fig 4.36 Trazados SNR ABA 24Mbps modelo triple play

Fuente: Propia

#### 4.5 Correlaciones Gráficas del fabricante vs las generadas en pruebas de laboratorio

Las herramientas estadísticas de correlación y análisis de regresión se desarrollaron para establecer la relación con la que dos o más variables se asocian y el monto promedio de cambio en una variable que estaba asociada con un incremento unitario en el valor de la otra variable. El término “regresión” se refiere específicamente a la medición de esta interrelación. El término “correlación”, que es más general, incluye el análisis de ciertas medidas, tales como coeficiente de correlación y determinación.

Cuando solamente participan dos variables, el análisis se describe como correlación o regresión simple. La correlación o regresión múltiple se refiere al análisis de tres o más variables. En este caso se refiere a las relaciones simples (de

dos variables).

La fórmula para una línea recta es  $y_c(x) = a x + b$ , donde  $y_c$  es el valor calculado o esperado, de  $y$  (o sea, el valor en la línea para un valor dado de  $X$  y la relación descrita por la línea). La constante  $b$  es el valor de  $y_c$  en el eje de las  $Y$  donde  $X=0$ , y  $a$  es el incremento en  $Y_c$  para cada unidad de incremento en  $X$ . El valor de  $a$  es por lo tanto la pendiente de la línea. Cuando la línea recta se utiliza para relacionar dos variables, se dice que la ecuación de regresión es lineal. La pendiente  $a$  se denomina el coeficiente de regresión, entonces, la línea de regresión se denomina a menudo la línea del promedio de relación, indicando que es una graficación del promedio de valores de  $Y$  para distintos valores de  $X$ .

A continuación se describe el método para ajustar una línea de regresión conocido como mínimos cuadrados. Para obtener la correlación de los datos del laboratorio y fabricante, se procede a utilizar este método el cual establece que una recta mediante mínimos cuadrados tiene las siguientes características:

1. Permite el mejor ajuste de datos porque con ella la suma de las desviaciones al cuadrado de la línea, es menor, que la obtenida con cualquier otra recta.
2. Las desviaciones arriba de la línea son iguales a las desviaciones bajo la línea, en promedio. Esto significa que el total de las desviaciones positivas y negativas es cero.
3. La línea recta pasa a través de la media total de los datos.
4. Cuando los datos representan una muestra de una población mayor la línea de mínimos cuadrados es una estimación óptima de la línea de regresión de la población.

$$y_c(x) = a x + b$$

$$a = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad b = \frac{N \sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$R = \frac{Cov(x, y)}{\sqrt{Var(x) \cdot Var(y)}}$$

R= Coeficiente de correlación lineal

$$Cov(x, y) = \frac{N \sum_{i=1}^N x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^N x_i \cdot \sum_{i=1}^N y_i}{N^2}$$

Cov (x,y) = Covarianza de x, y

$$Var(x) = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N} - \left( \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \right)^2 = \langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2$$

Var (x) =Varianza de x

$$Var(y) = \frac{\sum_{i=1}^N y_i^2}{N} - \left( \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \right)^2 = \langle y^2 \rangle - \langle y \rangle^2$$

Var (y) =Varianza de y

La correlación entre dos variables se puede describir como positiva, indicando que los valores altos de una variable tienden a asociarse con los valores altos de la otra variable y similarmente con los valores bajos. Cuando los valores altos de una variable ocurren con los valores bajos de la otra, las variables están correlacionadas inversa o negativamente. Si los puntos marcados en un diagrama disperso generalmente siguen una línea recta, se dice que existe una relación lineal entre las dos variables. El valor de R varía entre  $-1$  y  $1$ . Si R es  $\pm 1$  o próximo a estos valores, decimos que el modelo lineal es adecuado para describir los datos experimentales. Cuando R se aparta de estos extremos decimos que una expresión lineal no es una buena descripción de los datos. En este caso, conviene analizar el gráfico y buscar una relación no lineal que aproxime mejor la dependencia [18].

Para los siguientes gráficos se hace uso del método mínimo cuadrado para un segmento de velocidad vs distancia tanto del fabricante como de las obtenidas en el laboratorio. Además, se calculará el coeficiente de correlación lineal y la función que corresponde al tramo a estudiar.

#### 4.5.1 Configuración laboratorio Vs fabricante

La figura 4.37 representa el montaje realizado en el laboratorio, la cual consta fundamentalmente por un simulador de línea, que se encarga de separar el CPE del Home Run y una línea real, que tiene como utilidad mantener los acondicionadores de línea xDSL Home Run a una distancia fija del DSLAM 7301. En la figura 4.38 se muestra la configuración del fabricante la cual esta constituida principalmente de 2 simuladores de línea, el primero con la utilidad de establecer una distancia fija de separación entre el DSLAM y la unidad H.R, el segundo para alejar el CPE del H.R. Luego se graficó las velocidades de downstream, figuras 4.39-4.47, dadas por ambas configuraciones con/sin acondicionador de línea xDSL Home Run modelos extensor y triple play, para correlacionar las longitudes de colocación (unidades H.R) de acuerdo a lo establecido en la tabla 4.6.

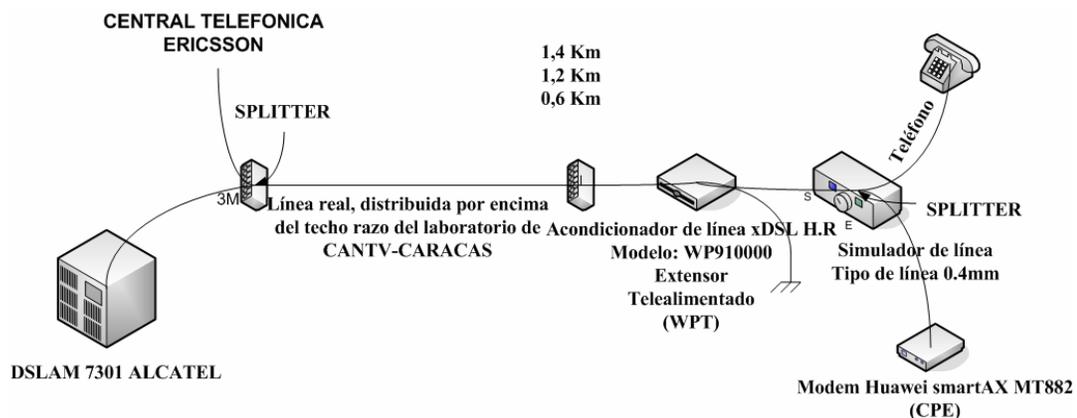


Fig. 4.37 Configuración laboratorio

Fuente: Propia

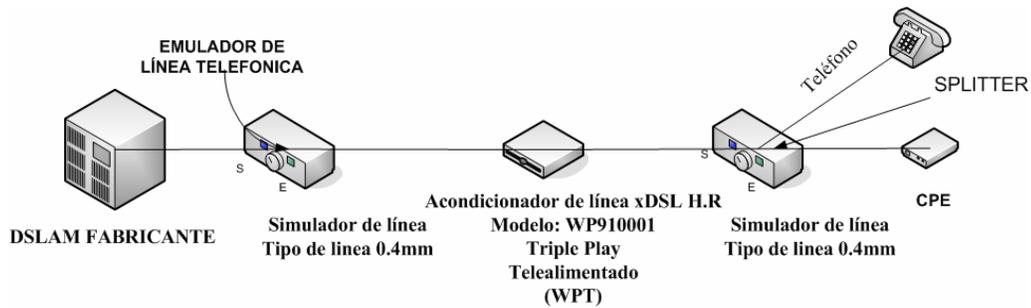


Fig. 4.38 Configuración del fabricante

**Fuente:** PropiaTabla 4.6 Comparación de distancia de separación  
H.R laboratorio vs fabricante**Fuente:** Propia

Laboratorio	Fabricante
1.8 km	1.8 km
2.0 km	2.1 km
2.6 km	2.4 km
2.6 km	2.7 km

#### 4.5.2 Gráficas fabricantes vs laboratorio con simulador de línea y H.R modelo extensor

La figura 4.39 se realizó con los datos obtenidos en el laboratorio y los dados por el fabricante (WPT) para ADSL 8 Mbps sin acondicionador de línea, el cual consta de 2 trazas que representan las velocidades de downstream obtenidas por ambas partes.

#### **4.5.2.1 Análisis del laboratorio vs fabricante sin acondicionador de línea xDSL**

La figura 4.39 representa la configuración básica de ADSL, es decir, CPE-DSLAM, observándose para el trazado del laboratorio que la disminución de la velocidad ocurre a una distancia de 3 km, y en el fabricante a 2,7 km. Esta diferencia se atribuye a la configuración realizada por ambas partes (fig 4.37-4.38) y el tipo de MODEM o CPE utilizado en la prueba, ver ANEXO D figura D.1. Al existir diferencias en las velocidades para el trazado de configuración básica, de igual manera se obtendrá para las trazas donde los acondicionadores de línea xDSL (laboratorio y fabricante) estén presentes.

#### **4.5.2.2 Análisis del laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 1,8 km**

En la figura 4.40 se observa que la velocidad de downstream, obtenida por el fabricante, esta por encima de la determinada en el laboratorio, esta diferencia también se puede calcular de forma matemática, seleccionando una distancia de bucle total en el gráfico y comparar las velocidades dadas por las ecuaciones de regresión lineal para el tramo respectivo obtenidas a través de la tabla 4.7. Esta diferencia de velocidad se debe principalmente al tipo de CPE (MODEM) utilizado en la prueba, ANEXO D figura D.1.

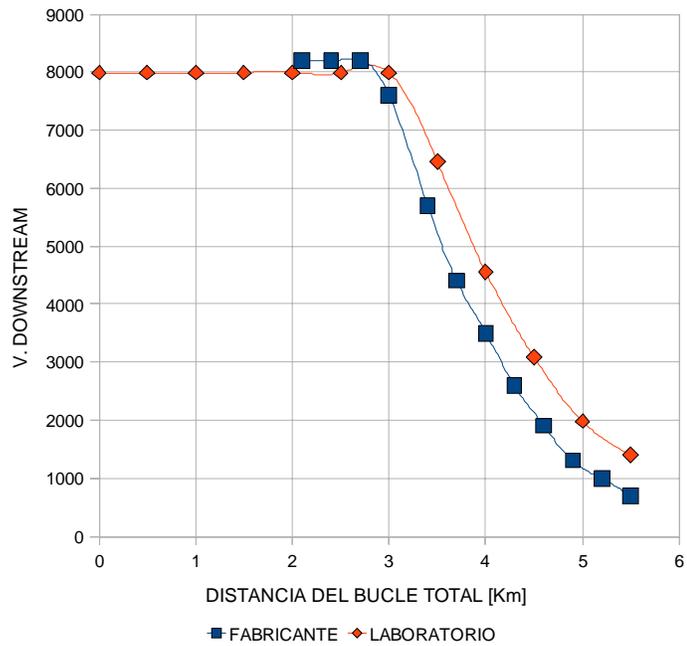


Fig 4.39 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante

Fuente: Propia

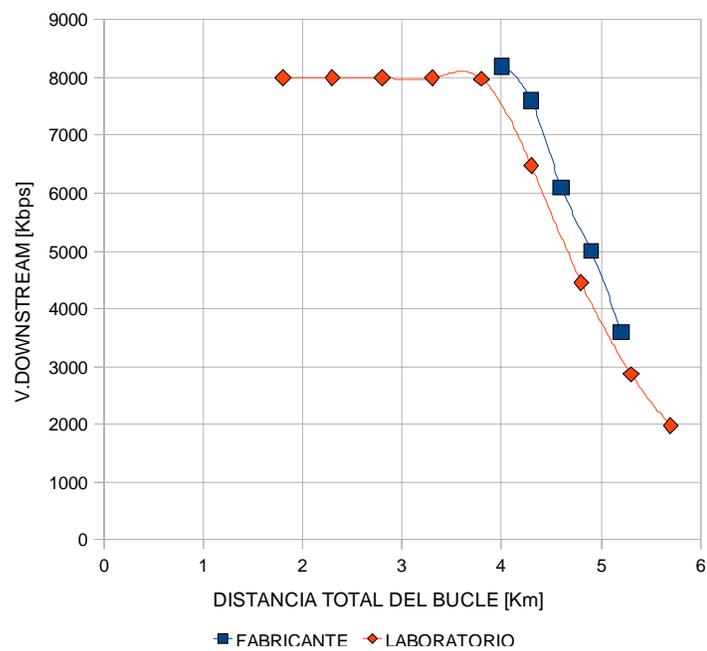


Fig 4.40 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante

H.R 1.8 km modelo extenso

Fuente: Propia

Tabla 4.7 variables de laboratorio vs fabricantes H.R 1,8 km

Extended Reach		
ADSL 1 HOME RUN 1.8 Km	FABRICANTE	LABORATORIO
Coeficiente de correlación lineal	0.993035236	0.996683864
Intercepción (b)	24193.33333	20349.15425
Pendiente (a)	-3933.333333	-3263.379549
Tramos (km)	4 km - 5.2 km	3.8 km -5.7 km

Ecuaciones de regresión lineal

$$V_f = -3,93333K(D) + 24,19333K \quad \text{Tramo 4-5 km}$$

$$V_L = -3,2633K(D) + 20,3491K \quad \text{Tramo 3.8-5.7 km}$$

$V_f$  = Velocidad de downstream del fabricante

$V_L$  = Velocidad de downstream del laboratorio

$D$  = Distancia total del bucle

$K$  = Kilo ( $10^3$ )

Las ecuaciones anteriores estiman la velocidad de downstream, para aquellas zonas o distancias de bucles no consideradas en las pruebas tanto para el fabricante como laboratorio, ayudando a establecer diferencias cuantitativas.

#### 4.5.2.3 Análisis del laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 2,0 km-2,1 km

En la figura 4.41 se observa que el trazado de velocidades downstream para el fabricante es próximo al de las velocidades obtenidas en el laboratorio. El primero posee un coeficiente de correlación lineal de 0.996 (ver tabla 4.8) para un intervalo de 4.0km – 5.5 km y el segundo de 0.997 para 4 km – 5.2 km ambos con pendiente negativa, la reducción de la velocidad entre las trazas se debe al tipo de módem utilizado y la colocación del extensor en diferentes distancia de la red, es decir, la unidad en el laboratorio estaba colocada a 2.0 km de la oficina central en cambio la

del fabricante en 2.1 km.

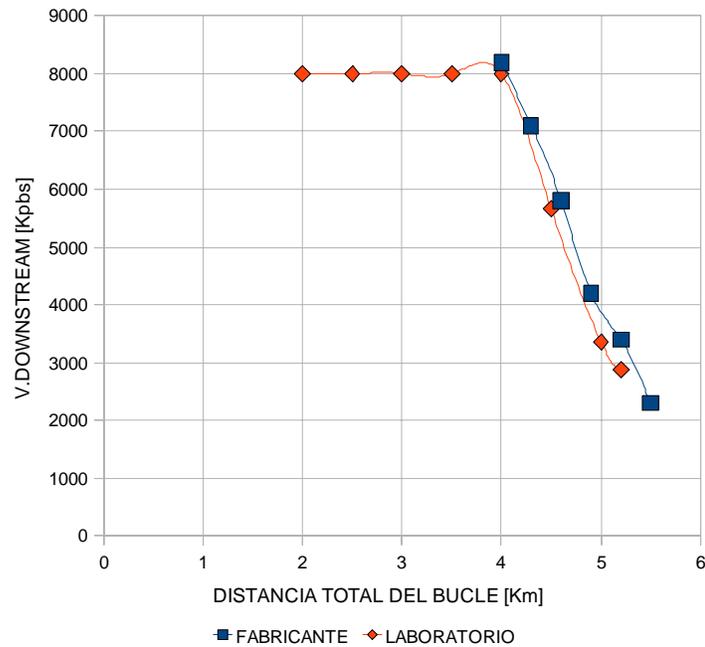


Fig 4.41 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante

H.R 2,0-2,1 km modelo extensor

Fuente: Propia

Tabla 4.8 Variables de laboratorio vs fabricantes H.R 1,8 km

Extended Reach		
ADSL 1 HOME RUN 2.1 Km	Fabricante (2,1 km)	Laboratorio (2,0 km)
Coeficiente de correlación lineal	0.996621794	0.997393113
Intercepción (b)	24257.14286	25416.01153
Pendiente (a)	-4019.047619	-4372.997118
Tramos (km)	4.0 km -5.5 km	4 km - 5.2 km

Ecuaciones de regresión lineal

$$V_f = -4,01904K(D) + 24,25714K$$

$$V_L = -4,37299K(D) + 25,41601K$$

$V_f$  = Velocidad de downstream del fabricante

$V_f$  = Velocidad de downstream del laboratorio

$D$  = Distancia total del bucle

K= Kilo ( $10^3$ )

#### **4.5.2.4 Análisis del laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 2,4 km-2,6 km**

En la figura 4.42 la colocación del acondicionador de línea modelo extensor, se realizó en el laboratorio a 2.6 km y para el fabricante a 2.4 km (tabla 4.6), este último posee una correlación lineal de 0.995, ver tabla 4.9 para un intervalo de 4.3 km - 5.8 km y 0.975 con tramo de 3.6 km – 5.9 km para el laboratorio, ambos con pendiente negativa cuya diferencia en velocidad downstream se atribuye a la distancia de colocación de las unidades extensoras, como también el modelo de CPE utilizado por la western pacific telecommunication (fabricante). Además la diferencia de velocidades para los tramos respectivos, la podemos estimar haciendo uso de las ecuaciones de regresión lineal simple generadas a través de los parámetros obtenidos en la tabla 4.9, calculado por las ecuaciones mencionadas al inicio de la sección.

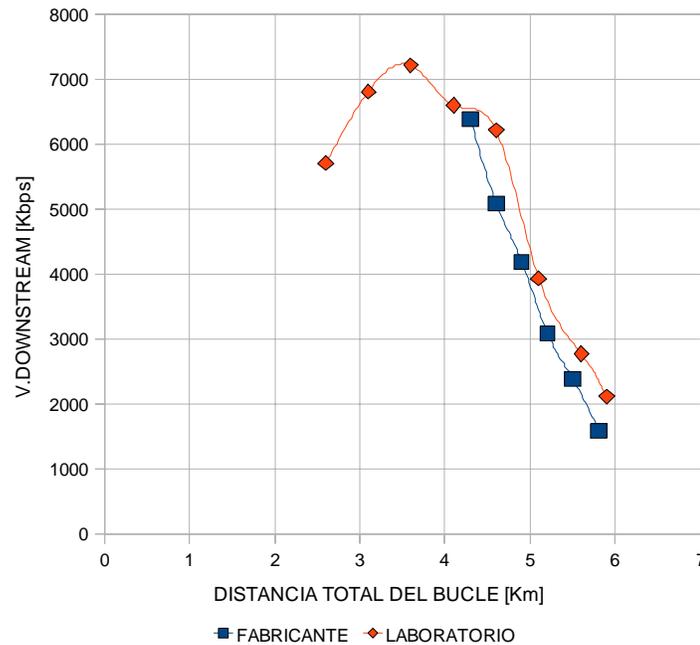


Fig 4.42 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante

H.R 2,4-2,6 km modelo extensor

Fuente: Propia

Tabla 4.9 Variables de laboratorio vs fabricantes H.R 2,4 km-2,6 km

Extended Reach		
ADSL 1 HOME RUN 2.4 Km	Fabricante (2,6km)	Laboratorio (2,4 km)
Coefficiente de correlación lineal	0.995154478	0.975300551
Intercepción (b)	19767.61905	16242.58465
Pendiente (a)	-3161.904762	-2372.405117
Tramos (km)	4.3 km - 5.8 km	3.6 km - 5.9 km

Ecuación de regresión lineal

$$V_f = -3,161904K(D) + 19,76761$$

$$V_L = -23,72405K(D) + 16,24258$$

$V_f$  = Velocidad de downstream del fabricante

$V_L$  = Velocidad de downstream del laboratorio

$D$  = Distancia total del bucle

K= Kilo ( $10^3$ )

#### 4.5.2.5 Análisis del laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 2,6 km-2,7 km

En la figura 4.43 el trazado del fabricante, se encuentra por debajo del obtenido en el laboratorio y tiene mayor alcance de bucle total, esto se debe primero, al modelo de CPE utilizado segundo, a la configuración fabricante-laboratorio (fig 4.37-4.38), y tercero a la distancia de colocación de las unidades Home Run (2,6km-2,7km).

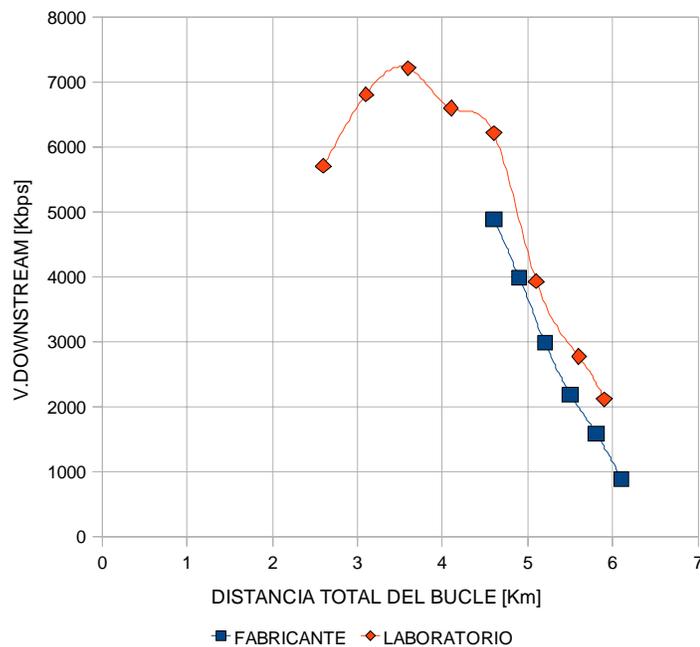


Fig 4.43 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante  
H.R 2,6-2,7 km modelo extensor

**Fuente:** Propia

Tabla 4.10 Variables de laboratorio vs fabricantes H.R 2,6 km- 2,7 km

<b>Extended Reach</b>		
<b>ADSL 1 HOME RUN 2.7 Km</b>	Fabricante (2,7 km)	Laboratorio (2,6 km)
<b>Coeficiente de correlación lineal</b>	0.995859195	0.975300551
<b>Intercepción (b)</b>	17033.33333	16242.58465
<b>Pendiente (a)</b>	-2666.666667	-2372.405117
<b>Tramos (km)</b>	4.6 km - 6.1 km	3.6 km - 5.9 km

Ecuación de regresión lineal

$$V_f = -26,6666K(D) + 17,0333$$

$$V_L = -23,72405K(D) + 16,24258$$

$V_f$  = Velocidad de downstream del fabricante

$V_L$  = Velocidad de downstream del laboratorio

$D$  = Distancia total del bucle

$K$  = Kilo ( $10^3$ )

### 4.5.3 Gráficas fabricantes vs laboratorio con simulador de línea y H.R con modelo triple play

#### 4.5.3.1 Análisis de laboratorio vs fabricante sin acondicionador de línea

La figura 4.44, muestra los resultados obtenidos a velocidad máxima tanto del fabricante como del laboratorio, en ella se observan inicialmente diferencias en cuanto a velocidades, y pasos de separación MODEM-CPE, 500 mts para el trazado rojo y 300 mts para el azul. La diferencia de velocidad de downstream se debe al montaje realizado por el fabricante, usando 2 simuladores de línea, y CPE con marca no suministrada. Por esta razón, la colocación de los acondicionadores de línea dentro de las distintas configuraciones genera respuestas de acuerdo a los escenarios.

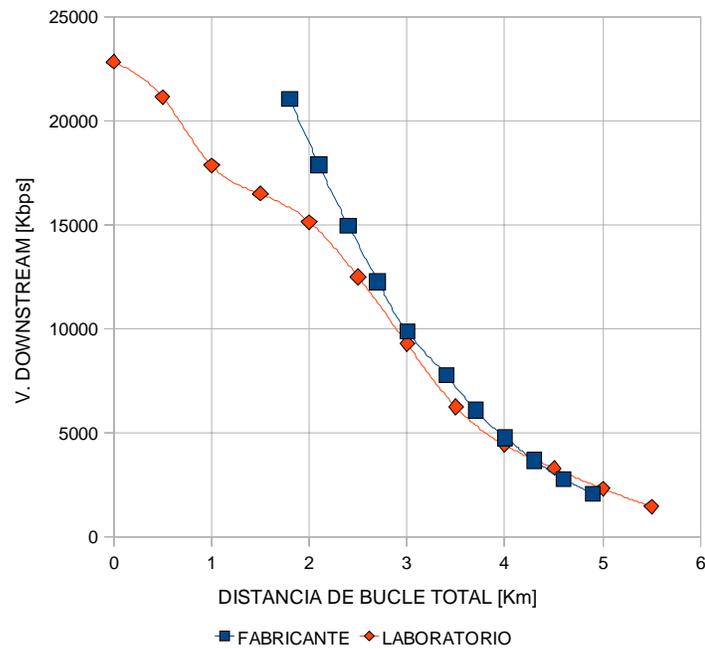


Fig 4.44 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante  
sin extensor

**Fuente:** Propia

#### 4.5.3.2 Análisis de laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 1,8 km

En la figura 4.45, se ha colocado la unidad triple play a 1,8 km del DSLAM, tanto del fabricante como del laboratorio y se visualiza las diferencias en velocidades iniciales para los trazados. Estas quedan establecidas de acuerdo a las configuraciones realizadas; además, en la figura se observa que para el tramo 4-5 km la velocidad de datos varía de 9 a 4 Mbps para ambos trazados manteniendo velocidades cercanas. Para el tramo 2 – 4 km las velocidades son muy diferentes acercándose a los 4 km.

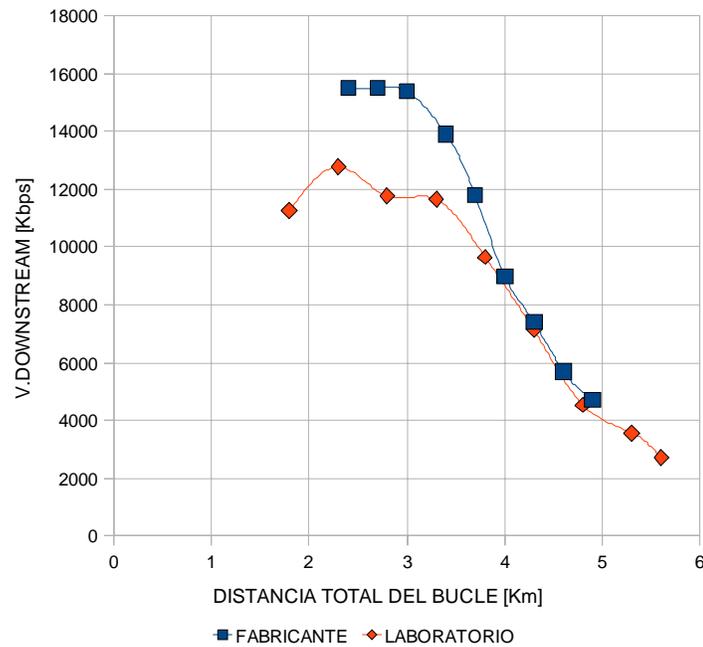


Fig 4.45 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante

H.R 1,8 km modelo triple play

Fuente: Propia

Tabla 4.11 Variables de laboratorio vs fabricantes H.R 2,6 km- 2,7 km modelo triple play

Triple Play	Fabricante (1,8 km)	Laboratorio (1,8 km)
ADSL 2+ HOME RUN 1.8 Km	Fabricante (1,8 km)	Laboratorio (1,8 km)
Coefficiente de correlación lineal	0.992393877	0.984774621
Intercepción (b)	33891.77215	22766.32238
Pendiente (a)	-6069.620253	-3624.28952
Tramos (km)	3.0 km - 4.9 km	2.8 km - 5.6 km

$$V_f = -6,0696K(D) + 33,891$$

$$V_L = -3,62428K(D) + 22,766$$

$V_f$  = Velocidad de downstream del fabricante

$V_L$  = Velocidad de downstream del laboratorio

$D$  = Distancia total del bucle en kilómetros.

$K$  = Kilo ( $10^3$ )

### 4.5.3.3 Análisis de laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 2,0-2,1 km modelo triple play

Para la figura 4.46 el trazado correspondiente al laboratorio se obtiene por la colocación del Home Run a 2,0 km y en el fabricante a 2,1 km como se estableció en la tabla 4.6 mencionada, las velocidades de downstream, para ambas configuraciones, son cercanas en el tramo 4,3 - 5 km y diferentes en el tramo 2- 4 km.

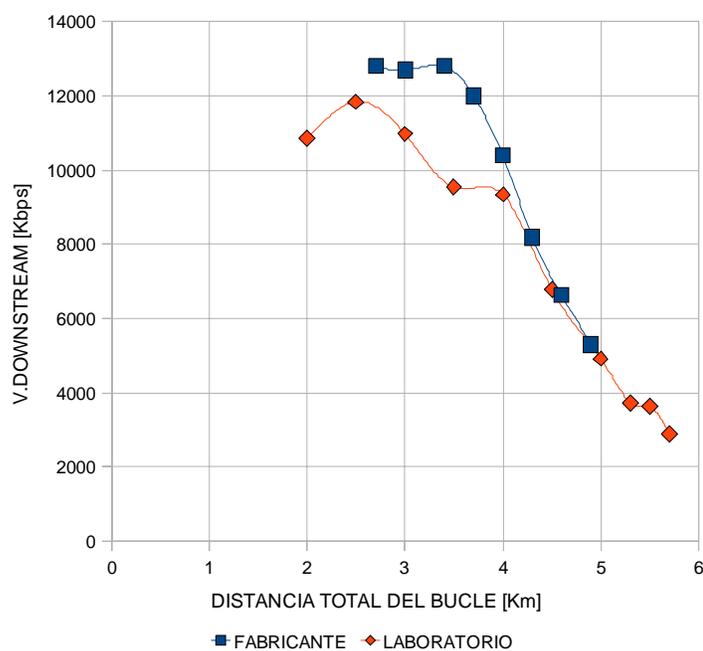


Fig 4.46 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante

H.R 2,0-2,1 km modelo triple play

Fuente: Propia

Tabla 4.11 Variables de laboratorio vs fabricantes H.R 2,0 km- 2,1 km modelo triple play

Triple Play		
ADSL 2+ HOME RUN 2.1 Km	Fabricante (2,1km)	Laboratorio (2,0 km)
Coefficiente de correlación lineal	0.993789205	0.987208012
Intercepción (b)	31261.80952	19848.31569
Pendiente (a)	-5310.47619	-2947.457467
Tramos (km)	3.4 km - 4.9 km	2.5 km - 5.7 km

$$V_L = -5,31047K(D) + 31,26180K$$

$$V_f = -2,947457K(D) + 198,4831569K$$

$V_f$  = Velocidad de downstream del fabricante

$V_L$  = Velocidad de downstream del laboratorio

$D$  = Distancia total del bucle en kilómetros.

$K$  = Kilo ( $10^3$ )

#### **4.5.3.4 Análisis de laboratorio vs fabricante con acondicionador de línea 2,4-2,6 km modelo triple play**

Para la figura 4.47 el trazado azul, correspondiente al fabricante (prototipo), está por encima del obtenido a través de los equipos homologados en el laboratorio. Esto se debe a muchos factores tales como los montajes utilizados por ambas partes, figura 4.37-4.38, CPE y diseño para la elaboración de los acondicionadores de línea xDSL.

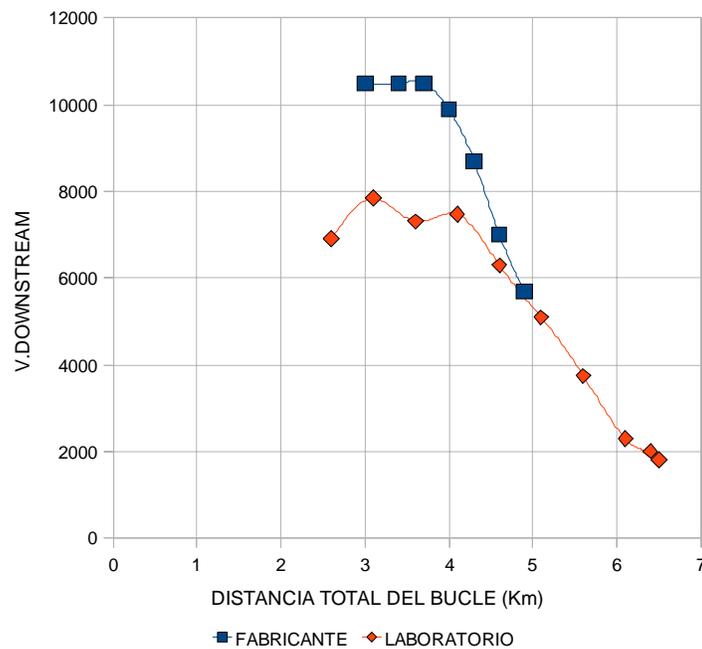


Fig 4.47 Comparación de velocidades downstream laboratorio vs fabricante

H.R 2,4-2,6 km modelo triple play

Fuente: Propia

Tabla 4.12 Variables de laboratorio vs fabricantes H.R 2,4 km- 2,6 km modelo triple play

Triple Play		
<b>ADSL 2+ HOME RUN 2.4 Km</b>	Fabricante (2,4 km)	Laboratorio (2,6 km)
<b>Coefficiente de correlación lineal</b>	0.988458914	0.984865735
<b>Intercepción (b)</b>	26276.66667	15792.45803
<b>Pendiente (a)</b>	-4166.666667	-2150.182482
<b>Tramos (km)</b>	3.7 km - 4.9 km	3.6 km - 6.5 km

$$V_f = -4,16666K(D) + 26,2766$$

$$V_L = -2,150182K(D) + 15,79245$$

$V_f$  = Velocidad de downstream del fabricante

$V_L$  = Velocidad de downstream del laboratorio

$D$  = Distancia total del bucle en kilómetros.

$K$  = Kilo ( $10^3$ )

## 4.6 Recomendaciones técnicas

Una vez estudiado las configuraciones de las redes tanto para ADSL como ADSL2+, figura 4.48 y conocida la capacidad máxima de alcance que debe soportar el par trenzado para la transmisión del servicio IPTV (tabla 2.6), se establecen los siguientes casos:

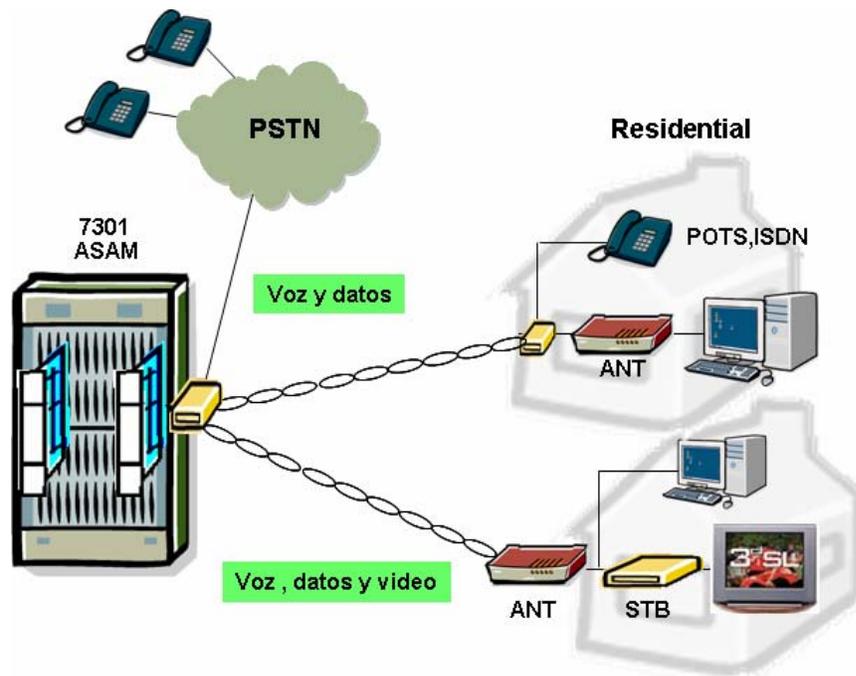


Fig 4.48 Caso ADSL y ADSL2+

### 4.6.1 Modelo Extensor para voz y datos

#### 4.6.1.1 Caso #1 Clientes localizado entre 5 – 6 km

Para suministrar el servicio de voz y datos (internet) a los clientes que están fuera del alcance de los DSLAM 7301 ALACATEL (ASAM), la localización de los armarios para los acondicionadores de línea xDSL H.R tipo telealimentados, debe estar entre 2,6-3,2 km de la oficina central. Preferiblemente cerca de los tanques de

canalización para facilitar el empalme mediante mangas. La máxima velocidad tanto de bajada como de subida deben ser de 2Mbps/512 kbps. Estas distancias se alcanzan con la utilización de un MODEM HUAWEI MTT882 (figura 4. 9).

#### **4.6.2 Modelo Extensor para voz, datos y video**

##### **4.6.2.1 Caso # 2 Clientes localizados entre 3-4 km**

Para suministrar el servicio de voz, 2 canales simultáneos SDTV e internet, con una velocidad de 2 o 1 Mbps , los armarios para los acondicionadores de línea xDSL H.R tipo telealimentados deben colocarse entre 1.8-2,1 km de la oficina central, para una velocidad de 8Mbps/1Mbps (figura 4.13), esta ubicación debe realizarse en las proximidades de los tanques.

##### **4.6.2.2 Caso # 3 Clientes localizados entre 4- 5 km**

Para suministrar el servicio de voz, 1 canal SDTV e internet, con una velocidad de 2 o 1 Mbps, los armarios para los acondicionadores de línea xDSL H.R tipo telealimentados deben colocarse entre 2,0-2,6 km de la oficina central, para una velocidad de 8Mbps o 5 Mbps ( figura 4.13).

#### **4.6.3 Modelo Triple Play para voz y datos**

##### **4.6.3.1 Caso # 4 Clientes localizados entre 5 – 6,5 km**

Para suministrar el servicio de voz y datos a los clientes que están fuera del alcance de los DSLAM 7301 ALCATEL (ASAM), la localización de los armarios para los acondicionadores de línea xDSL H.R tipo telealimentados, debe estar entre 2,6-3,2 km de la oficina central, ver figuran 4.26. Preferiblemente cerca de los

tanques de canalización para facilitar el empalme mediante mangas. La máxima velocidad tanto de bajada como de subida debe ser de 2Mbps/512 Kbps.

#### **4.6.4 Modelo Triple Play para voz, datos y video**

##### **4.6.4.1 Caso # 5 Clientes localizados entre 3-4 km**

Para suministrar el servicio de voz, 2 canales simultáneos SDTV e internet, con una velocidad de 2 o 1Mbps , los armarios para los acondicionadores de línea xDSL H.R tipo telealimentados deben colocarse entre 1.8-2,1 km de la oficina central, para una velocidad de 8Mbps/1Mbps ( figura 4.30).

##### **4.6.4.2 Caso # 6 Clientes localizados entre 4-5,4 km**

Para suministrar el servicio de voz, 1 canal SDTV e internet, con una velocidad de 2 o 1 Mbps, los armarios para los acondicionadores de línea xDSL H.R tipo telealimentados deben colocarse entre 2,0-2,6 km de la oficina central, para una velocidad de downstream de 5Mbps, ver figura 4.30, esta ubicación debe realizarse en las proximidades de los tanques.

## 4.7 Resumen

Tabla 4.7 Resumen de las recomendaciones técnicas

Fuente: Propia

ACOND. DE LINEA	BUCLE TOTAL	H.R-DSLAM (km)	H.R-DSLAM (Ohm)	SERVICIOS	ABA
<b>CASO # 1</b>	Clientes entre 5-6km	2,6 – 3,2	750,9-924,2	Voz e internet	2Mbps/512Kbps
<b>CASO # 2</b>	Clientes entre 3-4 km	1,8-2,1	519,8-606,5	Voz, 2 Canales SDTV 2 ó 1 Mbps internet	8 Mbps/1 Mbps
<b>CASO # 3</b>	Clientes entre 4-5km	2,0- 2,6	577,6-750,9	Voz, 1 Canal SDTV 2 ó 1 Mbps internet	8 ó 5Mbps
<b>CASO # 4</b>	Clientes entre 5-6,5 km	2,6- 3,2	750,9-924,2	Voz e internet	2Mbps/512Kbp
<b>CASO # 5</b>	Clientes entre 3-4km	1,8-2,1	519,8-606,	Voz, 2 Canales SDTV 2 ó 1 Mbps internet	8 Mbps/1 Mbps
<b>CASO # 6</b>	Clientes entre 4-5,4km	2,0 -2,6 km	577,6-750,9	1 Canal SDTV 1 o 2 Mbps internet	8 ó5 Mbps

## 4.8 Aplicación de las recomendaciones técnicas en un sector del área norte del Estado Anzoátegui.

### 4.8.1 CENTRAL PARAISO

La central paraíso se encuentra ubicada en la Av. Prolongación Paseo Colon, formada por varios cables centrales, ver figura 4.49, los cuales alimentan 17 armarios (ADS), que se dirigen a diversos sectores de la zona, ver ANEXO E. Para las zonas de la tabla 4.8 y 4.9, el servicio de voz y datos (internet) actualmente no se ofrece a los usuarios, debido a que la distancia que existe entre la oficina central y el CPE no lo permite, es decir, 5,9 km, correspondiente a 1703,9 ohms (ANEXO D). En el anexo E se presenta el plano de canalización correspondiente a la central URL paraíso.

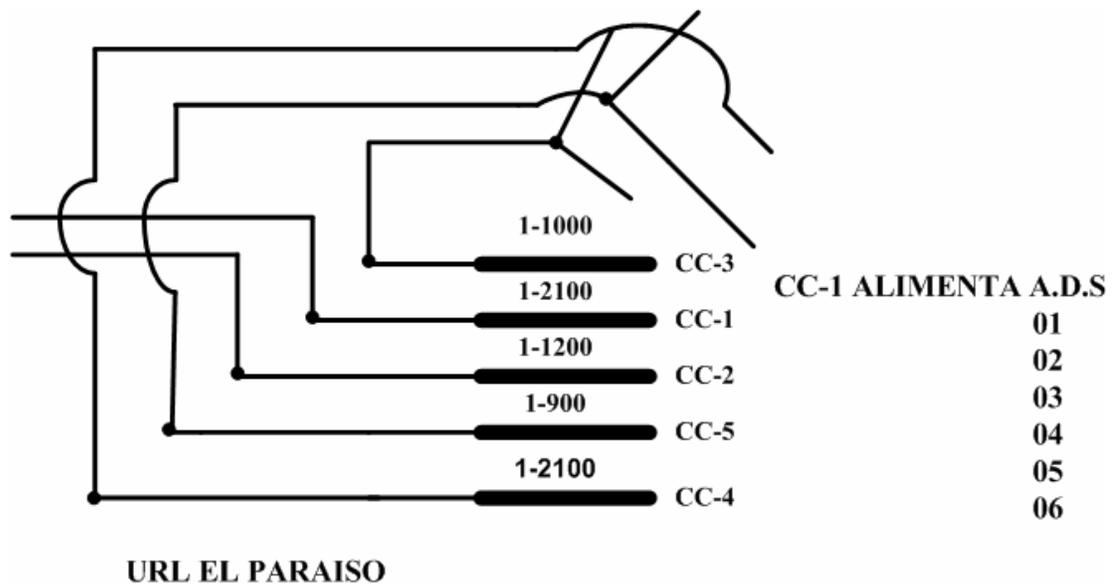


Fig 4.49 Central paraíso

Fuente: Plano de cableado

Tabla 4.8 Descripción residencia Palma Dorada

<b>Central</b>	PARAISO
<b>Código</b>	8154P
<b>Zona con exceso de distancia</b>	Resd Palma Dorada
<b>Distancia</b>	URL-Paraíso-Ads01 (3541 mts)
<b>Distancia</b>	ADS 01 FXB 1-30 (295 mts)
<b>Distancia total de canalización</b>	3836 mts
<b>Numero tlf de referencia</b>	2677071
<b>Distancia hasta el cliente</b>	5,9 km

Tabla 4.9 Descripción residencia terraza de Bora-Bora

<b>Central</b>	PARAISO
<b>Código</b>	8154P
<b>Zona con exceso de distancia</b>	Resd Terraza de Bora-Bora
<b>Distancia</b>	URL-Paraíso-Ads01 (3541 mts)
<b>Distancia</b>	ADS 01 FXB 261-270 (295 mts)
<b>Distancia total de</b>	3780 mts
<b>Numero tlf de referencia</b>	2631364
<b>Distancia hasta el cliente</b>	5,9 km

Las zonas de las tablas anteriores, se conectan al ADS 01, el cual contiene 300 pares centrales y locales, ver figura 4.50, el par central se conecta al cable central 01 formado por 2100 pares, alimentando seis ADS. Para la localización del acondicionador en la red de planta externa se hizo uso de los planos de canalización, para entonces, medir la distancia de canalización y estimar a través de criterio de planta externa la de cableado, presente desde la central hasta el ADS-01, como la ubicación de los tanques más próximos.

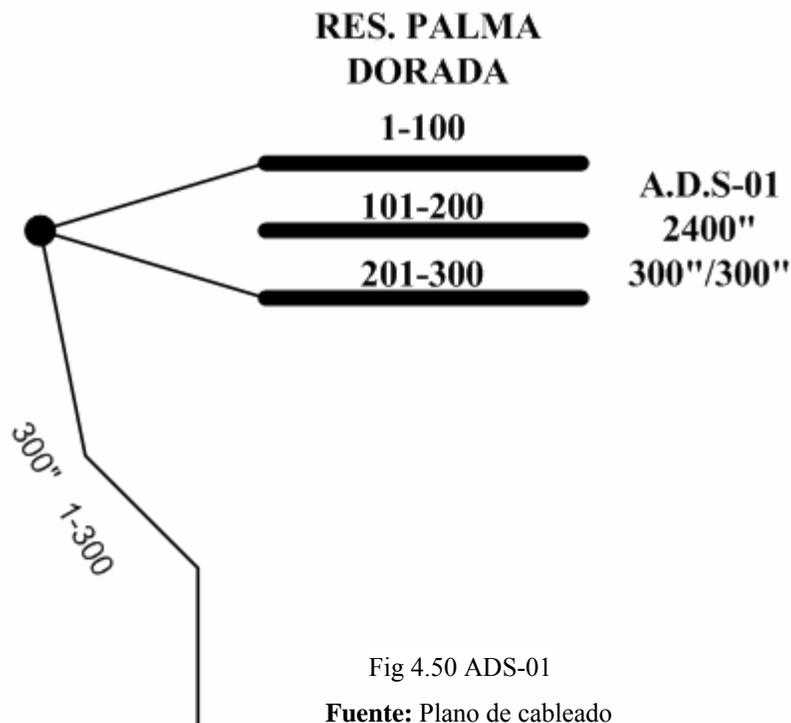


Fig 4.50 ADS-01

**Fuente:** Plano de cableado

Los pares de las zonas donde no se presta el servicio son aquellos con numeración del par 1-30 y 261-270 encontrado se en la figura 4.50 en la numeración 1-100 y 201-300. Teniendo en cuenta que para esta central (URL PARAISO), se encuentran otros armarios, donde se localizan zonas con exceso de distancia.

Para calcular la ubicación de los armarios donde se colocarán los

acondicionadores de línea xDSL en la red de planta externa, se medirán la distancia de canalización desde la central paraíso hasta el ADS- 01, esto se realiza como se observa en la tabla 4.10. La primera, segunda y tercera columna correspondientes dan a conocer la distancia entre los tanques, hasta llegar al ADS 01, la fila de la parte inferior en azul tiene como resultado la suma de todas las columnas, obteniendo así la distancia total de canalización

Tabla 4.10 Distancia entre tanques

**Fuente:** Plano de canalización

<b>Distancia entre tanques (mts)</b>		
<b>30</b>	<b>116</b>	<b>93</b>
<b>35</b>	<b>120</b>	<b>120</b>
<b>12</b>	<b>90</b>	<b>116</b>
<b>20</b>	<b>135</b>	<b>120</b>
<b>25</b>	<b>140</b>	<b>50</b>
<b>12</b>	<b>145</b>	<b>97</b>
<b>40</b>	<b>100</b>	<b>112</b>
<b>35</b>	<b>95</b>	<b>89</b>
<b>40</b>	<b>170</b>	<b>114</b>
<b>19</b>	<b>134</b>	<b>113</b>
<b>40</b>	<b>134</b>	<b>98</b>
<b>30</b>	<b>100</b>	<b>68</b>
<b>34</b>	<b>106</b>	<b>89</b>
<b>22</b>	<b>100</b>	<b>71</b>
<b>36</b>	<b>97</b>	<b>100</b>
<b>Dist. total de canalización (ADS 01-OC) (mts)</b>		
<b>3662</b>		

En la tabla 4.11 se observa en la primera columna la distancia que se requiere para prestar el servicio a estos usuarios de acuerdo a lo estudiado anteriormente, la segunda muestra la distancia de canalización medida desde la URL PARAISO, y la tercera, la cantidad de tanques que se utilizó para obtener la distancia de canalización.

Tabla 4.11 Distancia de canalización y números de tanques

Fuente: Plano de canalización

<b>Dist. Obtener (km)</b>	<b>Dist. Canalizacion (mts)</b>	<b>Total de tanques</b>
<b>2,6</b>	<b>2541</b>	<b>34</b>
<b>2,9</b>	<b>2808</b>	<b>37</b>
<b>3,2</b>	<b>3123</b>	<b>40</b>

En la tabla 4.12 la primera columna muestra la cantidad de mts por tanque (valor de diseño), este valor se multiplicará por el número de tanques y el resultado (segunda columna) se suma con la distancia de canalización, obteniendo en la tercera columna un estimado de la distancia del cableado.

Tabla 4.12 Ubicación de las unidades en la red

Fuente: Plano de canalización

<b>mts/tanques</b>	<b>Total de holgura (mts)</b>	<b>Dist. Cableado</b>
<b>3</b>	<b>102</b>	<b>2643</b>
<b>3</b>	<b>111</b>	<b>2919</b>
<b>3</b>	<b>120</b>	<b>3243</b>

En la figura 4.51 y 4.52 se muestra la ubicación de la URL PARAISO (circulo rojo) en el plano de canalización como los tanques y el recorrido hacia el ADS-01.

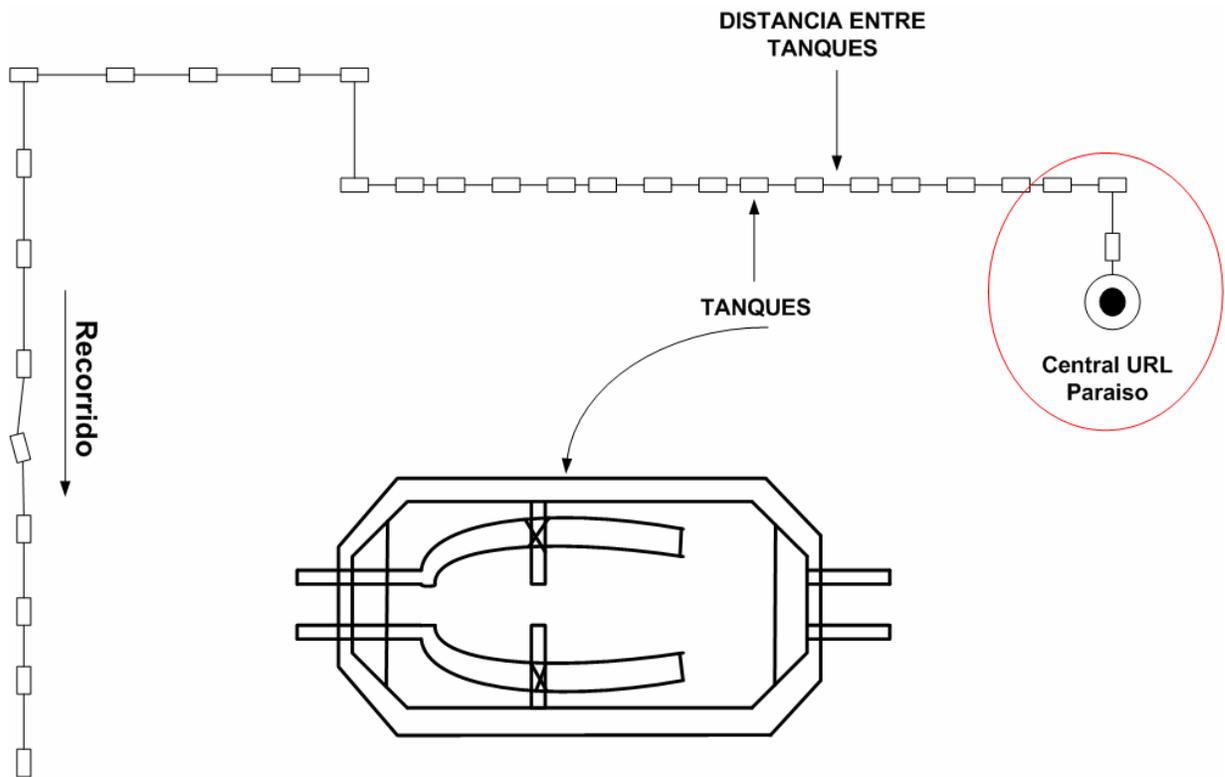


Fig 4.51 Plano de canalización parte 1

**Fuente:** Plano de canalización

Además en la figura 4.52 se observan tres óvalos de color rojo, los que indican los puntos estimados de colocación de los armarios en la red de planta externa, estos representan la distancia total obtenida en la tercera columna de la tabla 4.12. El ovalo mayor estima los puntos de colocación de los armarios.

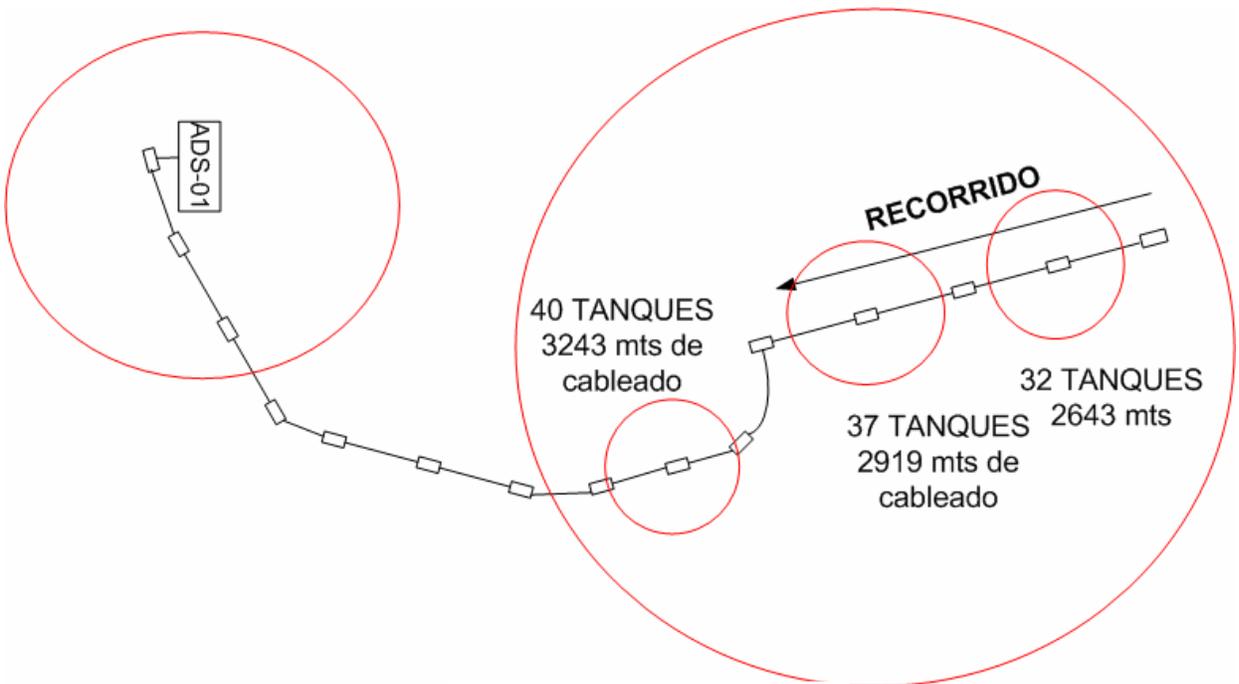


Fig 4.52 Plano de canalización parte 2

**Fuente:** Plano de canalización

## CONCLUSIONES

- La atenuación en downstream y upstream para las diferentes velocidades, puede ser representado por un nivel de atenuación general, que comprende todos los valores para distancias determinadas.
- Para la utilización de las unidades Home Run modelo triple play telealimentado, en servicio ABA 2Mbps/512 Kbps, el máximo alcance corresponde a 6,5 km de bucle total, es decir, 300 mts más de distancia en comparación con el modelo extensor. Entonces podemos decir que las unidades triple play desarrollan mayor cobertura para los servicios de voz y datos.
- Para los clientes que estén fuera de los 4 km de distancia, las unidades triple play deben colocarse entre 2,1-2,6 km de la central para ofrecer voz, 1 canal SDTV y 1 ó 2 Mbps de internet, en el caso, de que se requiera unidades extended reach se realiza la misma ubicación para el tramo de 4km hasta 5 km de bucle total.
- La distancia de separación H.R-CPE debe ser por lo mínimo 1,5 km para extensor y 1 km para triple play, garantizando que la respuesta de máxima velocidad sobrepase los niveles de velocidad establecidos por los MODEM-DSLAM, de lo contrario, la respuesta de velocidad máxima es menor que sin acondicionador de línea.
- Las trazas generadas por los datos obtenidos en el laboratorio versus los del fabricante para el intervalo estudiado, indican que están correlacionadas inversa o negativamente y cuyo coeficiente de correlación es próximo a 1, estableciendo que el modelo lineal es adecuado para describir los datos. En cuanto a su diferencia en velocidades downstream se debe fundamentalmente al modelo de CPE utilizado en las pruebas, a las configuraciones (Fabricante-Laboratorio) y la distancia de separación H.R – DSLAM.

- La implementación de los acondicionadores de línea xDSL modelo extended reach y triple play tipo telealimentados, en la red actual de CANTV, aumentan el ancho de banda de los servicios y el radio de cobertura de los DSLAM, para así incorporar la mayor cantidad de clientes posibles.

## RECOMENDACIONES

- Si se instala el servicio ADSL con Home Run por primera vez, verifique cualquier falla sobre el par tales como cortos, tierras, abiertos y longitud real del loop, además, de comprobar la resistencia entre el DSLAM y Home Run realizando una medición en el momento del empalme.
- La colocación de los acondicionadores de línea telealimentados, debe hacerse entre la oficina central y el ADS, la cual involucra la mayor cantidad de abonados, logrando un trabajo manejable al momento de ubicar los gabinetes.
- Colocar en un solo gabinete acondicionadores de línea modelo triple play y en otro modelos extended reach, en los casos, que se requieran ambas unidades en un solo gabinete en el cable central, se debe calcular la distancia más cercana a los 2,6 km.
- Para prestar el servicio ADSL o ADSL2+ (voz, dato y video), se recomienda utilizar para ambos casos unidades triple play, ya que en la práctica se obtiene el mismo rendimiento y con mayor alcance que las unidades extensoras. Su colocación en la red de planta externa debe realizarse como se establece en la tabla 4.13.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Programa nacional de extensión del acceso a la banda ancha en zonas rurales y aisladas (2003). Disponible en: [http://www.bandaancha.es/NR/rdonlyres/C440697C-454B-48C2-8FD0A5E48302E0D1/0/librotaba28\\_1\\_de\\_3.pdf](http://www.bandaancha.es/NR/rdonlyres/C440697C-454B-48C2-8FD0A5E48302E0D1/0/librotaba28_1_de_3.pdf)
- [2] Manual de consulta ALCATEL UNIVERSITY MEXICO A7301 O&M [2004].
- [3] Carrasco A y M. “Una herramienta de diagnostico para enlaces ADSL”, universidad de concepción, chile, consultado en 2009.
- [4] Manual de consulta ISAM 7302 O&M ALCATEL-LUCENT, junio 2008.
- [5] ADSL, line qualification and service turn-up.
- [6] Bateman, A. Comunicaciones digitales, Marcombo Editor, Boixereu Editores, extraído de <http://books.google.co.ve/books>.
- [7] Solano,M. “**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**”. Barcelona, Año 2009
- [8] Parabavire,O. “**Propuesta para la Implementación del servicio de televisión sobre protocolo Internet (IPTV) en la red de la empresa CANTV en Anzoátegui**”. Barcelona, Año 2009.
- [9] ATIS document center. “A framework for QoS metrics and Measurements supporting IPTV Services”, diciembre, 2006.
- [10] Frequently asked questions ALCATEL 7300/7301, Multicast functionality.
- [11] Alculdia, A. “**Modelado y simulación de transmisión de datos en un ADSL transceiver utilizando Labview**”. Año 2005. Consultada el 5 de noviembre 2008.[http://Catarina.Udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/leni/alcudia\\_1\\_ad/resumen.html](http://Catarina.Udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leni/alcudia_1_ad/resumen.html).

- [12] Curso de Alcatel 7301 ASAM ADVANCED SERVICES ACCESS MANAGER, Alcatel University.
- [13] Documentos de planificación para la integración de Home Run versio 2.2.C, Western Pacific Telecommunications, date may 1, 2008.
- [14] United status patent Larzabal et al, amplifier for unshielded twisted pair wire signals, date of patent sep.19, 2006.
- [15] Engineering practice, HomeRun xDSL Line Conditioners, Western Pacific Telecommunications, date February 1, 2008.
- [16] Descripción e instalación del equipo de acondicionamiento de línea xDSL HomeRun, mayo 17 del 2008
- [17] Alcatel 7301 ASAM HD/UD/XD ASAM TL1 Commands & message manual, release 5.1. Edition 01.
- [18] William A. spur y Charles P. Bonini. Toma de decisions en administración mediante métodos estadísticos. Editorial limusa, mexico 1978.
- [19] Del Valle, E. Scozzina, E. Valdez, A. “Transmisión en alta velocidad sobre pares de cobre, sistema ADSL: Limitaciones de la capacidad de un bucle normalizado T1-601#9 24 AWG por efectos diafonías Next y Fext operando con señales UIT-T. G.992.1, Universidad Nacional del Nordeste. Año 2005.

# ANEXOS

Tabla A.1

<b>ABA 2Mbps (Downstream)</b>		
<b>LS 10.02 LINE SIMULATOR</b>		
	<b>VALORES MINIMOS</b>	<b>VALORES MAXIMOS</b>
<i>Distancia Total del bucle (Km)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>
0	0	1,6
0,5	7,6	11,6
1	16,1	20,6
1,5	24,1	28,6
2	31,6	36,1
2,5	39,2	44,4
3	45,3	51,6
3,5	51,6	57,8
4	58,1	64,2
4,5	63,5	70,5
5	64,5	73,5

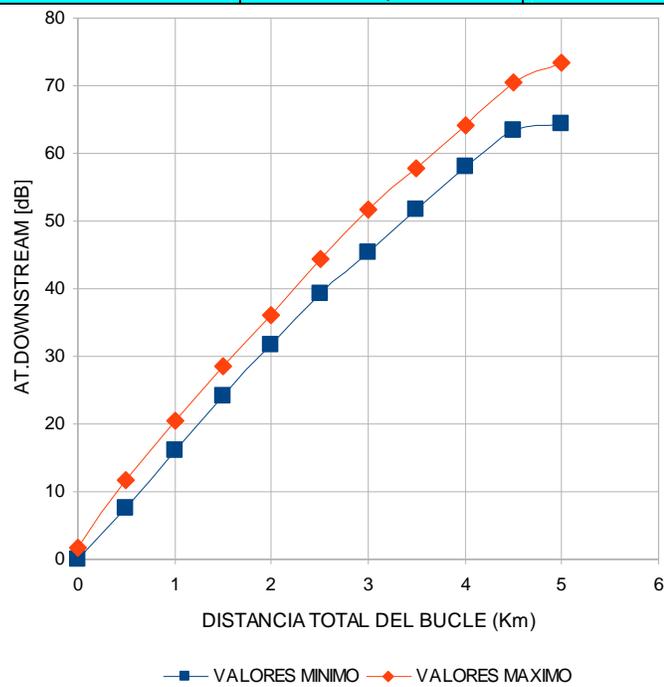


Figura A.1

Tabla A.2

<b>ABA 3Mbps (Downstream)</b>		
<b>LS 10.02 LINE SIMULATOR</b>		
	<b>VALORES MAXIMO</b>	<b>VALORES MINIMOS</b>
<i>Distancia Total del bucle (Km)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>
0	0	1,6
0,5	7,6	11,6
1	16,1	20,6
1,5	24,1	28,6
2	29,4	36,1
2,5	39,2	44,3
3	45,9	51,6
3,5	51,6	57,9
4	58,6	64
4,5	63,5	70,5
5	64,5	73,5

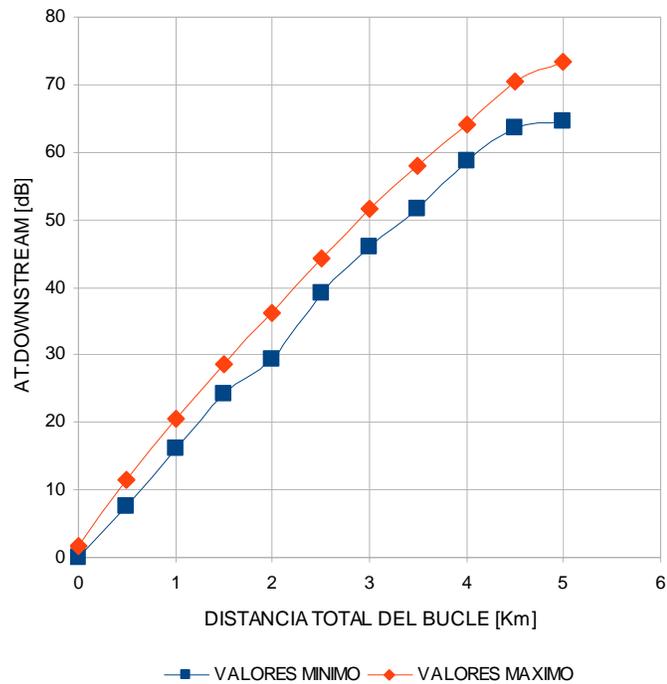


Figura A.2

Tabla A.3

<b>ABA 5Mbps (Downstream)</b>		
<b>LS 10.02 LINE SIMULATOR</b>		
	<b>VALORES MINIMOS</b>	<b>VALORES MAXIMO</b>
<i>Distancia Total del bucle (Km)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>
0	0	1,6
0,5	7,6	11,1
1	17,5	19,6
1,5	24,1	27,6
2	31,6	34,6
2,5	39,2	43,7
3	45,9	51
3,5	52,6	57,9
4	59,6	64
4,5	62,7	70,2
5	63,5	70,5

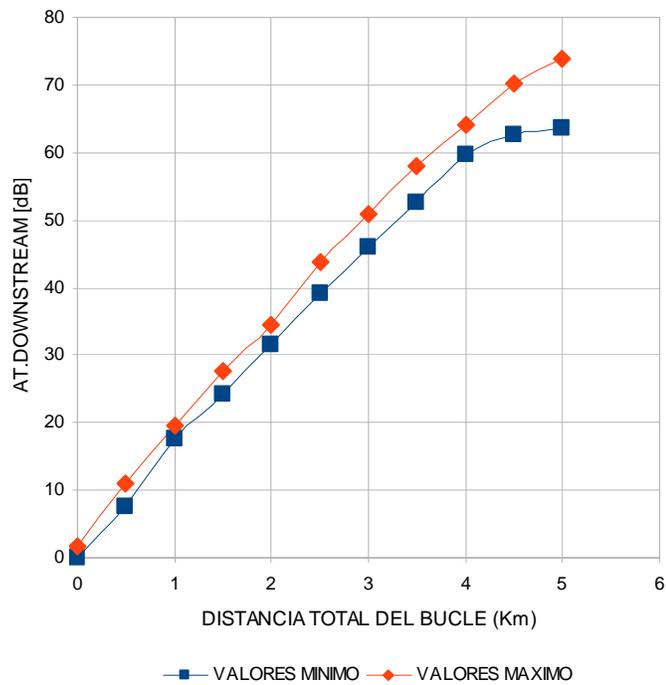


Figura A.3

Tabla A.4

<b>ABA 8Mbps (Downstream)</b>		
<b>LS 10.02 LINE SIMULATOR</b>		
	<b>VALORES MINIMOS</b>	<b>VALORES MAXIMO</b>
<i>Distancia Total del bucle (Km)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>
0	0	1,6
0,5	7,6	11,6
1	13,3	19,3
1,5	21,3	28,6
2	29,4	36,1
2,5	36,4	44,3
3	45,7	51,6
3,5	52,7	56,8
4	59,2	63,5
4,5	62,7	70,2
5	62,5	73,0

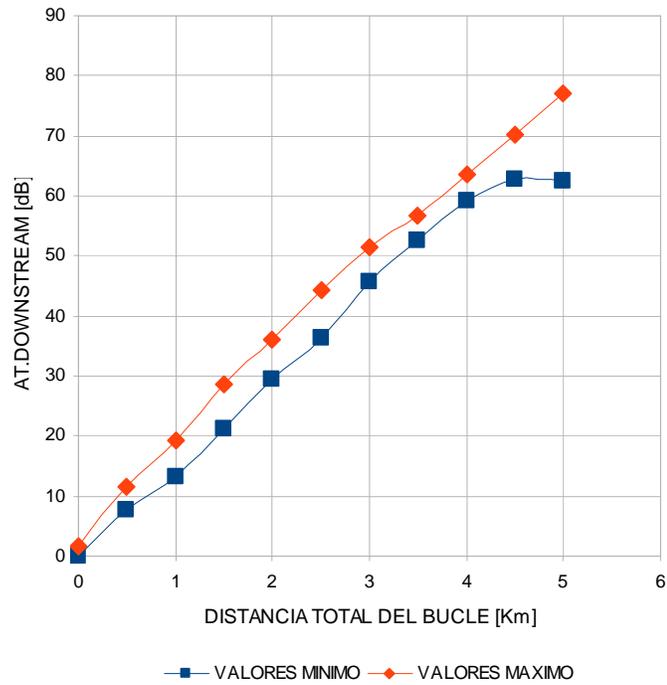


Figura A.4

Tabla A.5

<b>ABA 24Mbps (Downstream)</b>		
<b>LS 10.02 LINE SIMULATOR</b>		
	<b>VALORES MINIMOS</b>	<b>VALORES MAXIMO</b>
<i>Distancia Total del bucle (Km)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>
0	0	1,6
0,5	7,6	11,6
1	13,3	20,6
1,5	23,3	31,7
2	29,4	36,2
2,5	34,2	43,2
3	42,5	52
3,5	52,1	58,3
4	59,1	63,5
4,5	62,7	70,2
5	62,5	74,1

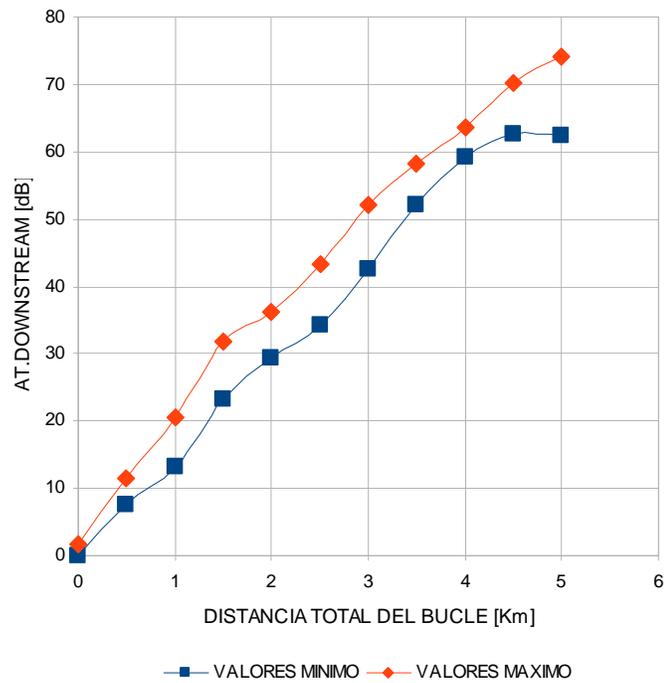


Figura A.5

Tabla A.6

<b>ABA 512 Kbps (Upstream)</b>		
<b>LS 10.02 LINE SIMULATOR</b>		
	<b>VALORES MINIMOS</b>	<b>VALORES MAXIMO</b>
<i>Distancia Total del bucle (Km)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>
0	0	3,5
0,5	3,1	7,7
1	7,6	13,1
1,5	13,5	17,3
2	18,5	22,7
2,5	22,3	25,1
3	27,1	29,3
3,5	31,5	33,5
4	34,9	39,3
4,5	40,4	43,7
5	42	50

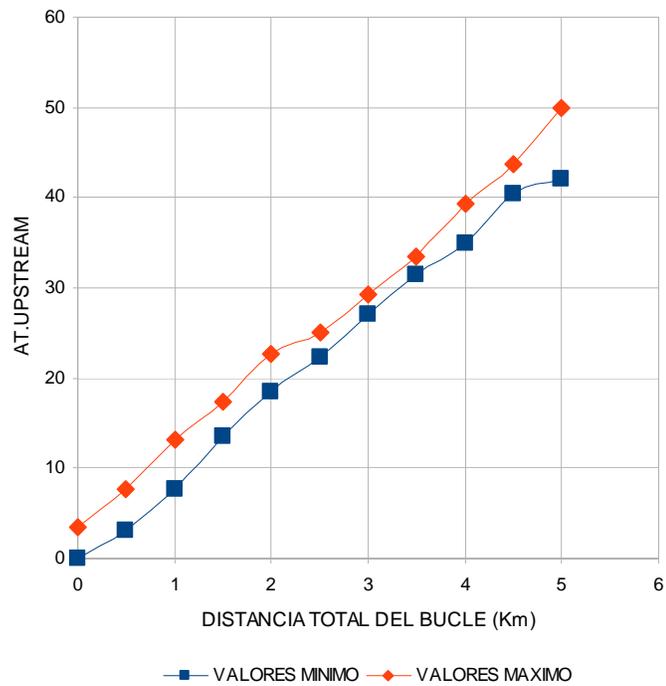


Figura A.6

Tabla A.7

<b>ABA 1024 Kbps (Upstream)</b>		
<b>LS 10.02 LINE SIMULATOR</b>		
	<b>VALORES MINIMOS</b>	<b>VALORES MAXIMO</b>
<i>Distancia Total del bucle (Km)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>	<i>Atenuación (dB)</i>
0	0	2,6
0,5	3,4	6,8
1	8,3	12,2
1,5	10,6	14,9
2	14	19,6
2,5	19,4	24,7
3	26,8	31,1
3,5	31,1	35,8
4	36,1	40,9
4,5	39,7	44,5
5	42,2	47,9

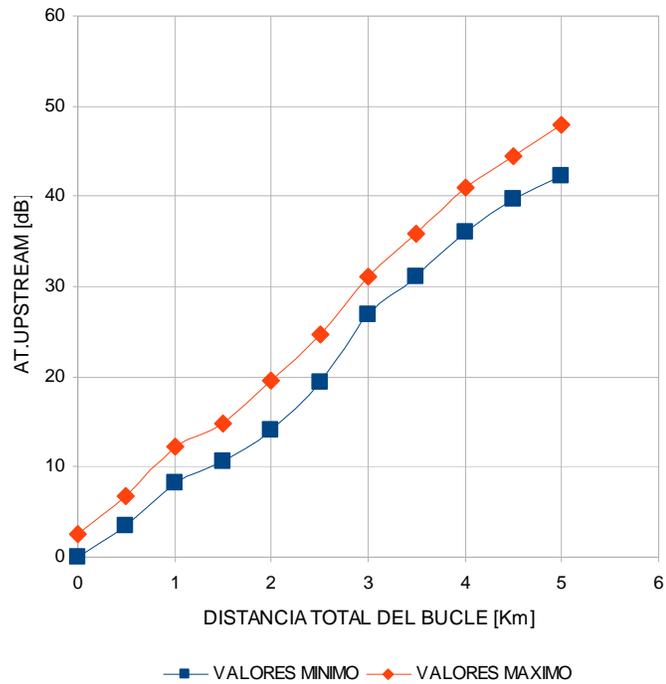


Figura A.7

Tabla A.8

<b>ABA 3Mbps (Downstream)</b>		
<b>LS 10.02 LINE SIMULATOR</b>		
	<b>VALORES MINIMOS</b>	<b>VALORES MAXIMO</b>
<i>Distancia Total del bucle (Km)</i>	<i>SNR (dB)</i>	<i>SNR (dB)</i>
0	31	44,9
0,5	31	42,1
1	30	39,2
1,5	27,9	36,1
2	26,8	34,5
2,5	25,3	32,3
3	17,5	29,6
3,5	11,9	26,1
4	8,2	21,1
5	6	6,9

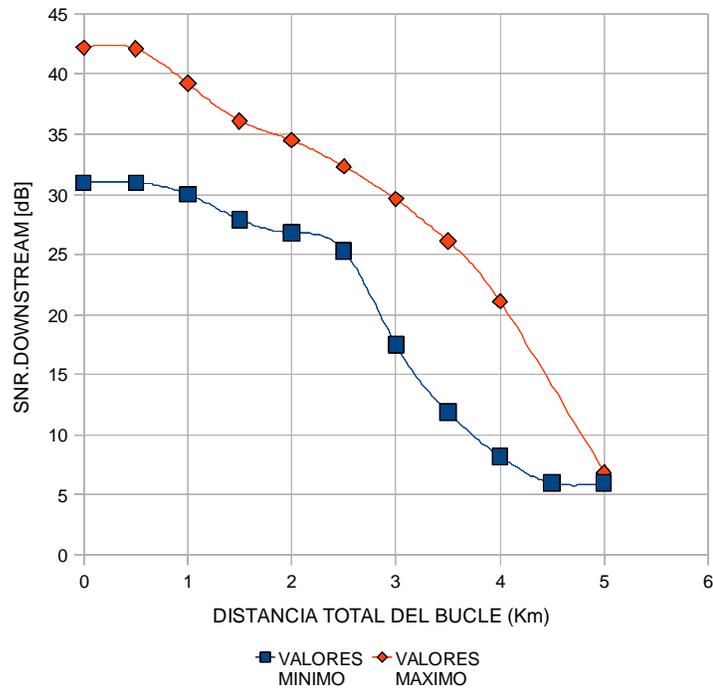


Figura A.8

Tabla A.9

<b>ABA 5Mbps (Downstream)</b>		
<b>LS 10.02 LINE SIMULATOR</b>		
	<b>VALORES MINIMOS</b>	<b>VALORES MAXIMO</b>
<i>Distancia Total del bucle (Km)</i>	<i>SNR (dB)</i>	<i>SNR (dB)</i>
0	31	38,8
0,5	30	34,1
1	27,1	32,6
1,5	24	30
2	22,5	27
2,5	18,5	23,5
3	13,5	18,6
3,5	7	12,3
4	5,5	6,8
4,5	5,9	6,8
5	5,8	6,7

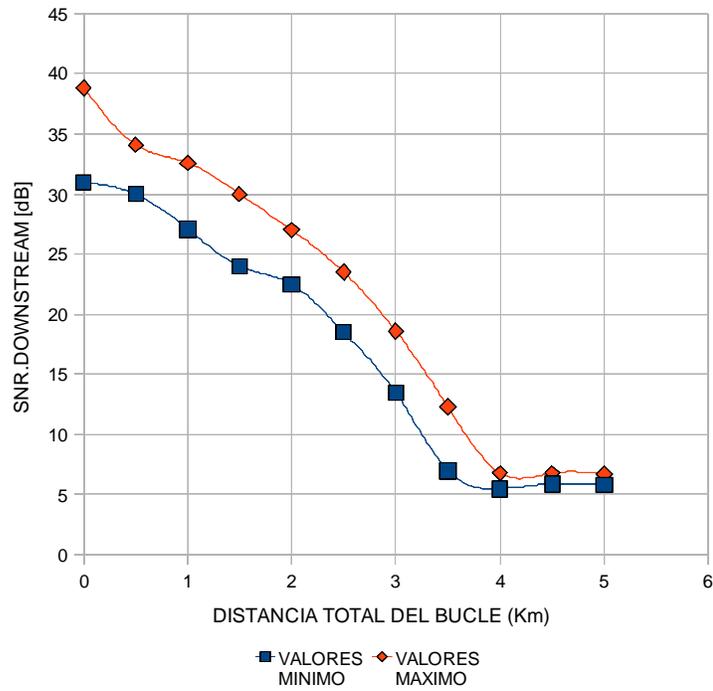


Figura A.9

Tabla A.10

ABA 24Mbps (Downstream)		
LS 10.02 LINE SIMULATOR		
	VALORES MINIMOS	VALORES MAXIMO
<i>Distancia Total del bucle (Km)</i>	<i>SNR (dB)</i>	<i>SNR (dB)</i>
0	6	9,1
0,5	6	7,2
1	6	6,7
1,5	6	6,2
2	6	6
2,5	6	6
3,5	6	6,3
4,5	6	6,3

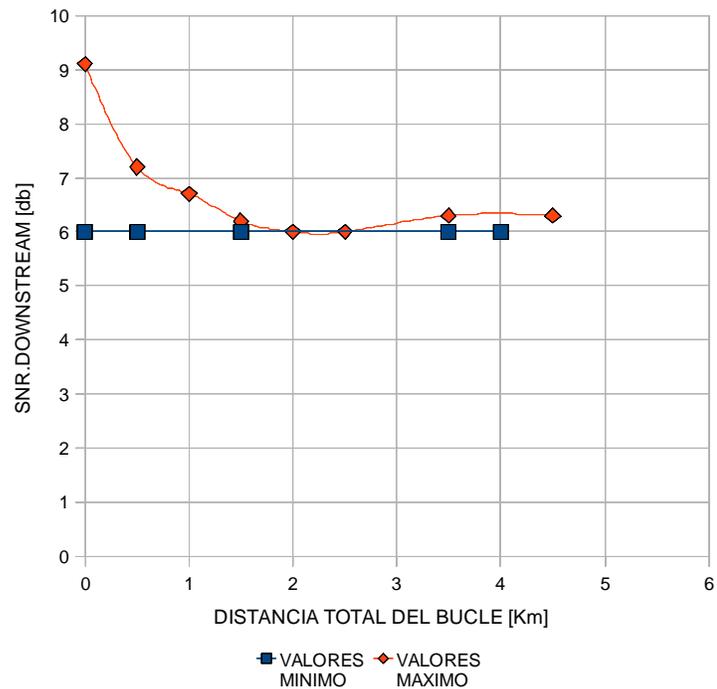


Figura A.10

Tabla A.11

<b>ABA 1024 Kbps</b>		
<b>LS 10.02 LINE SIMULATOR</b>		
	<b>VALORES MINIMOS</b>	<b>VALORES MAXIMO</b>
<i>Distancia Total del bucle (Km)</i>	<i>SNR (dB)</i>	<i>SNR (dB)</i>
0	10,5	13,4
1	10,1	12,7
1,5	9,7	12,7
2	8,3	10,7
2,5	6,1	8,2
3	3,1	6,1
3,5	2,9	5,6
4,5	2,7	4,9
5	3,1	5,2

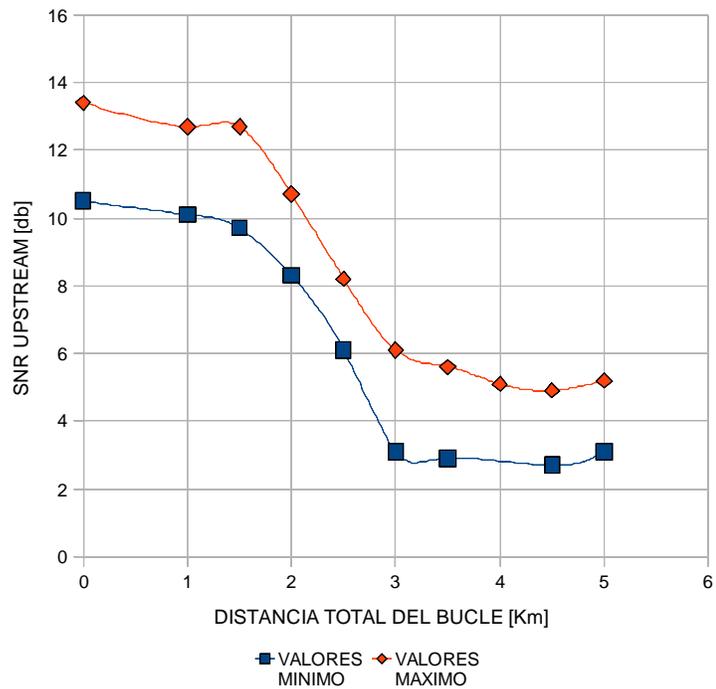


Figura A.11

Tabla B.1

Sin Home Run				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 2Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
0	2041	2,9	10,1	47
0,5	2041	9,8	13,9	43,8
1	2044	17,2	17	41,9
1,5	2041	27,1	18,6	39,2
2	2041	34	18,7	38,3
2,5	2044	39	18	35,9
3	2041	45,9	17,2	31,7
3,5	2044	52,5	17	25,6
4	2044	62,1	17,7	18,4
4,5	2044	67,7	18,7	14,1
5	2044	67,7	18,4	6,4
5,5	1538	72,1	19	5,8
6	517	75,9	16,6	5

Tabla B.2

Home Run 1,8 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 2Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	2044	19,3	16,2	33,8
2,3	2044	29,6	18,8	35,5
3,3	2041	42,7	18,9	33,4
3,8	2041	49,4	19,2	29,6
4,3	2041	58,5	17,8	25,2
4,8	2044	66,9	19,4	19,4
5,3	2041	65,5	18,3	11,8
5,7	2033	68,3	18,4	6

Tabla B.3

Home Run 2 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 2Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	2048	13,2	18,4	24,3
2,5	2048	22	18,4	24,2
3	2048	28,8	17,8	24,2
3,5	2048	36,2	17,9	24,1
4	2048	41	17,9	24,2
4,5	2048	47,7	18,5	24,2
5	2048	58,2	17,7	13,5
5,3	2048	59,2	18,2	12,4

Tabla B.4

Home Run 2,6 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 2Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	2048	17,2	18,8	24,2
3,1	2048	24,6	18,6	24,2
3,6	2048	32,4	18,4	24,2
4,1	2048	39,1	19,1	24,2
4,6	2048	43,8	18,6	24,1
5,1	2048	49,2	18,1	20,8
5,6	2048	54,2	18,2	13,7
5,9	2048	56,2	18,2	9,4
6	2048	52,8	19,1	10,1

Tabla B.5

Home Run 3,2 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 2Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	2048	24,2	17,9	23,4
3,7	2048	31,2	18	23,6
4,2	2048	39,2	18,2	23,6
4,7	2048	44,2	17,9	23
5,2	2048	50,2	18	18,8
5,7	2048	55,2	18,2	12,5
6,2	2048	52,7	19	7,9
6,5	1530	52,8	18,8	7,3

Tabla B.6

Sin Home Run				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 8Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
0	7992	1,1	10,40	34,30
0,5	7992	10	14,10	29,90
1	7992	17,4	17,50	27,30
1,5	7992	27,3	19,10	24,20
2	7996	34,1	19,20	22,20
2,5	7992	39,1	19,00	16,80
3	7992	44	19,00	16,80
3,5	6458	52,1	18,90	6,00
4	4552	60,4	19,10	5,70
4,5	3084	67,4	19,00	5,90
5	1981	67,7	18,30	5,50
5,5	1398	72	18,30	5,80

Tabla B.7

Home Run 1,8 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 8Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	7992	16,3	15,8	9,9
2,3	7996	23,9	19,2	15
2,8	7996	35,3	19,2	12,2
3,3	7996	41,1	19,2	14,1
3,8	7981	47,8	19,3	6,1
4,3	6473	54,5	19,2	5,9
4,8	4455	65	19,3	5,8
5,3	2868	65,5	18,4	6
5,7	1974	69,6	18,4	6

Tabla B.8

Home Run 2 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 8Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	8000	12,7	19,1	10,1
2,5	8000	21	19,2	15,2
3	8000	28,8	19	14,6
3,5	8000	37,2	19	11,6
4	8000	43	19	7,4
4,5	5663	48,2	19,2	7,1
5	3356	51,2	18,2	8,1
5,2	2870	53,3	18,7	7,6

Tabla B.9

Home Run 2,6 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 8Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	5718	17,2	19,1	7,6
3,1	6818	25,2	19,3	7,5
3,6	7220	33	19,3	7,3
4,1	6603	37,6	19,3	7,3
4,6	6225	44,4	19,3	7,3
5,1	3943	48,2	18,3	7,7
5,6	2782	54,2	18,2	8
5,9	2120	56,2	18,2	8,6

Tabla B.10

Home Run 3.2 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 8Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	4090	24,2	18,3	7,4
3,7	4385	32,2	18,3	7,3
4,2	4502	39,2	18,5	7,3
4,5	4268	42,2	18,3	7,4
4,7	4063	45,2	18,3	7,6
5,2	3642	49,2	18,3	7,6
5,5	3109	52,2	18,2	7,7
5,7	3078	54,2	18,2	7,9
6,2	2029	53,6	18,9	7,5
6,5	1468	52,4	18,5	7,4

Tabla B.11

Sin Home Run				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 24Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
0	22876	1,1	10,2	9,1
0,5	21164	10	14,2	7,2
1	17885	17,4	17,2	6,7
1,5	16525	27,4	19,1	6,2
2	15162	34,1	19,2	6
2,5	12504	39,1	19,3	6
3	9303	45,9	19,2	6
3,5	6271	52,1	19	6
4	4440	61,5	18,4	5,7
4,5	3318	67,4	19,1	5,7
5	2320	67,3	18,7	5,9
5,5	1483	72,5	18,4	5,4

Tabla B.12

Home Run 1,8 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 24Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	8513	19,2	15,8	6,1
2,3	10939	25,7	19,2	6
2,8	9801	35,4	19,2	5,9
3,3	9584	41,9	19,3	6,2
3,8	7903	47,8	19,3	5,9
4,3	6391	56,9	19,2	6
4,8	4421	66,6	19,3	5,9
5,3	2890	65,5	18,4	6
5,7	1985	69,5	18,4	5,9

Tabla B.13

Home Run 2,0 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 24Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	8869	11,8	19,3	7,3
2,5	10498	21	19,2	7,4
3	10834	27,9	19,2	7,4
3,5	9605	34,2	19,2	7,4
4	8459	41,1	19,2	7,4
4,5	5901	47,4	19,3	7,3
5	3731	50,2	18,4	7,9
5,2	2422	55,2	18,2	8,2

Tabla B.14

Home Run 2,6 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 24Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	5843	16,2	18,9	7,8
3,1	6962	26,2	19,3	7,6
3,6	7278	31	19,2	7,3
4,1	6515	39,7	19,3	7,4
4,6	6092	45,4	19,3	7,3
5,1	3920	49,2	18,3	7,5
5,6	2786	53,2	18,2	8,5
5,9	2043	56,2	18,2	9,2
2,6	5843	16,2	18,9	7,8
3,1	6962	26,2	19,3	7,6

Tabla B.15

Home Run 3,2 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 24Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	4354	25,2	18,3	7,3
3,7	4408	31,2	18,3	7,5
4,2	4514	39,2	18,5	7,2
4,7	4152	45,2	18,3	7,4
5,2	3650	48,2	18,3	7,6
5,7	2602	54,2	18,2	8,5
6,2	1810	56,2	18	7,8
6,5	1472	54,4	18,4	7,5

Tabla B.16

Sin Home Run (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (UPSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
0	509	0	12	27
0,5	509	4,1	12,1	25,2
1	509	7,6	12,2	25,6
1,5	509	12,8	12,2	25,9
2	509	18,7	12,2	24,5
2,5	509	25	12,1	23,6
3	509	27,4	12,1	20,3
3,5	509	33,3	12	16,4
4	509	39,1	11,9	10,1
4,5	506	42,4	12,3	8
5	506	44,1	12,3	7
5,5	72	49,2	6,3	4,5

Tabla B.17

Home Run 1,8 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (UPSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	509	38,4	11,5	11,2
2,3	509	33,5	11,8	13,6
2,8	509	35,2	11,6	12,8
3,3	509	34	11,6	13,9
3,8	509	35,9	11,3	12,1
4,3	509	35	11,7	13
4,8	509	38	11,6	7
5,3	437	43,7	11,6	6,3
5,7	370	46,4	11,5	5,4

Tabla B.18

Home Run 2 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (UPSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	509	40,7	12,1	12
2,5	509	37,7	11,9	14
3	506	36,6	12	15,9
3,5	506	36,5	11,9	14,2
4	506	36,5	11,9	15,1
4,5	509	38,4	12	10,7
5	509	46	12	6,1
5,2	459	46,2	11,9	6

Tabla B.19

Home Run 2,6 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (UPSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	509	45	12,2	7
3,1	509	41	12,1	10
3,6	509	39,7	12,1	11,3
4,1	509	41,8	12,1	9,1
4,6	509	39,6	11,9	9,7
5,1	506	46	12,1	6,1
5,6	352	49	11,9	6,4
5,9	309	50,8	11,6	5,8
6	280	50,8	11,6	5,8

Tabla B.20

Home Run 3,2 km (extensor)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (UPSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	405	49,9	12,1	6
3,7	502	45,7	11,9	5,7
4,2	506	45,8	11,9	6,4
4,7	466	46,1	12,1	6
5,2	488	46,3	12	6,1
5,7	336	50,2	11,9	6,2
6,2	208	49,7	10,4	5,2
6,5	150	56,4	10,6	5,9

Tabla B.21

Home Run 1,8 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR	
ABA 2 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	2044	17,5	16,4	34,7
2,3	2044	26,6	18,3	35
2,8	2044	34,3	18,4	34,7
3,3	2041	39,5	18,3	34,1
3,8	2044	45,5	18,1	31,2
4,3	2044	52,2	17,3	25,2
4,8	2041	62	17,6	17,7
5,3	2044	66,3	19	15,3
5,6	2044	66,5	18,8	10,3

Tabla B.22

Home Run 2,0 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR	
ABA 2 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	2044	17	16,3	33,6
2,5	2041	24,1	18,3	34,4
3	2041	33,4	18,5	34,3
3,5	2044	38,9	18,4	33,3
4	2044	46,1	18,2	31,1
4,5	2044	52,6	17,4	25,2
5	2044	63,8	18,3	20,7
5,3	2044	66	19	15,2
5,7	2041	66,1	18,6	11,6

Tabla B.23

Home Run 2,6 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 2 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	2041	25,4	19,2	28,5
3,1	2041	32,2	17,9	27,3
3,6	2041	38,6	18,9	28,1
4,1	2041	44,9	18,3	26,9
4,6	2041	51,5	19,2	25,3
5,1	2044	60,4	18,3	22,4
5,6	2041	67,9	19	17,9
6,1	2044	66,7	18,3	9,2

Tabla B.24

Home Run 3,2 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 2 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	2041	31,6	19,2	19,7
3,7	2044	40,4	19,3	20,5
4,2	2044	47,5	18,9	21,2
4,7	2041	52,6	18,8	19,1
5,2	2044	61,8	18,4	19,9
5,7	2044	68,2	18,8	15,6
6,2	2044	67,4	18,4	7,6
6,5	2044	69,9	19,2	6,3

Tabla B.25

Home Run 1,8 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 8 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	7996	18,7	17	15,3
2,3	7996	26,5	19,2	17,6
2,8	7996	34,3	19,2	16,9
3,3	7996	39,5	19,2	15,4
3,8	7992	45,5	19,2	10,8
4,3	7086	51,9	19,2	5,8
4,8	5064	61,4	19,3	6,1
5,3	3572	65,8	19,2	5,9

Tabla B.26

Home Run 2,0 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 8 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	7992	17,1	16,8	12,9
2,5	7996	24,2	19,2	15,5
3	7996	33,4	19,2	14,6
3,5	7996	38,9	19,2	13,5
4	7992	46,1	19,2	9,7
4,5	6974	52,3	19,2	6,1
5	4997	60,9	19,2	5,8
5,5	3665	66,1	19,3	5,9

Tabla B.27

Home Run 2,6 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR	
ABA 8 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	6051	22,9	19,3	5,9
3,1	6925	29,8	19,2	6
3,6	6735	36,3	19,3	6,1
4,1	6720	44	19,3	6,1
4,6	6630	49	19,3	6,2
5,1	5610	57,8	19,2	6
5,6	3980	64,5	19,2	6
6,1	2778	66,3	18,4	5,8
6,6	2555	67,4	18,4	5,9

Tabla B.28

Home Run 3,2 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR	
ABA 8 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	3553	30,1	18,5	6,1
3,7	3965	36,7	19,2	5,9
4,2	3954	46,4	19,2	6,2
4,7	3864	53	19,3	5,9
5,2	3995	61,7	18,7	5,9
5,7	3698	67,8	19	6,1
6,2	2570	67,1	18,4	6
6,7	1523	72	18,3	5,7

Tabla B.29

Home Run 1,8 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR	
ABA 24 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	11265	18,6	17	6
2,3	12777	26,5	19,2	6
2,8	11762	34,2	19,2	6,2
3,3	11650	39,4	19,2	6,1
3,8	9651	45,1	19,3	6
4,3	7138	51,9	19,1	5,9
4,8	4533	61,4	18,8	5,7
5,3	3560	65,8	19,1	5,9

Tabla B.30

Home Run 2,0 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR	
ABA 24 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	10853	15,6	15,4	5,9
2,5	11845	24,1	19,2	5,8
3	10973	32	19,2	6,4
3,5	9546	41,1	19,3	5,8
4	9340	44,8	19,2	6
4,5	6787	52,4	19,1	5,9
5	4922	62,1	19,2	5,7
5,3	3724	66,2	19,3	5,9

Tabla B.31

Home Run 2,6 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 24 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	6906	23,8	19,3	6
3,1	7843	30,1	19,3	5,7
3,6	7306	37,1	19,3	5,7
4,1	7471	44,9	19,3	6,1
4,6	6301	49,6	19,3	6,1
5,1	5097	58,5	19,1	6,1
5,6	3743	68	19,2	5,8
6,1	2298	66,3	18,4	5,9
6,4	2011	67,2	18,4	6
6,5	1805	68,1	18,4	5,9

Tabla B.32

Home Run 3,2 km (Triple Play)				
Modem Huawei smartAX MT882		LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 24 Mbps (DOWNSTREAM)				
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	3827	31,9	18,4	6,1
3,7	4836	37,9	19,3	5,9
4,2	4447	47,5	19	6
4,7	4466	51,8	19,3	6
5,2	4116	63,1	18,4	6,1
5,7	3493	68,5	18,8	5,9
6,2	2287	67,2	18,4	5,8
6,7	1638	71,7	18,4	5,7
6,9	1298	71,7	18,5	5,8

Tabla C.1

Sin Home Run					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 3Mbps (DOWNSTREAM)					
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
0	2994	22767	1,2	10,1	44,9
0,5	2994	20140	10	14	41,5
1	2998	17988	17,5	17,3	39,2
1,5	2998	16680	27,4	18,9	36,1
2	2994	15256	34,1	18,8	34,5
2,5	2994	12404	39,2	18,3	31,3
3	2994	9056	45,9	17,7	26,2
3,5	2998	6400	52,7	17,6	19,3
4	2998	4428	63,5	18,5	13,4
4,5	2994	3260	67,4	19	7,1
5	2998	3132	67,3	19	6,6
5,5	321	1440	72,7	18,5	5,7

Tabla C.2

Home Run 1,8 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 3Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	2994	9260	22,4	19,5	31,4
2,3	2994	10732	29,6	18,9	31
2,8	2998	9660	35,5	19	30,5
3,3	2998	9856	38,9	19	30
3,8	2994	7764	49,5	19,4	25,2
4,3	2998	6460	58,5	18,2	20,4
4,8	2998	4644	64,9	19,6	14,2
5,3	2838	2852	65,5	18,3	6,1
5,7	1974	1976	69,4	18,4	6

Tabla C.3

Home Run 2.0 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 3Mbps (Downstream)					
Dist.total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	3000	7228	13,2	19,3	23,4
2,5	3000	8040	22	18,6	23,4
3	3000	8000	28,8	18,4	23,4
3,5	3000	8000	36,2	18,9	23,4
4	3000	7212	43	17,7	23,4
4,5	3000	6124	47,8	19,1	20
5	3000	3584	52,2	18,2	10,6
5,2	2870	3244	54,2	18,2	8

Tabla C.4

Home Run 2,6 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 3Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	3000	5984	15,2	18,7	23,2
3,1	3000	6988	26,7	19,5	23,4
3,6	3000	7180	32,4	19,5	23,4
4,1	3000	6728	39,1	19,5	23,4
4,6	3000	6412	43,8	19,4	22,3
5,1	3000	4312	50,2	18	13,9
5,6	2778	3188	53,2	18,2	8,4
5,9	2346	2798	55,2	18,3	9,1
6	2047	2495	55,2	18,3	9,1

Tabla C.5

Home Run 3,2 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 3Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	3000	3948	23,2	18,3	12,7
3,7	3000	4400	31,2	18,3	15,7
4,2	3000	4440	40,2	18,2	15,7
4,7	3000	4312	44,2	18,2	14,3
5,2	3000	3888	50,2	17,8	11,3
5,7	2598	3025	55,2	18,2	8,3
6,2	2051	2299	54,7	19	7,8
6,5	1498	1598	52,9	18,8	7,4

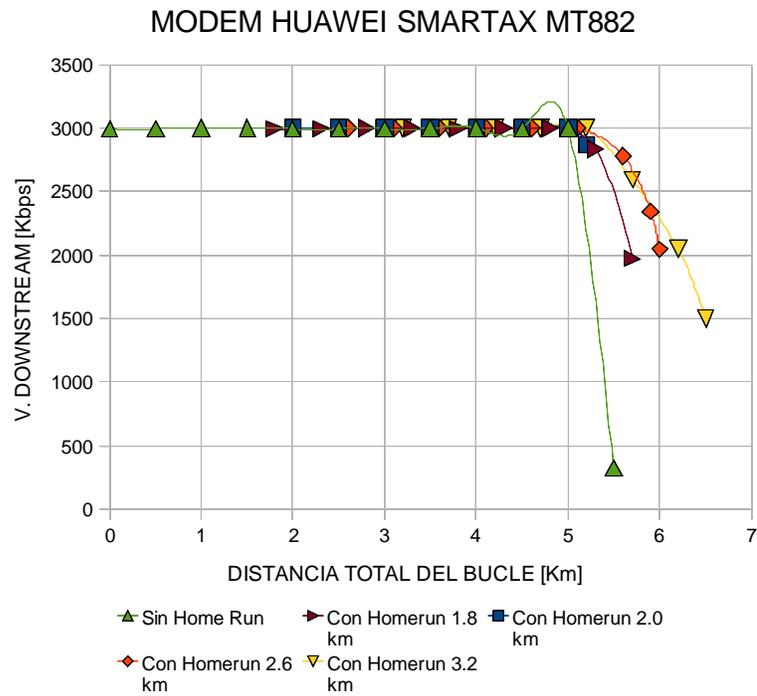


Figura C.1

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

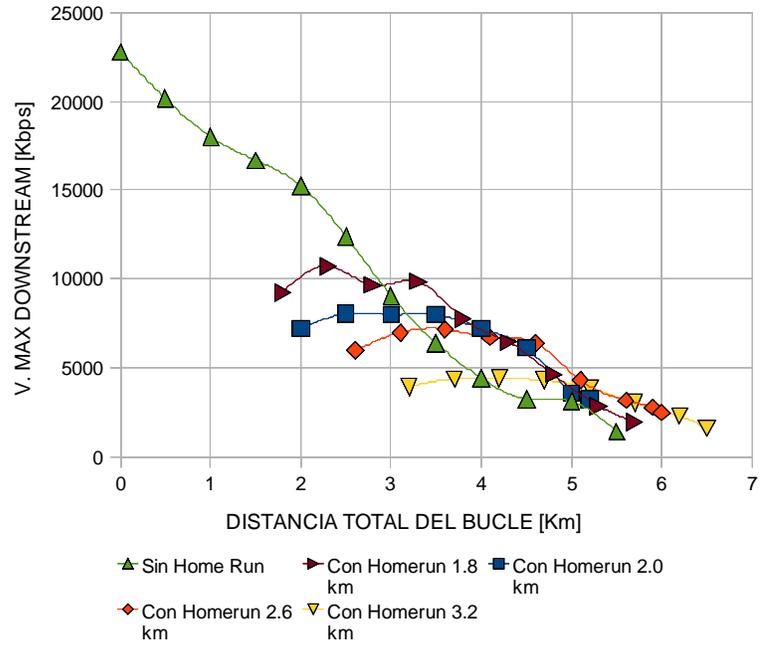


Figura C.2

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

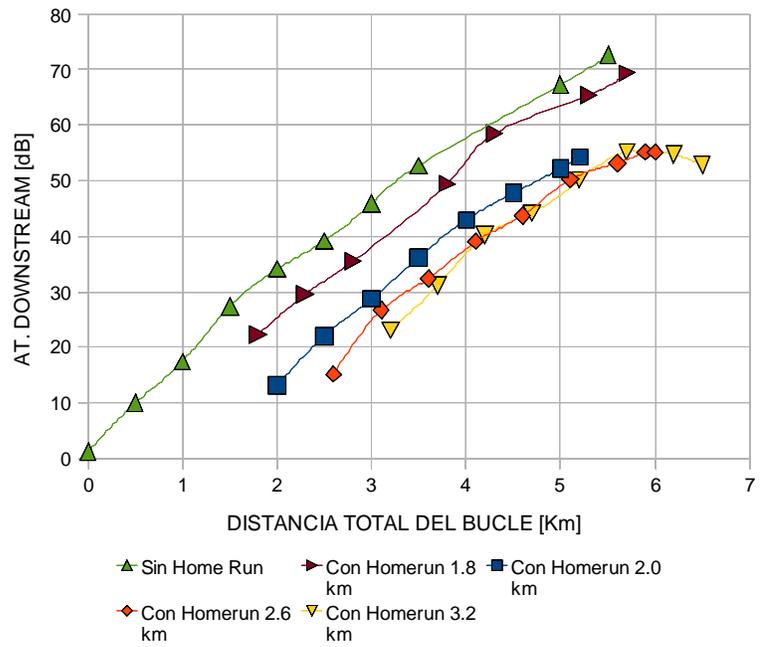


Figura C.3

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

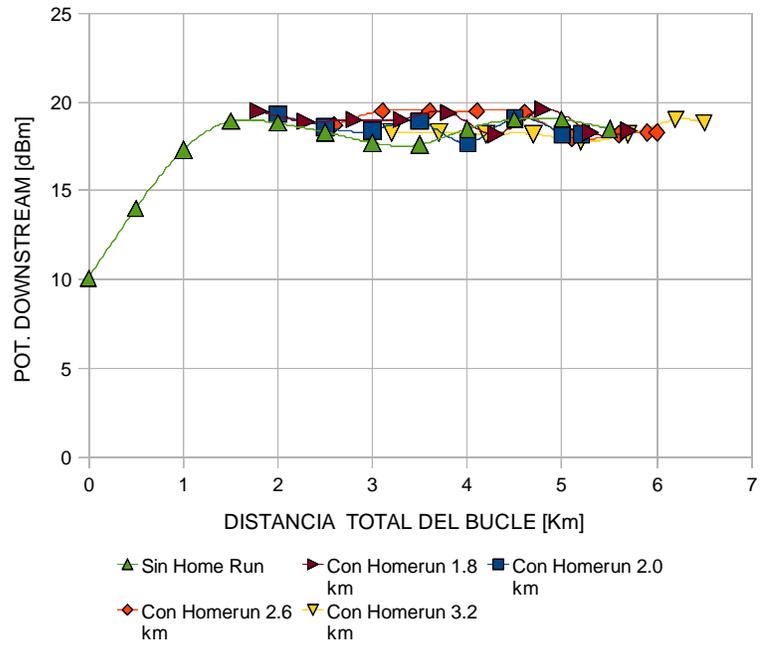


Figura C.4

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

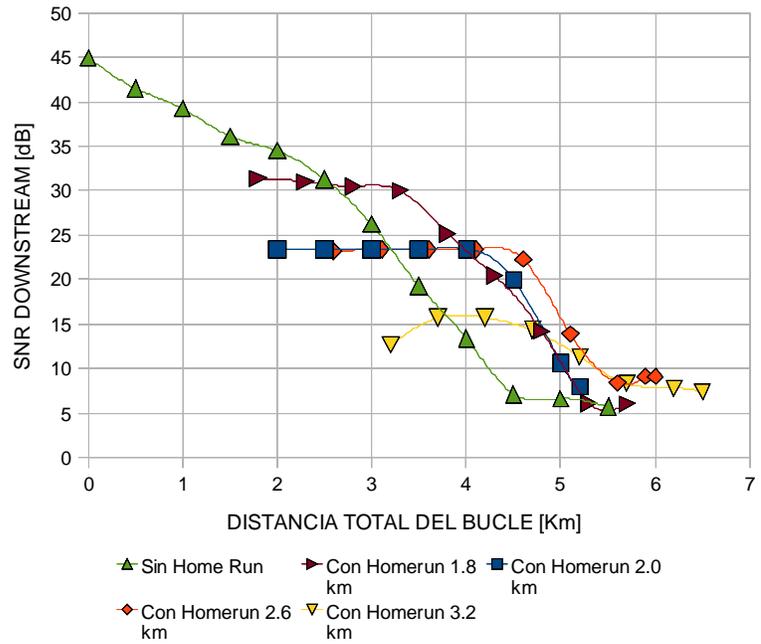


Figura C.5

Tabla C.6

Sin Home Run					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 5Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
0	4993	21752	1,2	10,1	40,6
0,5	4993	21000	2	14	36
1	4997	17992	17,5	17,5	34
1,5	4993	16680	27,4	19,1	31,7
2	4997	15260	34,1	19	29,3
2,5	4997	12484	39,2	18,7	25
3	4993	9192	45,9	18,5	18,6
3,5	4997	6428	52,7	18,5	10,8
4	4574	4608	61,3	19,6	5,6
4,5	3236	3248	67,3	19,2	5,8
5	2309	2320	70	19,2	5,8
5,5	1427	1440	72,7	18,4	5,7

Tabla C.7

Home Run 1,8 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 5Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	4993	8560	19,2	15,7	1,8
2,3	4997	10832	29,5	19,1	2,3
2,8	4993	9964	33,6	19,1	2,8
3,3	4993	9924	38,9	19,1	3,3
3,8	4993	7996	49,2	19,7	3,8
4,3	4997	6476	58,6	18,9	4,3
4,8	4503	4532	65,4	19,7	4,8
5,3	2890	2904	65,5	18,4	5,3
5,7	1989	1996	69,9	18,4	5,7

Tabla C.8

Home Run 2,0 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 5Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	4997	8904	17,9	16,3	19,5
2,5	4997	9696	27,1	19,1	21,8
3	4997	9620	36,2	19,7	
3,5	4997	8872	40	19,2	19,9
4	4993	7736	48,1	19,7	17,3
4,5	4997	6576	54,5	19,8	12,1
5	4578	4612	64,4	19,2	6
5,5	3121	3136	65,5	18,4	6
5,6	2640	2648	65,9	18,8	5,8
5,7	2722	2732	66,6	18,4	5,9

Tabla C.9

Home Run 2,6 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 5Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	4997	5056	27,6	18,6	6,1
2,9	4997	6720	31,9	19,7	12,8
3	4997	6448	33,5	19,7	12
3,5	4997	6008	40,8	19,6	11,1
4	4997	5956	47,7	19,7	10,4
4,5	4993	5196	52	19,1	7
5	4997	5300	61,5	19,5	7,6
5,5	3713	3736	66,9	18,4	6
5,6	3520	3540	66,3	18,4	5,9
5,7	3244	3264	66,9	18,4	6,2
6	2558	2568	66,1	18,4	6
6,2	2149	2156	66,6	18,4	5,9
6,5	1871	1884	69,4	19,2	5,9

Tabla C.10

Home Run 3,2 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 5Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	3823	3832	31,3	18,3	5,9
3,5	3913	4240	37,4	18,6	5,9
4	3924	4240	45,6	18,4	6
4,5	3920	3920	52,5	18,4	6,2
5	4133	4164	60,7	18,4	6,2
5,5	3691	3712	67,5	18,4	6
5,7	3281	3300	67,3	18,4	6,1
6	2652	2664	68	18,4	6,1
6,5	1933	1944	70,3	19,2	5,8
6,7	1535	1548	72,2	18,9	5,9
6,8	1187	1200	72,6	18,4	5,8

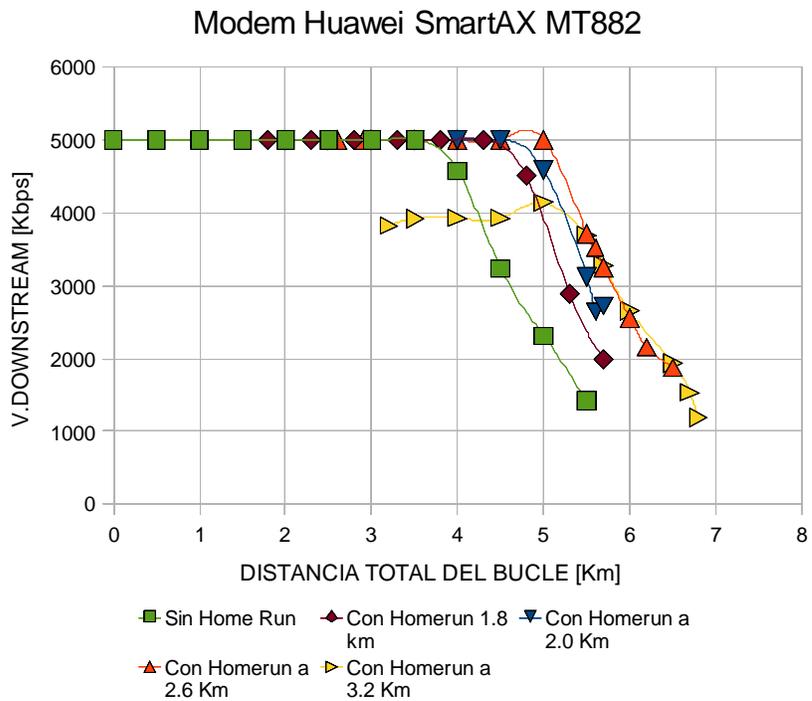


Figura C.6

### Modem Huawei SmartAX MT882

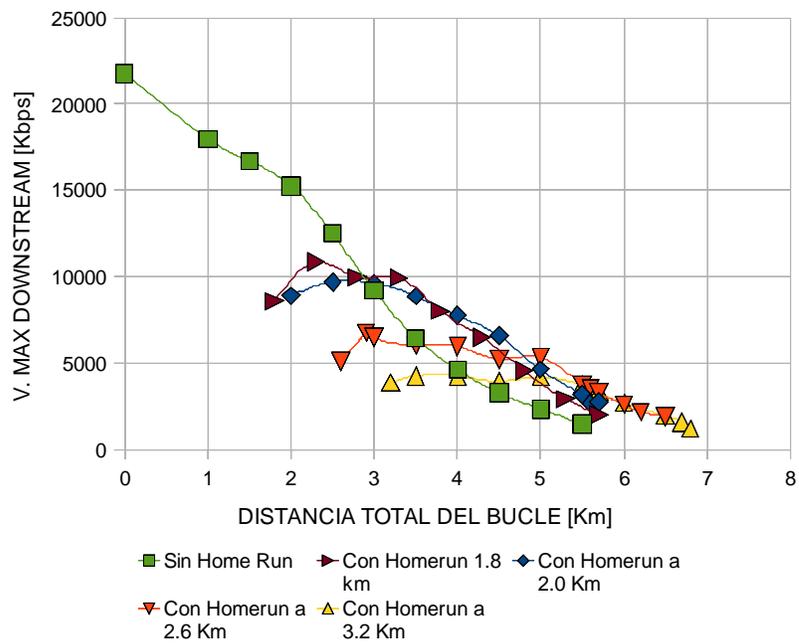


Figura C.7

### Modem Huawei SmartAX MT882

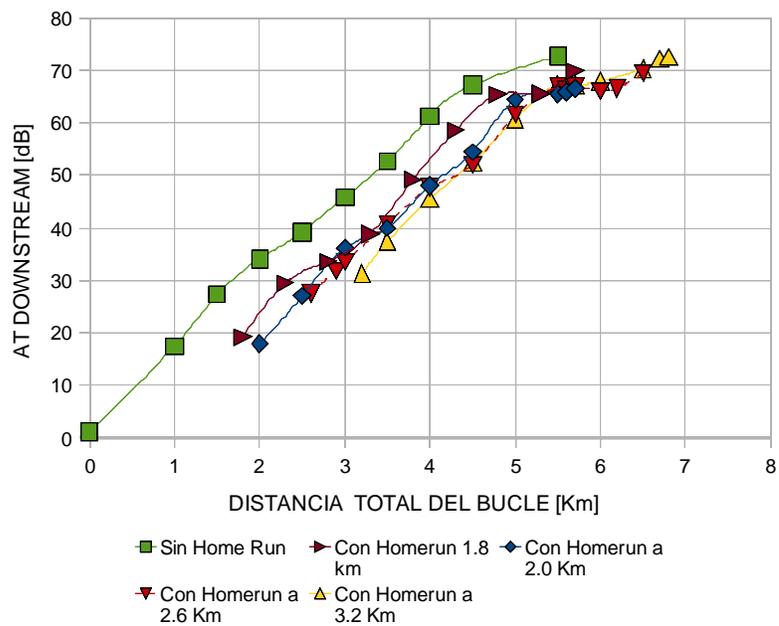


Figura C.8

### Modem Huawei SmartAX MT882

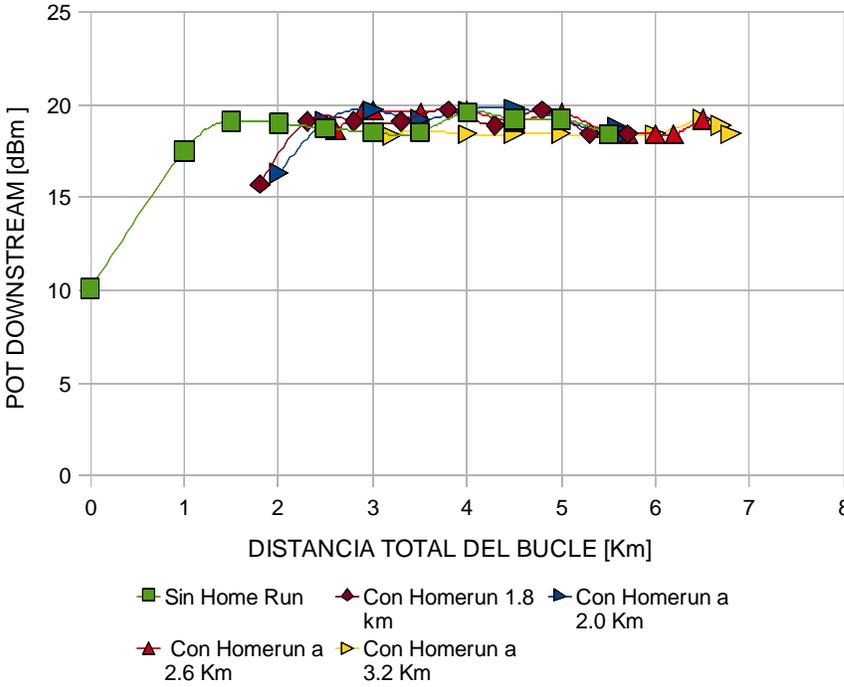


Figura C.9

### Modem Huawei SmartAX882

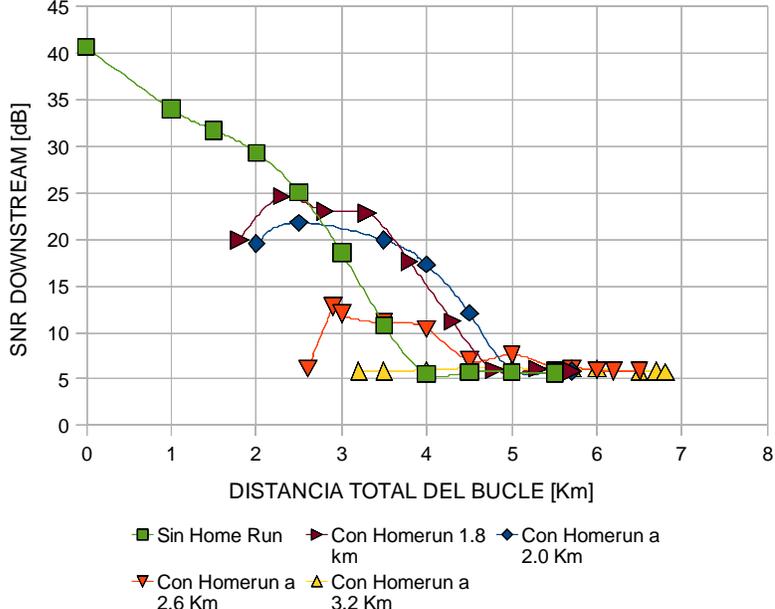


Figura C.10

Tabla C.11

Home Run 1,8 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (Upstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	664	672	39,2	11,7	6,7
2,3	724	724	34,6	12,1	6,5
2,8	690	690	35,4	11,7	6,5
3,3	740	759	32,3	11,7	6,5
3,8	657	675	35,2	11,9	6,8
4,3	674	674	34,3	11,7	7,1
4,8	440	440	37,6	11,7	6,1
5,3	451	451	45,6	11,4	6,1
5,7	336	332	47,7	11,4	5,6

Tabla C.12

Sin Home Run					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (Upstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
0	1021	1335	0	2	11,7
0,5	1015	1032	3,3	12,2	6,3
1	1021	1141	8,6	12	9,4
1,5	1021	1164	12,6	12,2	9,8
2	1021	1137	19	12,1	8,3
2,5	1021	1100	21	12,1	6,7
3	1021	1100	28	12,1	6,7
3,5	879	879	32,5	12,1	1,4
4	669	669	36,5	12,2	2,8
4,5	405	405	40,7	12,3	3,3
5	1981	1984	46,2	11,9	4,7
5,5	163	221	50,4	7,2	5,9

Tabla C.13

Home Run 2,0 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (Upstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	709	725	41,1	12,2	6
2,5	777	789	36,1	12,3	6,6
3	793	793	34,1	12,1	6,6
3,5	758	758	35,7	12,1	6,4
4	774	774	34,2	12,1	6,6
4,5	669	669	41,1	12,1	4,8
5	517	520	46,1	11,7	5,7
5,2	355	352	46,8	12,3	6,3

Tabla C.14

Home Run 2,6 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (Upstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	566	574	44,8	12,1	6
3,1	690	697	43,2	12,3	5,8
3,6	709	732	41,5	12,1	5,8
4,1	632	632	42,4	12,1	5,7
4,6	679	679	41,9	12,2	5,2
5,1	520	520	45,8	11,9	5,9
5,6	373	373	47,6	12,1	6,2
5,9	284	284	52,1	11,9	6,1

Tabla C.15

Home Run 3,2 km (Extensor)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (Upstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	416	416	48,4	12,1	6
3,7	513	513	47,3	11,9	6,1
4,2	535	535	45,4	11,9	6
4,5	459	459	47,5	11,9	5,7
4,7	484	484	47,5	12,1	5,9
5,2	509	509	47	12,1	5,8
5,5	412	416	46,5	12,1	6,3
5,7	416	423	50,1	12	5,6
6,2	213	213	50,9	10,6	5,5
6,5	159	159	57	10,5	6,2

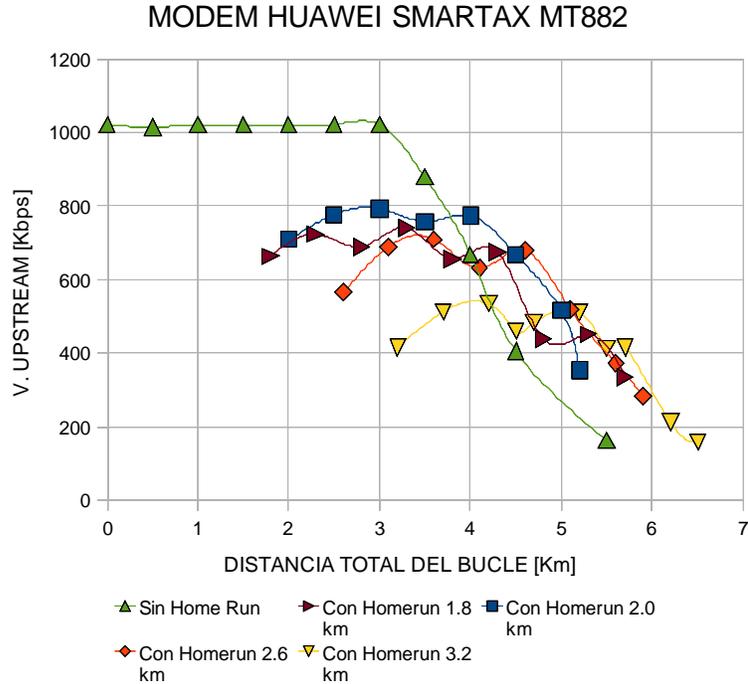


Figura C.11

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

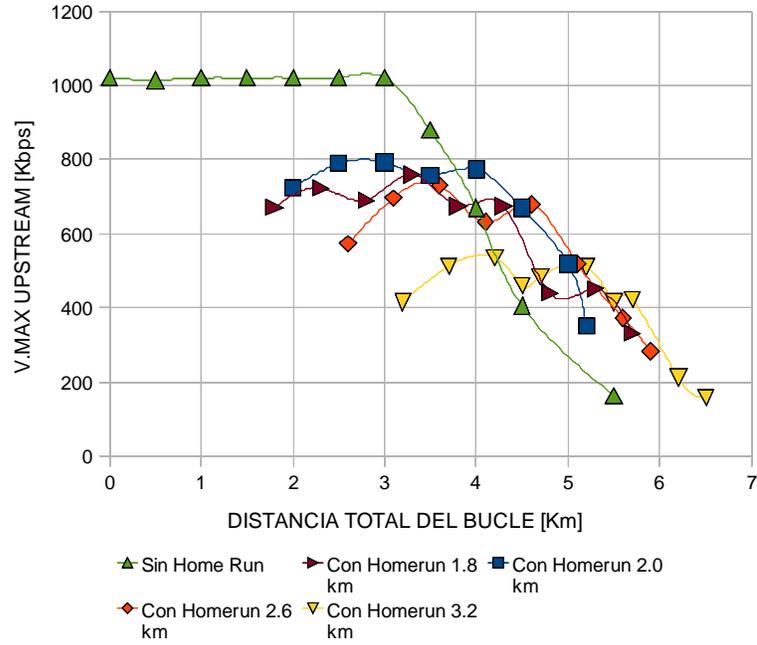


Figura C.12

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

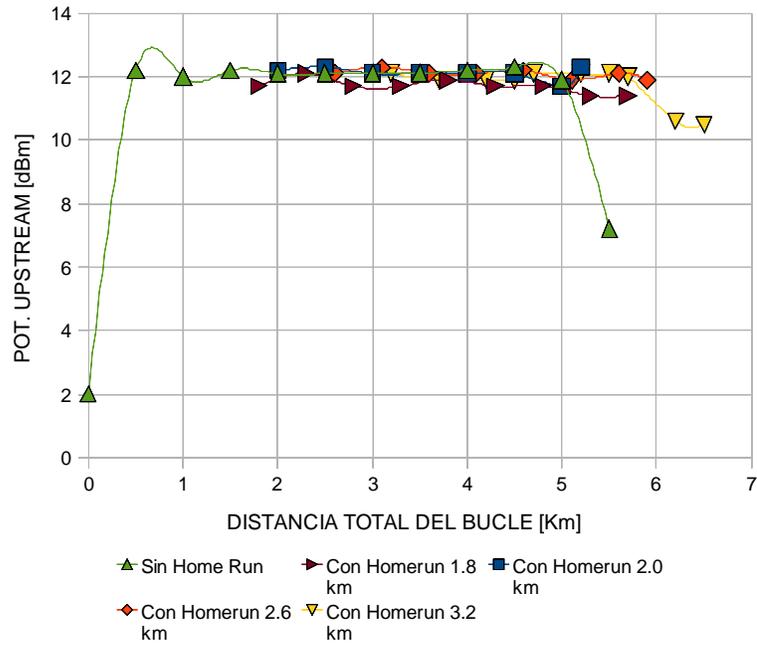


Figura C.13

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

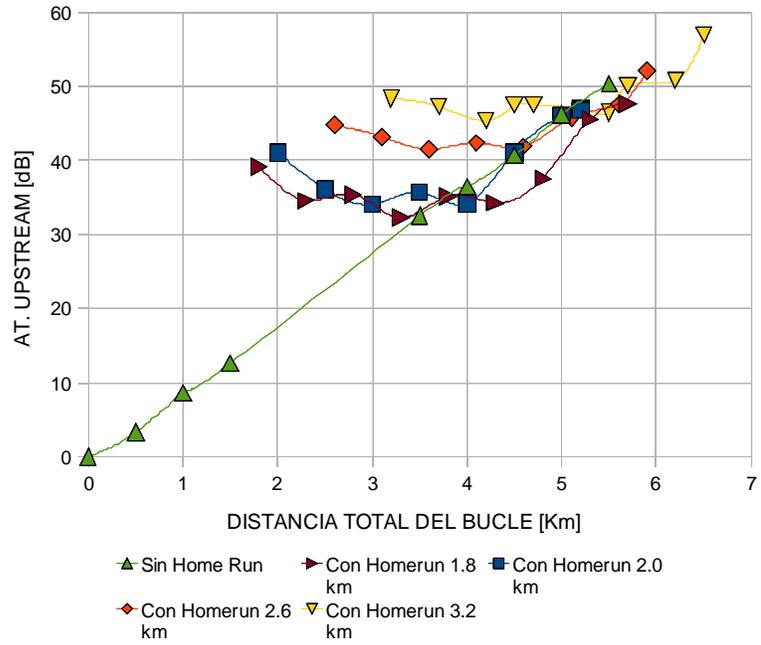


Figura C.14

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

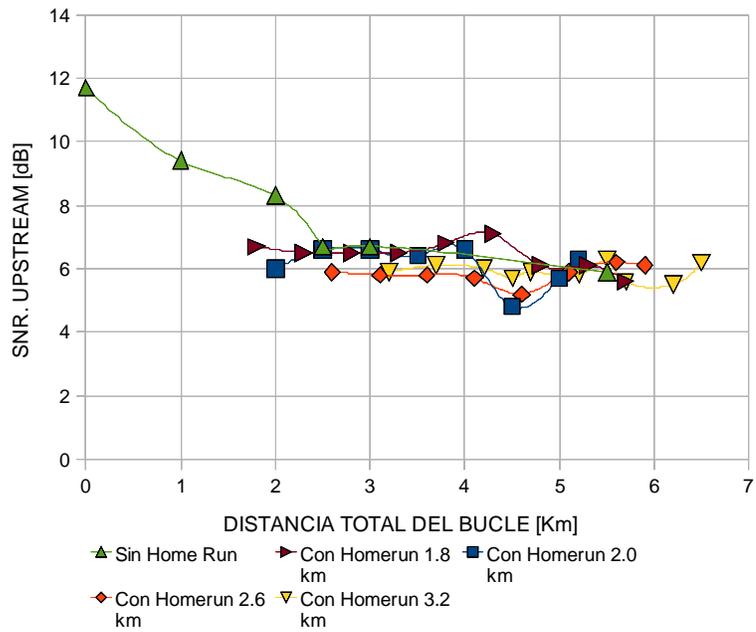


Figura C.15

Tabla C.16

Home Run 1,8 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 3 Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	2998	11620	17,7	16,8	31,3
2,3	2998	12800	26,5	18,7	31,5
2,8	2994	12152	34,2	18,8	31,2
3,3	2994	11660	39,6	18,6	29,8
3,8	2994	9856	45,5	18,5	26,8
4,3	2998	7136	52,3	18,2	20
4,8	2994	4708	61,9	17,9	13,4
5,3	2994	3752	66,4	19,6	9,5
5,6	2689	2700	66,7	18,7	5,9

Tabla C.17

Home Run 2,0 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 3 Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	2998	10980	17,3	16,6	31,5
2,5	2998	12112	26,3	18,7	31,1
3	2994	11416	33,7	18,7	30,8
3,5	2998	11104	39	18,6	29,6
4	2998	9416	46,2	18,6	26,7
4,5	2998	6856	52,8	18	19,5
5	2998	4896	63,7	18,7	14,6
5,5	2998	3472	65,9	19,2	8,5
5,8	2573	2584	66,2	18,4	5,9

Tabla C.18

Home Run 2,6 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 3 Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	2998	6876	24,8	19,6	22,3
3,1	2998	7748	30	19	22,3
3,6	2998	7348	37,9	19,7	23
4,1	2994	7336	44,1	19,1	22
4,6	2998	6700	50,9	19,7	21,1
5,1	2998	5776	59,4	18,8	18,3
5,6	2994	4444	67,1	19,1	11,8
6,1	2778	2788	66,3	18,4	6
2,6	2998	6876	24,8	19,6	22,3

Tabla C.19

Home Run 3,2 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 3 Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	2998	3356	28,8	18,5	8,2
3,7	2998	4096	38,9	19,6	9,2
4,2	2998	3972	46,6	19,2	11,4
4,7	2994	4180	53,6	19,5	10,1
5,2	2994	3864	60,2	19	10,1
5,7	2994	3276	67,6	19	7
6,2	2436	2448	67,1	18,4	5,8
6,7	1834	1856	71,7	19,1	5,8
7	1364	1376	73,7	19,1	5,9

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

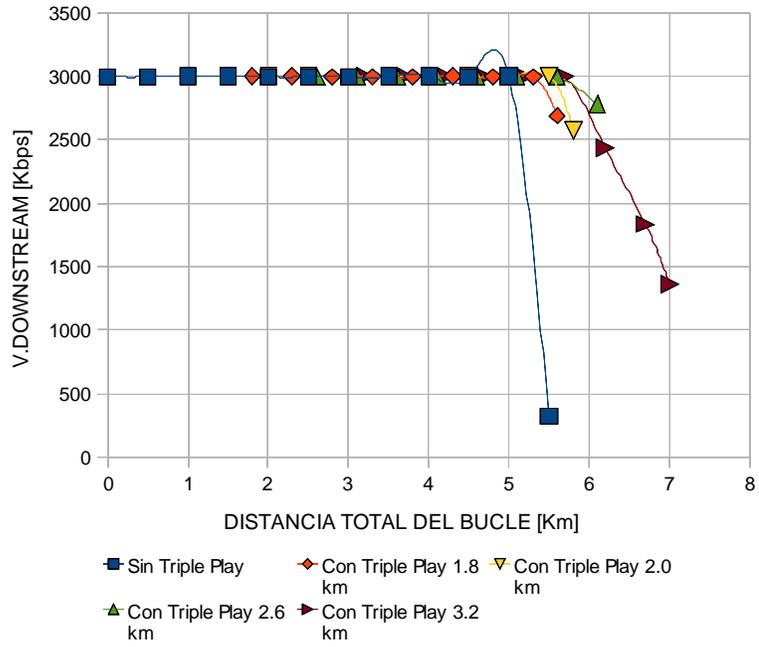


Figura C.16

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

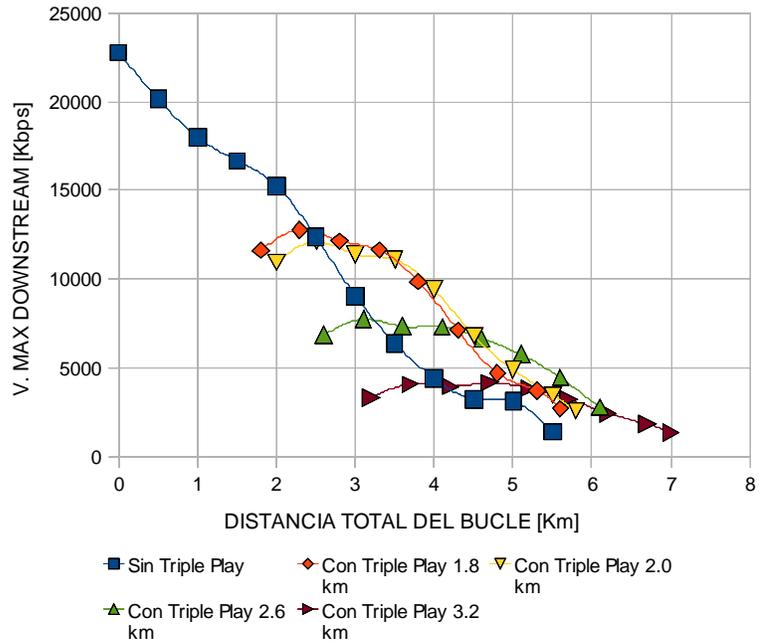


Figura C.17

MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

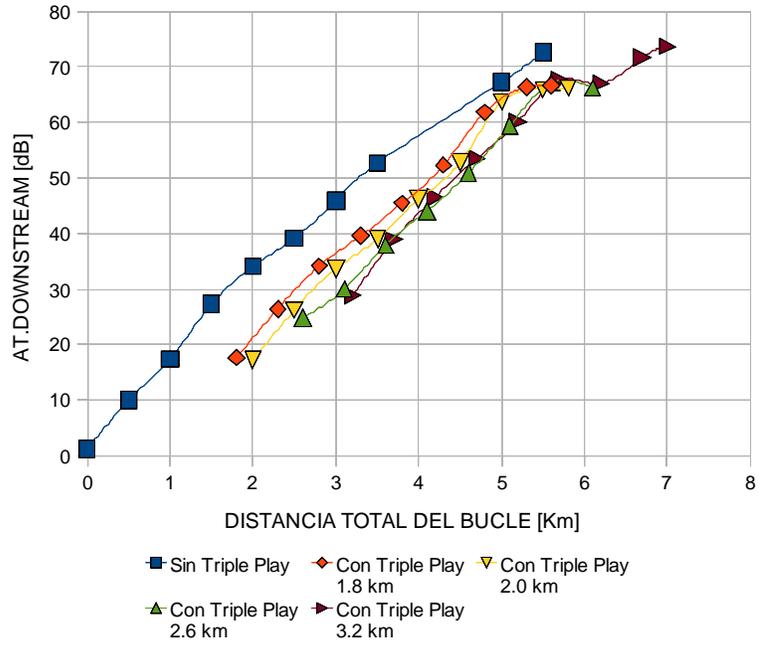


Figura C.18

MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

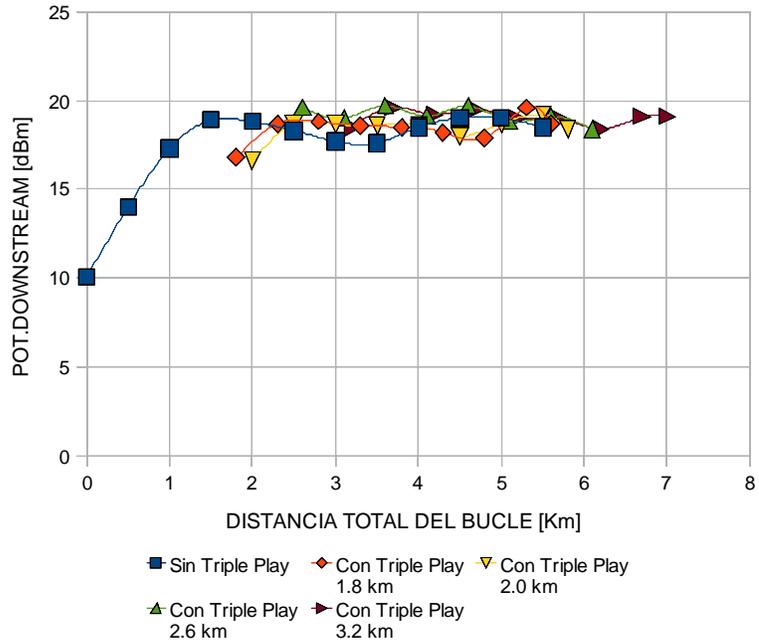


Figura C.19

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

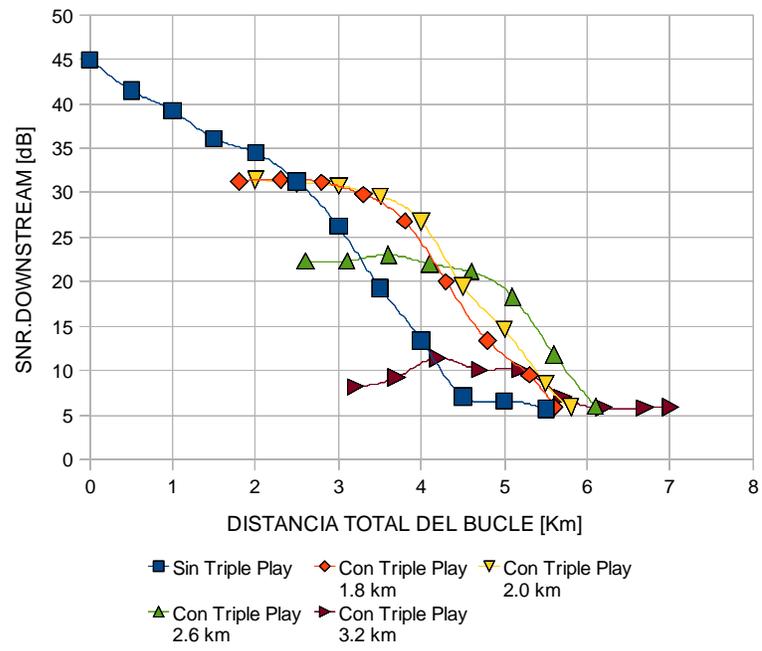


Figura C.20

Tabla C.20

Home Run 1,8 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 5 Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	4993	8560	19,2	15,7	19,9
2,3	4997	10832	29,5	19,1	24,6
2,8	4993	9864	33,6	19,1	23
3,3	4993	9924	38,9	19,1	22,8
3,8	4993	7996	49,2	19,7	17,6
4,3	4997	6476	58,6	18,9	11,2
4,8	4503	4532	65,4	19,7	6
5,3	2890	2904	65,5	18,4	6,1
5,7	1989	1996	69,9	18,4	5,9

Tabla C.21

Home Run 2,0 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 5 Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	4993	8448	16,9	16,8	16,5
2,5	4997	9528	26,1	19,1	18
3	4997	9284	33,6	19,1	18,4
3,5	4993	9220	38,9	19,1	17,9
4	4997	7708	46,7	19,2	15,5
4,5	4993	6636	52,7	18,9	11
5	4899	4936	61,7	19,7	6,2
5,5	3620	3640	65,8	19,3	5,9
5,7	2950	2960	66,2	18,6	5,9
5,8	2629	2640	67,7	18,4	5,8

Tabla C.22

Home Run 2,6 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 5 Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	4993	6784	25	19,7	13,3
3,1	4997	7556	30	19,2	14,4
3,6	4997	7344	37,9	19,7	14,6
4,1	4997	7332	44	19,2	14,1
4,6	4997	6604	50,8	19,7	12,1
5,1	4993	5804	59,3	19,4	8,9
5,6	4006	4396	67,2	19,2	6,2
6,1	2756	2772	66,2	18,4	5,7
6,7	2130	2132	69,4	18,4	5,8
2,6	4993	6784	25	19,7	13,3

Tabla C.23

Home Run 3,2 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 5 Mbps (Downstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	4014	4024	31,3	18,4	5,9
3,7	4585	4620	37,2	19,8	6,1
4,2	4376	4408	46,8	19,2	6
4,7	4451	4488	53,7	19,4	5,9
5,2	4294	4328	61,1	18,7	6,1
5,7	3905	3912	67,7	19	6
6,2	2607	2616	66,9	18,4	5,8
6,7	1899	1916	71,6	19,2	6
7	1442	1448	73,8	19,2	5,9

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

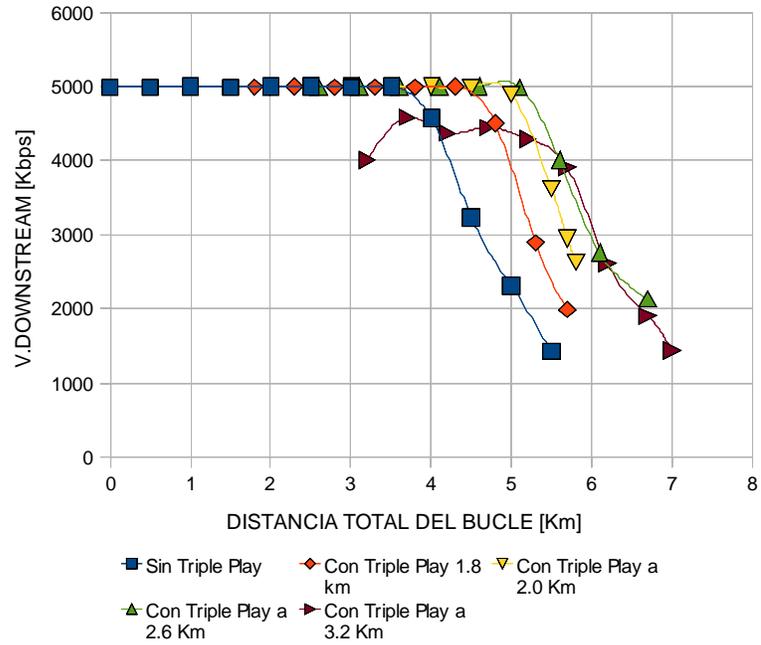


Figura C.21

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

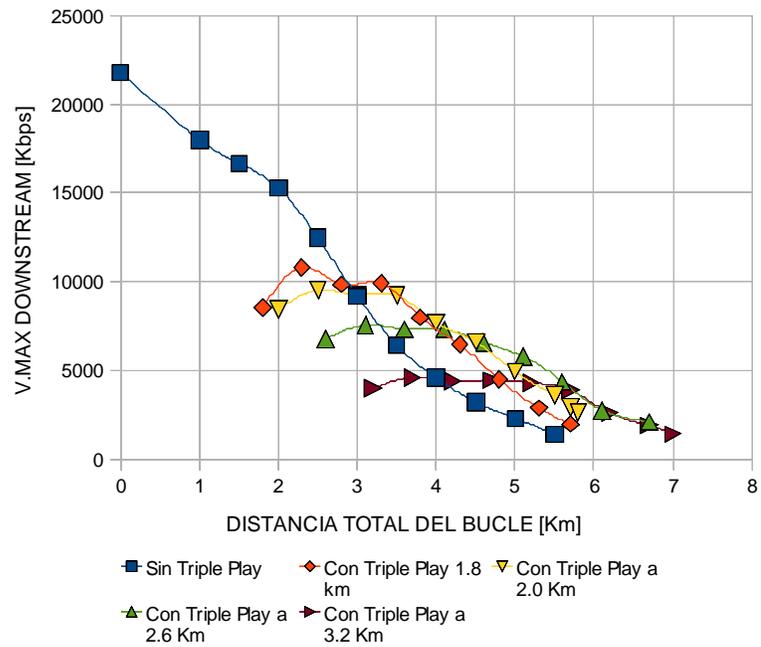


Figura C.22

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

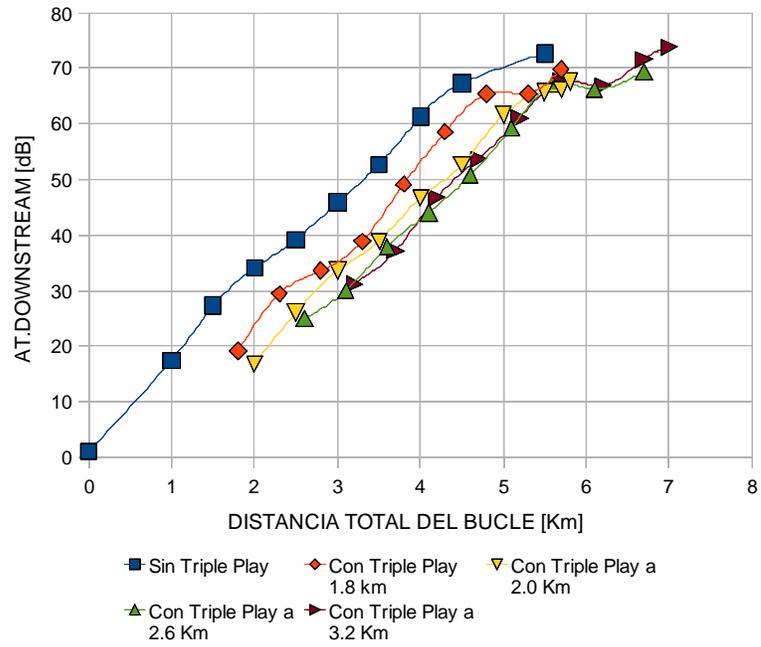


Figura C.23

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

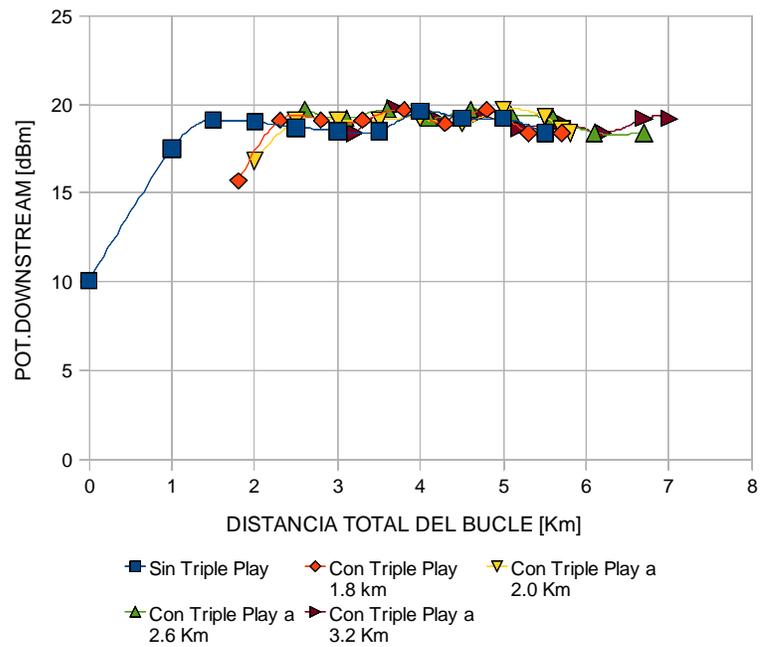


Figura C.24

### MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

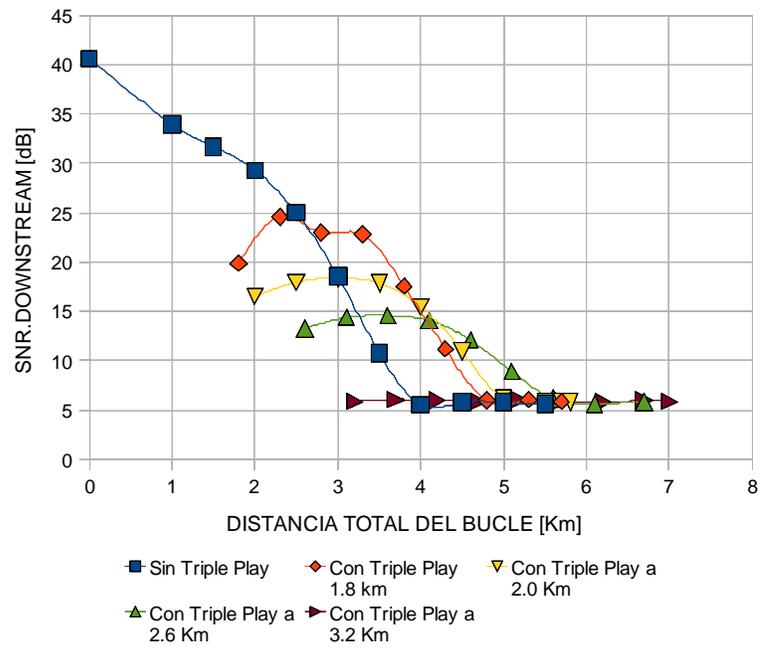


Figura C.25

Tabla C.24

Sin Home Run (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (Upstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
0	1021	1335	0	2	11,7
0,5	1015	1032	3,3	12,2	6,3
1	1021	1141	8,6	12	9,4
1,5	1021	1164	12,6	12,2	9,8
2	1021	1137	19	12,1	8,3
2,5	1021	1100	21,8	12,1	6,7
3	1021	1100	21,8	12,1	6,7
3,5	879	879	32,5	12,1	1,4
4	669	669	36,5	12,2	2,8
4,5	405	405	40,7	12,3	2,3
5	352	355	46,2	11,9	4,7
5,5	163	221	50,4	7,2	5,9

Tabla C.25

Home Run 1,8 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (Upstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
1,8	774	785	33,6	12,2	6,4
2,3	815	815	31	12,1	6,2
2,8	793	793	32,8	12,2	5,6
3,3	811	827	30,5	12,2	6,1
3,8	774	789	31,9	12,3	5,7
4,3	762	774	29,9	12,3	5,3
4,8	679	679	33,9	11,7	6,2
5,3	564	557	38,1	11,6	6,3
5,6	470	473	41,8	11,5	6,3

Tabla C.26

Home Run 2,0 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (Upstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2	732	747	34,1	12,2	6,3
2,5	777	793	31,8	12,2	5,7
3	747	762	32,5	11,9	6,2
3,5	762	777	31,6	12,1	6,4
4	732	732	32,3	12,1	6,2
4,5	740	740	31,5	12,1	5,8
5	481	481	35,1	11,7	6,1
5,5	477	462	39,7	11,6	5,9

Tabla C.27

Home Run 2,6 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (Upstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
2,6	630	638	39,6	11,9	6,6
3,1	709	725	34,5	12,2	5,6
3,6	664	664	35,2	11,9	6,6
4,1	657	657	36,6	11,6	6,3
4,6	644	659	36,7	11,7	6,5
5,1	649	649	35,8	11,7	7
5,6	531	531	39,1	11,6	6,3
6,1	419	419	44,7	11,5	6
6,6	384	384	44,9	11,4	5,7

Tabla C.28

Home Run 3,2 km (Triple Play)					
Modem Huawei smartAX MT882			LS 10.02 LINE SIMULATOR		
ABA 1024 Kbps (Upstream)					
Dist. total del bucle (Km)	Veloc. (Kbps)	Veloc. Max (Kbps)	Atenuación (dB)	Potencia (dBm)	SNR (dB)
3,2	484	484	45,8	11,6	6,1
3,7	581	581	40,9	11,7	5,9
4,2	550	550	42,3	11,6	6,2
4,7	542	542	39,8	11,7	5,9
5,2	495	495	42,8	11,7	5,9
5,7	484	488	42	11,6	6,1
6,2	370	370	46,1	11,4	6
6,7	273	280	50	11,4	5,7

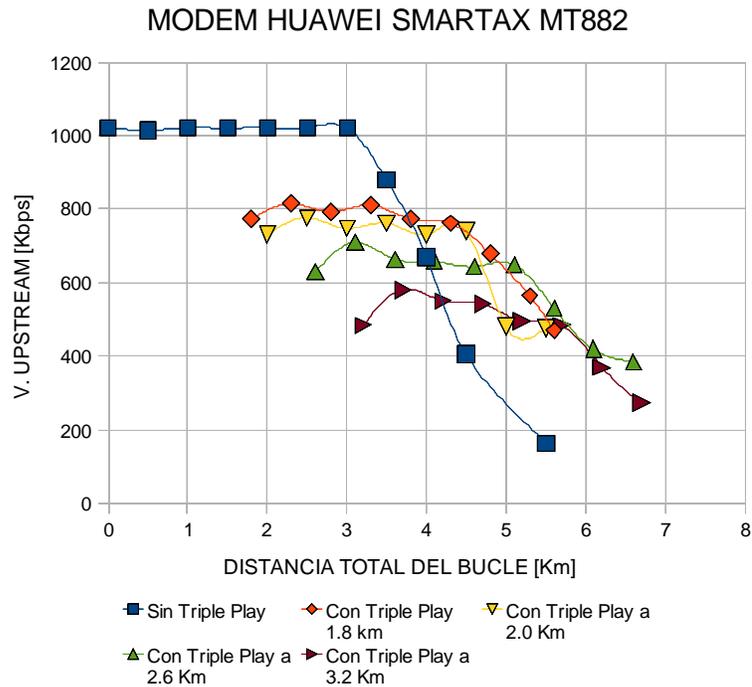


Figura C.26

MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

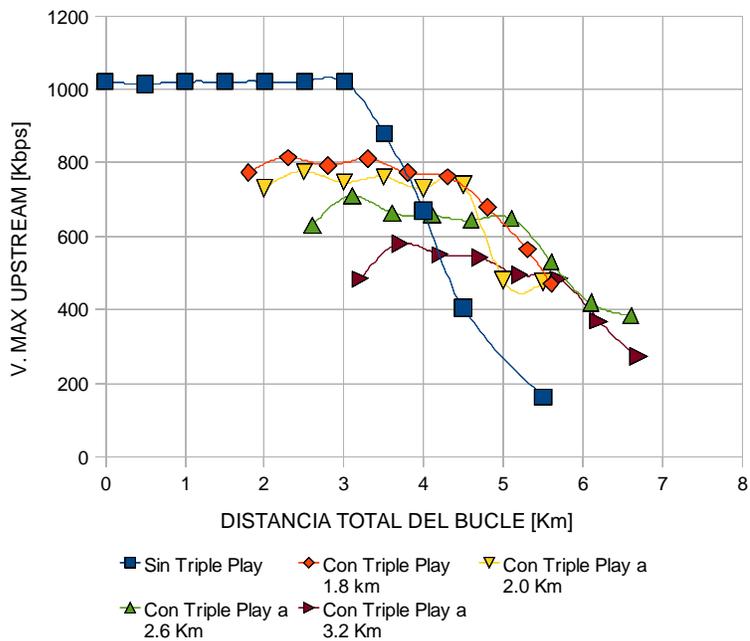


Figura C.27

MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

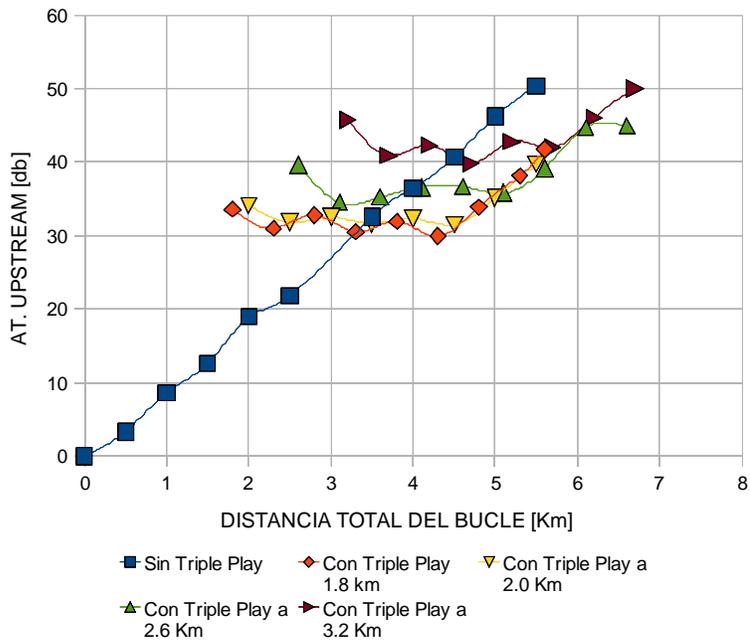


Figura C.28

MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

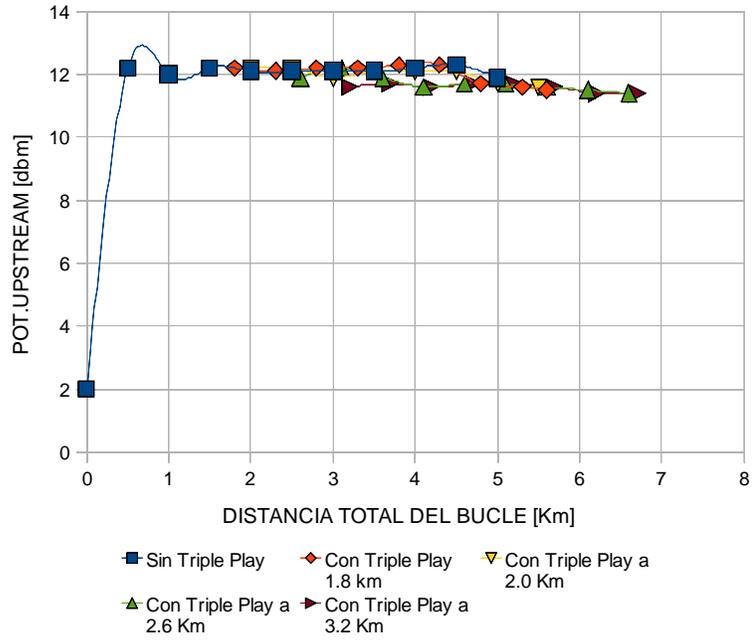


Figura C.29

MODEM HUAWEI SMARTAX MT882

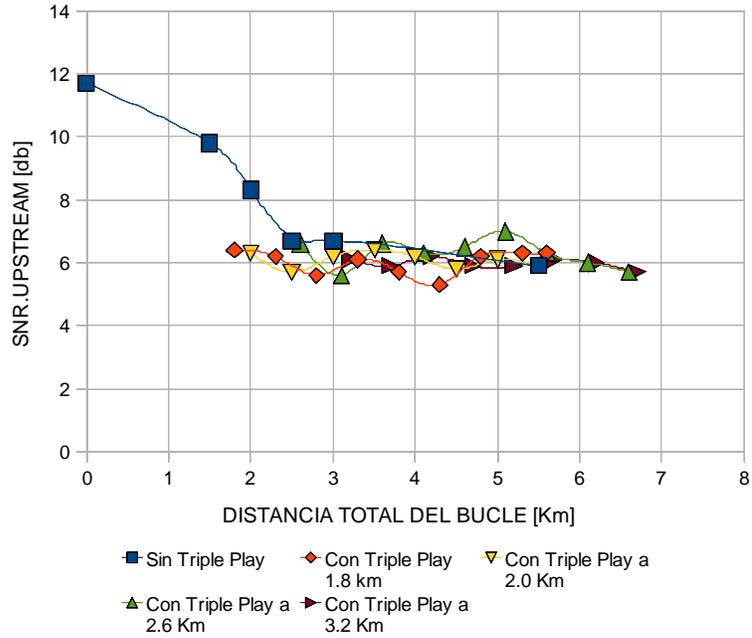


Figura C.30

Tabla D.1

<b>ADSL 8 Mbps en Downstream</b>			
<b>FABRICANTE ( Sin Home Run)</b>		<b>LABORATORIO ( Sin Home Run)</b>	
<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Mbps)</b>	<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Kbps)</b>
2,1	8,2	0	7992
2,4	8,2	0,5	7992
2,7	8,2	1	7992
3	7,6	1,5	7992
3,4	5,7	2	7992
3,7	4,4	2,5	7992
4	3,5	3	7992
4,3	2,6	3,5	6458
4,6	1,9	4	4552
4,9	1,3	4,5	3084
5,2	1	5	1981
5,5	0,69	5,5	1398

Tabla D.2

<b>ADSL 8 Mbps en Downstream</b>			
<b>FABRICANTE ( Home Run 1,8 km)</b>		<b>LABORATORIO ( Home Run 1,8 km)</b>	
<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Kbps)</b>	<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Kbps)</b>
4	8.200	1,8	7992
4,300	7.600	2,3	7996
4,600	6.100	2,8	7996
4,900	5.000	3,3	7996
5,200	3.600	3,8	7981
		4,3	6473
		4,8	4455
		5,3	2868
		5,7	1974

Tabla D.3

<b>ADSL 8 Mbps en Downstream</b>			
<b>FABRICANTE ( Home Run 2,1 km)</b>		<b>LABORATORIO ( Home Run 2,0 km)</b>	
<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Mbps)</b>	<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Kbps)</b>
4	8.200	2	8000
4,300	7.100	2,5	8000
4,600	5.800	3	8000
4,900	4.200	3,5	8000
5,200	3.400	4	8000
5,500	2.300	4,5	5663
5,800		5	3356
6,100		5,2	2870

Tabla D.4

<b>ADSL 8 Mbps en Downstream</b>			
<b>FABRICANTE ( Home Run 2,4 km)</b>		<b>LABORATORIO ( Home Run 2,6 km)</b>	
<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Mbps)</b>	<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Kbps)</b>
<i>4</i>		<i>2,6</i>	<i>5718</i>
<i>4,300</i>	6400	<i>3,1</i>	<i>6818</i>
<i>4,600</i>	5100	<i>3,6</i>	<i>7220</i>
<i>4,900</i>	4200	<i>4,1</i>	<i>6603</i>
<i>5,200</i>	3100	<i>4,6</i>	<i>6225</i>
<i>5,500</i>	2400	<i>5,1</i>	<i>3943</i>
<i>5,800</i>	1600	<i>5,6</i>	<i>2782</i>
<i>6,100</i>		<i>5,9</i>	<i>2120</i>

Tabla D.5

<b>ADSL 8 Mbps en Downstream</b>			
<b>FABRICANTE ( Home Run 2,7 km)</b>		<b>LABORATORIO ( Home Run 2,6 km)</b>	
<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Mbps)</b>	<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Kbps)</b>
<i>4</i>		<i>2,6</i>	<i>5718</i>
<i>4,300</i>		<i>3,1</i>	<i>6818</i>
<i>4,600</i>	<i>4900</i>	<i>3,6</i>	<i>7220</i>
<i>4,900</i>	<i>4000</i>	<i>4,1</i>	<i>6603</i>
<i>5,200</i>	<i>3000</i>	<i>4,6</i>	<i>6225</i>
<i>5,500</i>	<i>2200</i>	<i>5,1</i>	<i>3943</i>
<i>5,800</i>	<i>1600</i>	<i>5,6</i>	<i>2782</i>
<i>6,100</i>	<i>900</i>	<i>5,9</i>	<i>2120</i>

Tabla D.6

<b>ADSL2+ 24Mbps en Downstream</b>			
<b>FABRICANTE ( sin Triple Play)</b>		<b>LABORATORIO ( sin Triple play)</b>	
<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Mbps)</b>	<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Kbps)</b>
1,800	21.100,000	0	22876
2,1	17900	0,5	21164
2,400	15000	1	17885
2,700	12300	1,5	16525
3,000	9900	2	15162
3,400	7800	2,5	12504
3,700	6100	3	9303
4,000	4800	3,5	6271
4,3	3700	4	4440
4,6	2800	4,5	3318
4,9	2100	5	2320
		5,5	1483

Tabla D.7

<b>ADSL2+ 24Mbps en Downstream</b>			
<b>FABRICANTE ( Triple Play 1,8 km)</b>		<b>LABORATORIO ( Triple Play 1,8 km)</b>	
<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Mbps)</b>	<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Kbps)</b>
2,1		1,8	11265
2,400	15500	2,3	12777
2,700	15500	2,8	11762
3,000	15400	3,3	11650
3,400	13900	3,8	9651
3,700	11800	4,3	7138
4,000	9000	4,8	4533
4,3	7400	5,3	3560
4,6	5700	5,6	2704
4,9	4700		

Tabla D.8

<b>ADSL2+ 24Mbps en Downstream</b>			
<b>FABRICANTE ( Home Run 2,1 km)</b>		<b>LABORATORIO ( Home Run 2,0 km)</b>	
<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Mbps)</b>	<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Kbps)</b>
2,1		2	10853
2,400		2,5	11845
2,700	12800	3	10973
3,000	12700	3,5	9546
3,400	12800	4	9340
3,700	12000	4,5	6787
4,000	10400	5	4922
4,3	8200	5,3	3724
4,6	6630	5,5	3646
4,9	5310	5,7	2901

Tabla D.9

<b>ADSL2+ 24Mbps en Downstream</b>			
<b>FABRICANTE ( Home Run 2,4 km)</b>		<b>LABORATORIO ( Home Run 2,6 km)</b>	
<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Mbps)</b>	<b>Distancia del bucle total (km)</b>	<b>V. Downstream (Kbps)</b>
2,1		2,6	6906
2,400		3,1	7843
2,700		3,6	7306
3,000	10500	4,1	7471
3,400	10500	4,6	6301
3,700	10500	5,1	5097
4,000	9900	5,6	3743
4,3	8700	6,1	2298
4,6	7000	6,4	2011
4,9	5700	6,5	1805

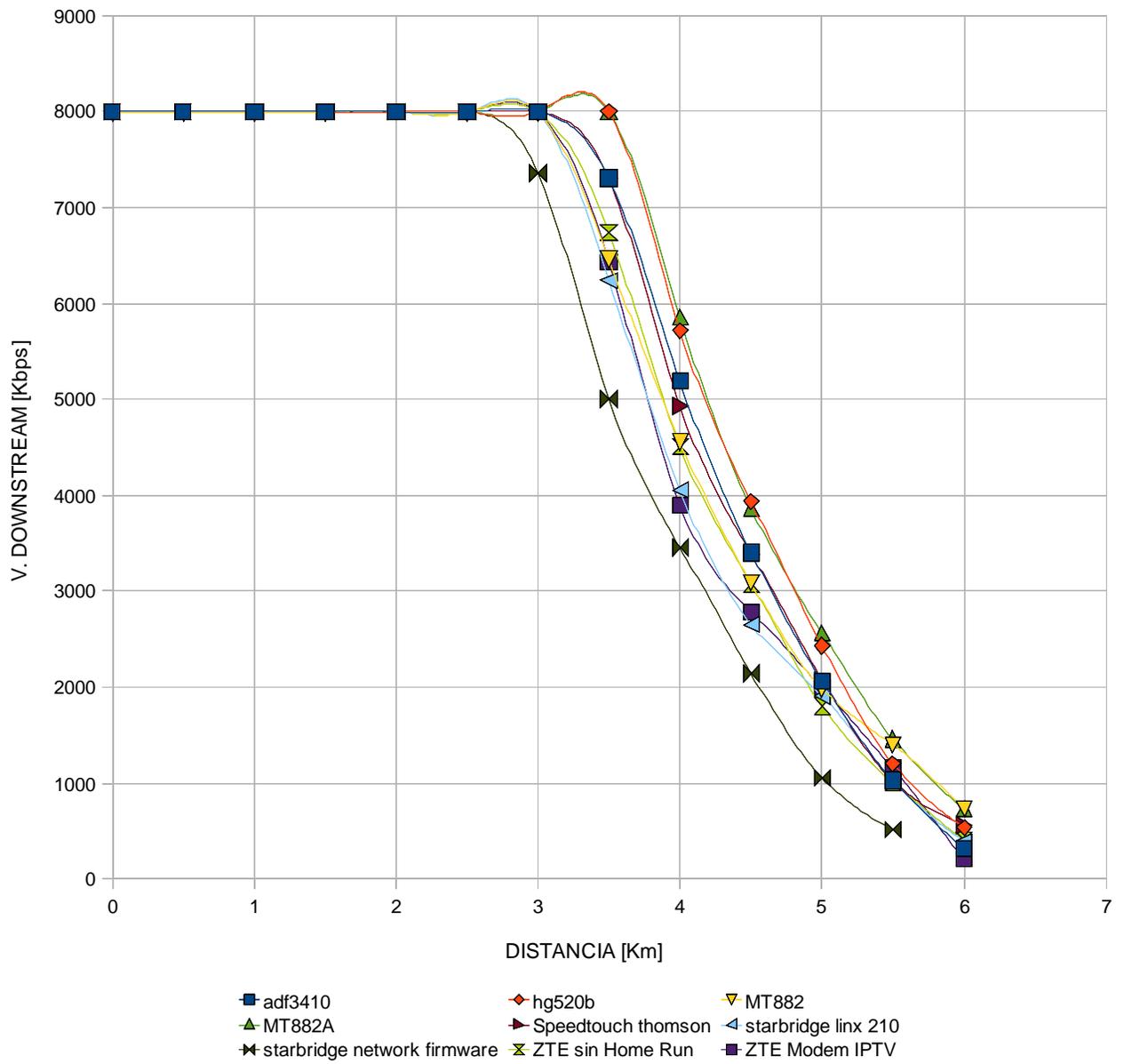


Figura D.1

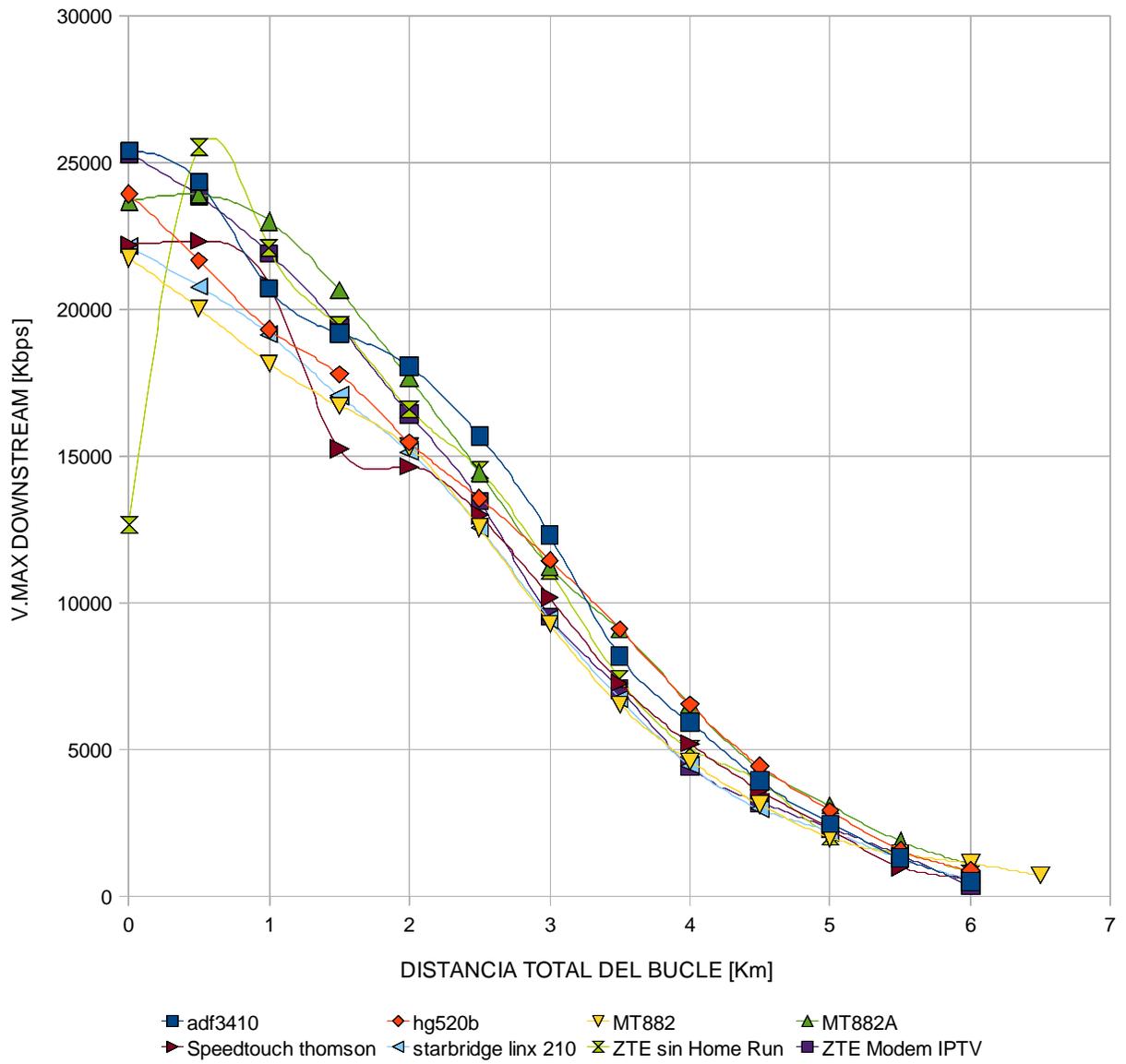


Figura D.2

# MODEM HUAWEI MT882

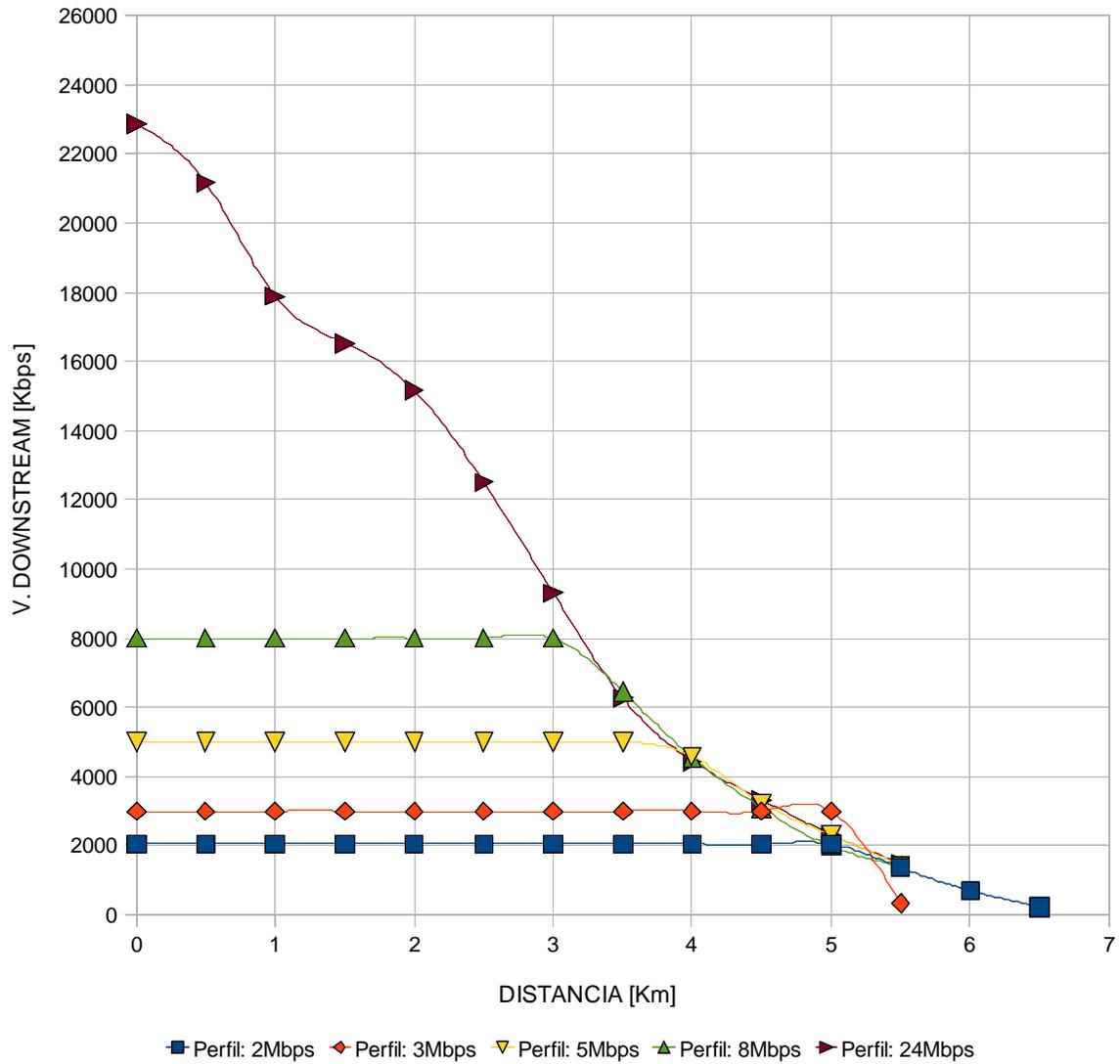


Figura D.3

t

Tabla D.10

	<b>Logitud</b>	<b>Calibre Resistencia Ohms</b>			<b>Capacitancia</b>
	<b>Metros</b>	<b>AWG</b>			<b>nFarads</b>
		<b>0.4 mm</b>	<b>0.5 mm</b>	<b>0.6 mm</b>	
<b>Ft</b>		<b>288.8 Ohms/km</b>	<b>180.4 Ohms/km</b>	<b>104.2 Ohms/km</b>	<b>52nF/km</b>
30,5	100,0	28,9	18,0	10,4	5,2
61,0	200,0	57,8	36,1	20,8	10,4
91,4	300,0	86,6	54,1	31,3	15,6
121,9	400,0	115,5	72,2	41,7	20,8
152,4	500,0	144,4	90,2	52,1	26,0
182,9	600,0	173,3	108,2	62,5	31,2
213,4	700,0	202,2	126,3	72,9	36,4
243,8	800,0	231,0	144,3	83,4	41,6
274,3	900,0	259,9	162,4	93,8	46,8
304,8	1.000,0	288,8	180,4	104,2	52,0
335,3	1.100,0	317,7	198,4	114,6	57,2
365,8	1.200,0	346,6	216,5	125,0	62,4
396,2	1.300,0	375,4	234,5	135,5	67,6
426,7	1.400,0	404,3	252,6	145,9	72,8
457,2	1.500,0	433,2	270,6	156,3	78,0
487,7	1.600,0	462,1	288,6	166,7	83,2
518,2	1.700,0	491,0	306,7	177,1	88,4
548,6	1.800,0	519,8	324,7	187,6	93,6
579,1	1.900,0	548,7	342,8	198,0	98,8
609,6	2.000,0	577,6	360,8	208,4	104,0
640,1	2.100,0	606,5	378,8	218,8	109,2
670,6	2.200,0	635,4	396,9	229,2	114,4
701,0	2.300,0	664,2	414,9	239,7	119,6
731,5	2.400,0	693,1	433,0	250,1	124,8
762,0	2.500,0	722,0	451,0	260,5	130,0
792,5	2.600,0	750,9	469,0	270,9	135,2
823,0	2.700,0	779,8	487,1	281,3	140,4
853,4	2.800,0	808,6	505,1	291,8	145,6
883,9	2.900,0	837,5	523,2	302,2	150,8
914,4	3.000,0	866,4	541,2	312,6	156,0

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

<b>TÍTULO</b>	<b>“PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS ACONDICIONADORES DE LÍNEA XDSL HOME RUN EN LA RED DE VOZ, DATOS Y VIDEO DE LA EMPRESA CANTV”</b>
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
<b>Martínez G. Silvio J.</b>	<b>CVLAC:18.215.242</b> <b>E MAIL: silvio.martinez.g@gmail.com</b>

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

**Espectro de frecuencia ADSL**

**Portadoras o tonos**

**Velocidad**

**Relación señal a ruido**

**CPE**

**DSLAM**

**Datos**

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

<b>ÀREA</b>	<b>SUBÀREA</b>
<b>Ingeniería y Ciencias Aplicadas</b>	<b>Electricidad</b>

**RESUMEN (ABSTRACT):**

**En el siguiente trabajo se realizó la optimización de los acondicionadores de línea xDSL Home Run, cuya finalidad es incrementar el ancho de banda, mediante la filtración del ruido y amplificación de la señal, dando como consecuencia un aumento en el radio de cobertura de los DSLAM 7301 para par trenzado de cobre con calibre 0.4 mm, y se simula la plataforma de voz, datos y video de planta externa en el laboratorio de CANTV, para determinar de acuerdo a la localización de las unidades Home Run la máxima velocidad y alcance, lo cual se logra tomando, mediciones de velocidad, atenuación, relación señal a ruido y potencia tanto de downstream como upstream sin las unidades, para luego comparar el comportamiento obtenido con la adición de las mismas. Dando como resultando un aumento en velocidad y distancia para servicios ADSL y ADSL2+ de 1 km con unidades de alcance extendido y de 1 a 1,5 km para unidades triple play.**

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

**CONTRIBUIDORES**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL</b>				
<b>García Lesmen</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS X</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
<b>Bernardo Peña</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU X</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
<b>Margarita heraoui</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU X</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
<b>Serrano Enrique</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU X</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

<b>2009</b>	<b>10</b>	<b>21</b>
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>

**LENGUAJE: SPA**

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

**ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
<b>TESIS. xDSL.doc</b>	<b>Application/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.**

**ESPACIAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)**

**TEMPORAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)**

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

**Ingeniero Electricista**

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

**Pre-Grado**

**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 trabajos de grado**

**“Los Trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, el cual participara al Consejo Universitario”.**

**Martínez G- Silvio J**

**AUTOR**

**Bernardo Peña**

**TUTOR**

**Margarita Heraoui**

**JURADO**

**Serrano Enrique**

**JURADO**

**Mercado Verena**

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS**