



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED UTILIZANDO TECNOLOGÍA  
ADSL2 PARA SERVICIOS DE INTERNET.”**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

### **TESINA DE SEMINARIO**

Previa a la obtención del Título de:

**LICENCIADO EN REDES Y SISTEMAS OPERATIVOS**

**Presentada por:**

JUAN ALEXIS GONZÁLEZ BAZÁN

JUAN PABLO GUERRERO CUEVA

**Guayaquil - Ecuador**

**2014**

## **A G R A D E C I M I E N T O**

A Dios por darme vida, salud y por permitirme hacer realidad una de las metas propuestas en mi vida. A mi familia de quienes siempre he recibido sus consejos y apoyo incondicional. A la Escuela Superior Politécnica del Litoral por haberme proporcionado la formación teórica y práctica necesaria para afrontar con profesionalismo los retos del mundo laboral.

A todas las personas que por medio de su apoyo hicieron posible desarrollar nuestras habilidades y conocimientos durante nuestra carrera y en el presente proyecto de graduación.

Juan Alexis González Bazán

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios en cuyas manos y control está todo. A mis padres y hermanos, quienes han sido mi guía, a mis amigos y maestros que han sido mi mayor apoyo y el mejor modelo a seguir.

A Mafer, por toda su ayuda y apoyo. A los profesores, por todos los conocimientos que me han transmitido. A mis amigos y entrenadores quienes fueron mi gran apoyo fuera de las aulas.

Juan Pablo Guerrero Cueva

## DEDICATORIA

A mis padres Anita y Juan, quienes confiaron siempre en mí y a pesar de todos los obstáculos me han aconsejado y apoyado en todo momento.

A mis hermanas Johanna y Yuliet quienes todos los días me dan ánimos y consejos para salir adelante cada día y ser un ejemplo a seguir.

A mis amigos y personas muy especiales en mi vida que me enseñaron que no hay que rendirse por más difícil que sea la situación, siempre hay que dar todo para alcanzar el objetivo.

Juan Alexis González Bazán

## DEDICATORIA

A mis padres, sin quienes nada de esto fuera posible.

A mis tíos Juan, Adriana, José, Miriam, Rosario, Carlos, Hernán, Luis Alberto, Félix, Aracely y Margarita.

A mis abuelos, Elías, Isabel, María y Eduardo, que siempre están con nosotros.

Al fútbol que me ha enseñado a ser siempre perseverante y no rendirme jamás.

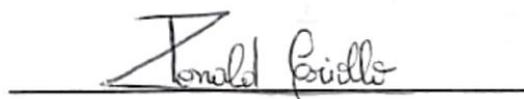
Juan Pablo Guerrero Cueva

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Miguel Molina', is written over a horizontal line.

**Msc. Miguel Molina**

**PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ronald Criollo', is written over a horizontal line.

**Ing. Ronald Criollo**

**PROFESOR DELEGADO POR LA UNIDAD ACADÉMICA**

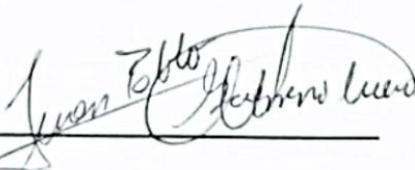
## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta tesina, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de graduación de la ESPOL)



**Juan Alexis González Bazán**



**Juan Pablo Guerrero Cueva**

## **R E S U M E N**

La presente tesina expone las consideraciones teóricas y mejores prácticas para la implementación de servicios ADSL2. Se describen las tecnologías xDSL más utilizadas y sus estándares de funcionamiento, de acuerdo a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Las tecnologías xDSL en general utilizan como medio de transmisión la red de planta externa que originalmente fue diseñada para servicios de voz. Por lo cual, ya contamos con enlaces existentes como es la conexión entre la central telefónica y el usuario final.

La tecnología ADSL2 tiene parámetros de funcionamiento que nos ayudan a determinar la capacidad de transmisión, siendo estos: máxima velocidad de subida y bajada, capacidad de uso del canal tanto de subida como de bajada, atenuación, nivel de señal a ruido; así como los parámetros eléctricos que son: resistencia de bucle, longitud de línea, voltajes y otros, que serán descritos y analizados en el desarrollo del informe.

Gracias a estos análisis, finalmente se describirá un diseño de red para poder garantizar y brindar servicios de ADSL2.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA .....	XVI
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....	3
1.1. ANTECEDENTES .....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	4
1.3. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	5
1.3.1. <i>Objetivo General</i> .....	5
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	5
1.4. METODOLOGÍA .....	6
1.5. PERFIL DE LA TESINA .....	6
FAMILIAS XDSL .....	9
2.2. FUNCIONAMIENTO .....	10
2.3. TIPOS DE DSL .....	11
2.3.1. <i>DSL Simétrico</i> .....	11
2.3.2. <i>DSL Asimétrico</i> .....	13
2.4. LÍNEA DIGITAL DE ABONADO ASIMÉTRICA VERSIÓN 2 (ADSL2) .....	15

2.5. MODULACIÓN.....	19
2.5.1. <i>Modulación por Amplitud de Fase sin portadora (CAP)</i> .....	19
2.5.2. <i>Multi-tono Discreto (DMT)</i> .....	20
2.5.3. <i>Modulación de Amplitud en cuadratura (QAM)</i> .....	21
2.6. FRECUENCIA.....	21
2.7. ARQUITECTURA DE RED XDSL.....	22
2.7.1. <i>Modem y Splitter</i> .....	23
2.7.2. <i>Multiplexor de Línea de Acceso de Abonado Digital (DSLAM)</i> ....	24
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ADSL2.....	25
3.1. EVOLUCIÓN DEL ADSL: ADSL2 Y ADSL2+.....	25
3.1.1. <i>Ventajas</i> .....	27
3.1.2. <i>Desventajas</i> .....	28
3.1.3 <i>Aplicaciones y servicios</i> .....	28
ESTUDIO DE LA RED.....	30
4.1. PRIMERA FASE: RECONOCIMIENTO DE RED DE PLANTA INTERNA Y EXTERNA. .....	30
4.2. SEGUNDA FASE: ESTUDIO DE LA RED DE PLANTA EXTERNA.....	32
4.2.1. <i>Red de Distribución</i> .....	37
4.3 PARADIAFONÍA (NEXT) Y TELEDIAFONÍA (FEXT).....	41
4.4. CALIBRES DE CABLE MÁS USADOS.....	43
4.5 CAPACIDAD DE CABLE MULTIPAR.....	44

MEDICIÓN DE PARÁMETROS PARA REDES XDSL.....	47
5.1 DESCRIPCIÓN .....	47
5.2 MEDICIÓN DEL PAR DE COBRE .....	48
5.3 MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL PAR DE COBRE .....	49
DISEÑO DE LA RED .....	61
6.1. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO .....	61
6.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES TELEFÓNICOS MÁS UTILIZADOS .....	62
6.3 PLAN DE TRANSMISIÓN .....	63
6.4. DISEÑO DE LA RED .....	64
CONCLUSIONES .....	71
RECOMENDACIONES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Elementos de una red xDSL .....	10
Figura 2.2: Esquema básico de una red ADSL.....	11
Figura 2.3: Tecnologías xDSL en función de rango y velocidad .....	15
Figura 2.4: Esquema básico de una red ADSL.....	15
Figura 2.5: ADSL con Modulación discreta.....	20
Figura 2.6: Ejemplos de constelaciones QAM.....	21
Figura 2.7: Arquitectura de una red ADSL2 .....	22
Figura 2.8: Funcionamiento del Splitter .....	23
Figura 3.9: Aplicaciones y servicios de xDSL .....	29
Figura 4.10: Topología de conexión de red .....	34
Figura 4.11: Encapsuladores para Cables Telefónicos.....	35
Figura 4.12: Construcción de red de planta externa .....	36
Figura 4.13: Construcción de un pozo de entrada a la central.....	36

Figura 4.14: Marco de Distribución Principal (MDF) .....	37
Figura 4.15: Armario de distribución .....	39
Figura 4.16: Caja de dispersión .....	40
Figura 4.17: Cable Multipar de Telefonía interior.....	44
Figura 4.18: Cable de Telefonía plano para instalación interior.....	46
Figura 5.19: Diagrama de mediciones .....	50
Figura 5.20: Medición de resistencia en un par de cobre .....	51
Figura 5.21: Medición de aislamiento en un par de cobre .....	53
Figura 5.22: Medición de longitud de línea en un par de cobre .....	55
Figura 5.23: Medición de balance longitudinal en un par de cobre .....	57
Figura 5.24: Medición de voltajes AC y DC en un par de cobre.....	59
Figura 6.25: Diseño Lógico de la red .....	65
Figura 6.26: DSLAM ALCATEL-LUCENT 7302 ISAM .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla comparativa de las tecnologías xDSL.....	18
Tabla 2: Características técnicas del ADSL, ADSL2 y ADSL2+.....	26
Tabla 3: Tabla comparativa para cables de cobre más comunes en ADSL..	43
Tabla 4: Tabla de identificación de pares – Cable de Telefonía interior. ....	45
Tabla 5: Código de colores – Cable de Telefonía plano .....	46
Tabla 6: Resistencias del lazo a 20°C .....	52
Tabla 7: Ejemplo de aislamiento de cables.....	52
Tabla 8: Valores de aislamiento de un par de cobre.....	54
Tabla 9: Valores de balance longitudinal de un par de cobre .....	58
Tabla 10: Valores de voltaje AC y DC aceptables de un par de cobre .....	60
Tabla 11: Valores de referencia de parámetros eléctricos.....	60
Tabla 12: Capacidad de cables telefónicos .....	62
Tabla 13: Transmisión en base a la resistencia del par de cobre .....	63

## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

ADSL	Línea Digital de Abonado Asimétrico
ATM	Modo de Transferencia Asíncrona
ATU	Unidad de transceptor de la línea digital de abonado
ATU-C	Transceptor en el extremo en la oficina central de la línea digital de abonado Asimétrica.
ATU-R	Transceptor en el extremo en el usuario final de la línea digital de abonado Asimétrica.
CAP	Amplitud de fase sin portadora
dB	Decibelios
DMT	Multi – Tono Discreto
DSL	Línea Digital de Abonado
DSLAM	Multiplexador de Acceso de Línea de Suscriptor Digital
HDSL	Línea Digital de Abonado de alta velocidad
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones
ISP	Proveedor de Servicios de Internet
LAN	Red de Área Local

LLC	Control de Enlace Lógico
POTS	Servicio telefónico ordinario
PSTN	Red de Telefonía Pública de Conmutación
QoS	Calidad de Servicio
RADSL	Línea Digital de Abonado de alta frecuencia
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
SDSL	Línea Digital de Abonado Simétrica
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión sobre Protocolo de Internet
TC-PAM	Modulación por Amplitud de pulso codificado Trellis
VC	Canal Virtual
WAN	Red de Área Amplia

# INTRODUCCIÓN

Con la llegada del internet al Ecuador, las compañías que brindan servicios de telefonía fija, han buscado satisfacer la creciente demanda de usuarios que necesitan utilizar este nuevo servicio, se pueden utilizar enlaces microondas, fibra óptica, pero su implementación se ve afectada debido al costo que implica desplegar estas tecnologías.

Con la aparición de la familia de tecnologías xDSL, se puede re-utilizar el medio físico que la operadora tiene, con respecto al usuario final: su línea telefónica (línea de abonado).

El estándar más utilizado para brindar el servicio de internet a usuarios residenciales es ADSL, el cual presenta ventajas como el tiempo de implementación y su característica de operación asimétrica, ya que solo se necesita navegar en internet.

Con el pasar del tiempo, el usuario solicita más servicios como: videoconferencia, telemedicina, IpTV, video bajo demanda, etc., lo cual también requiere un nivel de transmisión mayor que el ADSL.

Gracias al ADSL2, las operadoras telefónicas pueden ofrecer los servicios antes mencionados por la línea telefónica convencional, logrando un ahorro significativo debido a que se cuenta con una red de distribución, la cual debe cumplir ciertos parámetros eléctricos y de transmisión, para garantizar la calidad del servicio tanto en las redes existentes como en las nuevas redes de distribución.

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

### 1.1. Antecedentes

Debido a la necesidad que la humanidad ha tenido de comunicarse, hizo que científicos del siglo XIX desarrollen sistemas para solventar esta necesidad. Por el año 1847, Alexander Graham Bell afirmó teóricamente que se puede transmitir la voz humana a través de un alambre debido a la vibración que esta genera. En el año 1876 patentó el teléfono eléctrico. En marzo de ese mismo año se produce la primera llamada telefónica a distancia, y esto da inicio a lo que hoy conocemos como la telefonía fija o convencional.

La red de telefonía fija funciona basada en el concepto de la conmutación de circuitos, en donde se establece un circuito de comunicación físico

durante el tiempo que dure la llamada, lo que significa que los recursos no pueden ser utilizados hasta que finalice la conversación. Con el pasar del tiempo, las redes empezaron a evolucionar de tal forma que contamos con centrales digitales que nos permiten recibir múltiples servicios sobre el mismo circuito.

La tendencia actual de brindar múltiples servicios se debe al surgimiento de tecnologías aprovechando la conexión desde la central de conmutación hasta el usuario, una de ellas es la tecnología xDSL (ver capítulo 2), que nos permite cubrir las necesidades actuales como es el uso de internet.

## **1.2. Justificación**

En la actualidad disponemos de una red de telefonía pública ya implementada a la cual se han realizado estudios, concluyendo que existe la posibilidad de optimizar recursos debido a las nuevas necesidades de comunicación; dado a que esto es posible, se realizará el diseño de una red que cubra las necesidades del operador como del usuario, utilizando la tecnología ADSL2 en la cual se puedan brindar servicios adicionales a la voz como son la transmisión de datos y video.

### **1.3. Implementación del Proyecto**

La implementación de nuestra tesina pretende alcanzar los siguientes objetivos:

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Diseñar una red utilizando tecnología ADSL2 para brindar servicios de internet.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Conocer y comparar las diferentes tecnologías XDSL.
- Analizar los parámetros necesarios para la tecnología ADSL2.
- Estudiar los principales servicios que se brindan a través de internet.
- Utilizar las mejores prácticas para el diseño de la red.

#### **1.4. Metodología**

Para realizar el diseño adecuado de una red utilizando la tecnología ADSL2 a fin de brindar servicios de internet, realizaremos el estudio de las redes de cobre existentes utilizando las siguientes metodologías:

- Metodología de Análisis de la red bajo parámetros óptimos de operación.
- Metodología Investigativa de campo mediante el estudio de los servicios actuales de internet.

#### **1.5. Perfil de la Tesina**

Esta tesina tiene como objetivo diseñar una red utilizando la tecnología ADSL2 para brindar servicios de internet, donde se revisarán conceptos de la tecnología y sus aplicaciones. Para esto se realizará el estudio de una red ya implementada en una empresa de telefonía, en la cual se conocerá en detalle cada una de las partes que conforman esta infraestructura de red, y de qué manera se brinda este servicio a los usuarios finales. En base a esta investigación de campo se resaltarán los posibles cambios necesarios para un funcionamiento eficiente de la tecnología ADSL2 sobre la red de cobre de par trenzado.

En el capítulo 2, se revisará un concepto general de la tecnología DSL, así como el funcionamiento, elementos que conforman la red y los detalles técnicos necesarios para la transmisión de datos, como es la modulación y sus diferentes tipos. Además los conceptos de DSL simétrico y asimétrico con sus variedades de versiones para cada una de éstas.

En el capítulo 3, se enfoca en la tecnología ADSL2, y su evolución a través del tiempo, sus características técnicas, ventajas y desventajas. Además se explican los servicios y aplicaciones que se pueden ofrecer mediante esta tecnología.

En el capítulo 4, se revisará el diseño de la red, para esto tendremos dos fases: en la primera fase realizaremos el reconocimiento de la red de planta externa e interna y en la segunda fase se detallará la red de planta externa y sus elementos en base a la investigación de campo realizada.

Adicionalmente se explicará los conceptos de Telediafonía, Paradiafonía, y los tipos de cable de cobre más usados para esta red.

En el capítulo 5, tendremos los parámetros técnicos para certificar que una red es apropiada para brindar los servicios de xDSL tanto en longitud, parte eléctrica, resistencia, entre otros.

En el capítulo 6, Se dará una descripción en detalle de una propuesta de red en base al estudio realizado, en la cual se muestran las mejoras que se deberán realizar para un mejor desempeño de la tecnología ADSL2.

Finalmente, se darán las conclusiones y recomendaciones de nuestro trabajo.

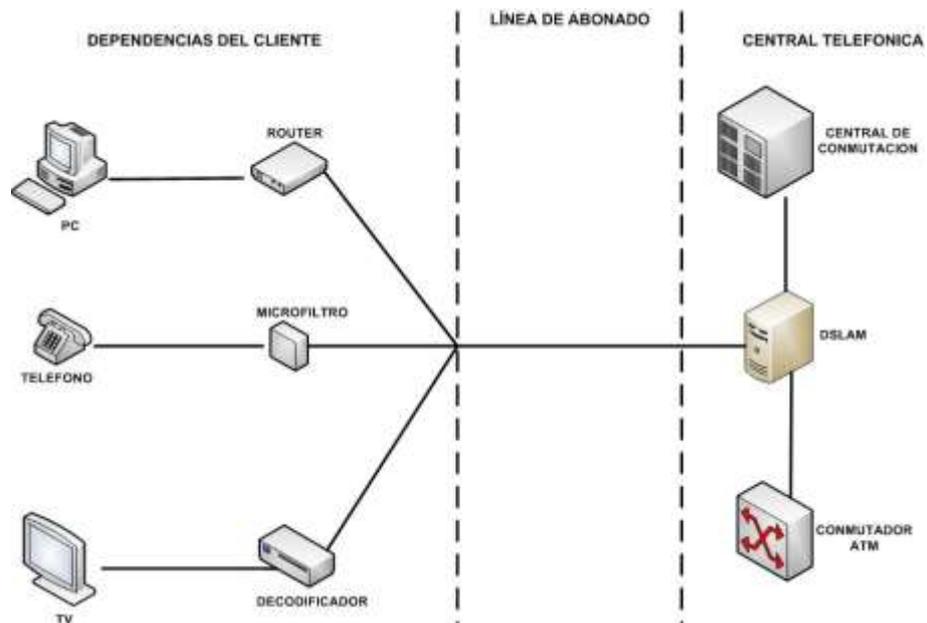
# CAPÍTULO II

## FAMILIAS XDSL

### 2.1. Qué es DSL?

Es una tecnología que proporciona una conexión digital de alta velocidad sobre un cableado de cobre de par trenzado. Este sistema contiene un grupo de elementos conectados entre sí, entre una oficina central y el usuario final. Consiste de dos partes: un dispositivo o modem del lado del suscriptor y un multiplexor en la central telefónica llamado DSLAM.

El módem DSL envía los datos utilizando frecuencias de radio a través del cable de cobre y en el extremo del usuario final el módem multiplexor que convierte ésta señal en datos, de esta manera el paso de la información se la realiza punto a punto estando siempre activa, siendo la red de cobre el medio sobre el cual se implementa esta tecnología.



**Figura 2.1: Elementos de una red xDSL [17]**

## 2.2. Funcionamiento

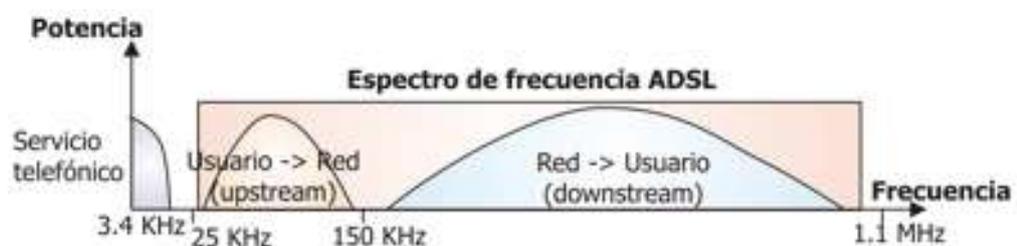
El acceso xDSL se basa en la conversión del cable de cobre en la red de telefonía básica, en una línea digital de alta velocidad, capaz de soportar servicios de banda ancha, así como también el envío simultáneo de voz.

Para esto empleamos tres canales independientes:

- Dos canales de alta velocidad (transmisión y recepción de datos).
- Un canal para transmisión de voz.

Cada uno de estos ocupa una banda de frecuencia diferente, de tal manera que no interfieran entre sí.

El canal de voz se encuentra ubicado entre los 200Hz y los 3.4 KHz que es utilizado para la voz humana y transmitido por medio de banda base, mientras que los canales de datos quedan aproximadamente entre los 24 KHz y los 1.1MHz, que se distribuyen entre los canales de bajada y de subida según la tecnología xDSL que se utilice.



**Figura 2.2: Esquema básico de una red ADSL**

[15]

## 2.3. Tipos de DSL

### 2.3.1. DSL Simétrico

Una tecnología DSL simétrico permite el envío y recepción de datos en proporciones iguales, lo cual es ideal para aplicaciones en tiempo real y de oficina, así como para servicios de videoconferencia.

A continuación mencionaremos los tipos más conocidos de DSL Simétrico:

- **Línea Digital de Abonado Simétrica (SDSL)**

Esta tecnología está basada en la HDSL con la modificación que nos proporciona el mismo rendimiento, salvo que utiliza un solo par trenzado y es muy útil para ser implementada en distancias cortas.

- **Línea Digital de Abonado de alta velocidad (HDSL)**

Fue la primera tecnología DSL que apareció, la cual se desarrolló en los primeros años de la década de los 90. Esta tecnología nos permite dividir el núcleo de la red a través de dos o tres cables de par trenzado, de esta manera podemos transmitir a velocidades de 2 Mbps en ambas direcciones con tres pares trenzados y 1.5 Mbps en ambas direcciones con dos pares trenzados. Una falencia en la transmisión de datos de esta tecnología es que la línea telefónica no estará disponible, lo cual lo hace una tecnología poco eficiente.

- **Línea Digital de Abonado de un solo par de alta velocidad (SHDSL)**

Esta tecnología es el resultado de una combinación de varias tecnologías DSL como son: HDSL, SDSL, HDSL2 con el fin de crear un estándar único que pueda ser reconocido a nivel mundial como el estándar ITU-T G.991.2. Con la tecnología SHDSL se puede

transportar datos sobre un solo par de cobre a una velocidad desde 192 Kbits por segundo hasta los 2.3 Mbits por segundo, a una distancia máxima de 6Km.

- **Línea Digital de Abonado para una Red Digital de Servicios Integrados ( IDSL)**

Es la implementación de la tecnología DSL sobre redes ISDN. Esta nos permite transmitir datos digitales sobre la red de cobre. Una limitante de esta tecnología es que únicamente puede transmitir datos, no es posible transmitir voz.

### **2.3.2. DSL Asimétrico**

La transmisión asimétrica tiene lugar cuando la velocidad de transmisión de datos o información en los canales de carga y descarga es diferente. Es decir, cuando la velocidad de subida de datos es mayor a la velocidad de descarga de información o viceversa.

A continuación mencionaremos los tipos más conocidos de DSL Asimétrico:

- **Línea Digital de Abonado Asimétrica (ADSL)**

Desarrollada originalmente para brindar servicios de televisión a través de la línea telefónica pública. Con el pasar del tiempo esta tecnología ha evolucionado, con lo que se la utilizó también para la transmisión de datos sin interrumpir el servicio telefónico, lo cual lo hace muy eficiente.

- **Línea Digital de Abonado de muy alta tasa de transferencia (VDSL)**

Es la tecnología más rápida de la familia xDSL. Con solo implementar un par trenzado puede alcanzar velocidades de bajada de 13Mbps a 55.2 Mbps y velocidades de subida de 1.5Mbps a 6Mbps o para conexiones simétricas que alcanza velocidades de hasta 34Mbps en ambas direcciones.

- **Línea digital de Abonado de Velocidad Adaptiva (RADSL)**

Esta tecnología similar a la tecnología ADSL tiene una variante, que nos permite realizar una modificación en el ancho de banda de subida, de manera que podamos crear una banda de frecuencia más alta para nuestro tráfico de bajada. Una falencia es que la línea se vuelve más tolerante a errores causados por el ruido y la pérdida de señal.

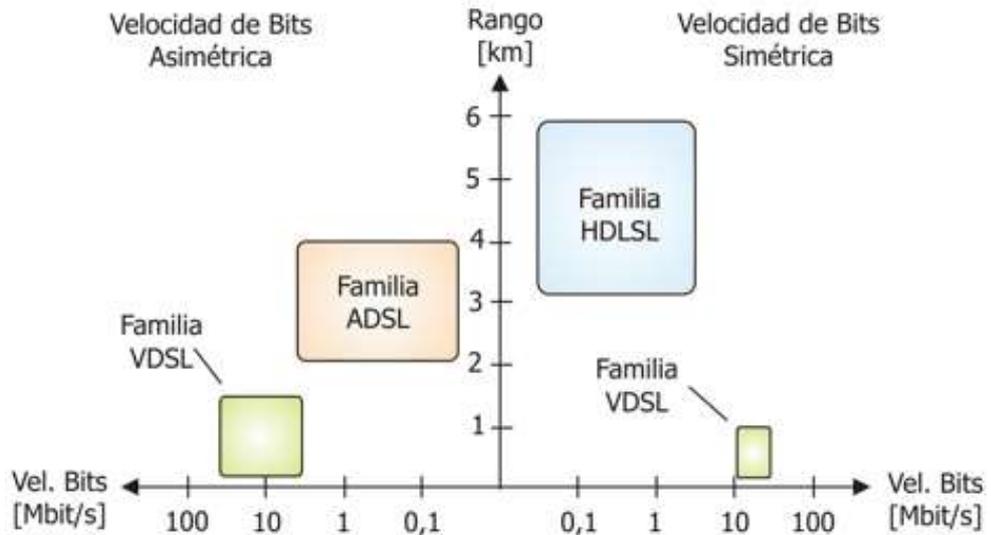


Figura 2.3: Tecnologías xDSL en función de rango y velocidad [15]

#### 2.4. Línea Digital de Abonado Asimétrica versión 2 (ADSL2)



Figura 2.4: Esquema básico de una red ADSL [8]

Esta tecnología nos permite medir la potencia de la señal de ruido que puede estar presente en la línea, así como también la atenuación del bucle de abonado y la relación señal/ruido.

El ADLS2 nos permite reducir el gasto de energía efectuado por los proveedores del servicio, induciendo unos estados de reposo en función de la carga que soporta el dispositivo. Se utiliza dos modalidades de energía: la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI, el primer modo regula la energía en función al tráfico que puede haber en la conexión existente entre el usuario final y el proveedor de servicios. El segundo modo que se realiza es más inmóvil, este se efectúa cuando la conexión no está siendo utilizada por mucho tiempo.

Gracias a la optimización en el uso de los buffers, se ha llegado a conseguir una mayor velocidad de transferencia, la función de estos buffers es almacenar tramas por si se genera alguna congestión, ADSL2 se beneficia del espacio que no se usa en los buffers para adquirir un incremento de hasta 50kbps en velocidad de bajada.

También se puede utilizar el ancho de banda que se encuentra reservado para telefonía y para la transmisión de datos, de esta manera obtener 256 kbps en velocidad de subida.

**Tabla 1: Tabla comparativa de las tecnologías xDSL.**

TIPO DSL	VELOCIDAD TRANSMISION		DISTANCIA		FRECUENCIA OPERACION	ESQUEMA CODIFICACION	#PARES
	DOWNSTREAM	UPSTREAM	LONGITUD DEL PAR	CALIBRE			
ADSL	1.544 Mbps 6.312 Mbps	384 Kbps	4.5Km / 5.5Km	0.4mm/ 0.5mm	1.1 MHz	DMT QAM	1
HDSL	1.544Mbps	1.544Mbps	2.7Km 3.6Km	0.4mm 0.5mm	80-240 KHz	2B1Q	2-3
HDSL2	1.544Mbps	1.544Mbps	2.7Km 3.6Km	0.4mm 0.5mm	80-240 KHz	TC-PAM	1
ISDL	128-144Kbps	128-144Kbps	4.2Km 7.8Km	0.4mm 0.5mm	Hasta 80KHz	2B1Q	1
RADSL	1.544 Mbps 6.312 Mbps 8.448 Mbps	384 Kbps 640 Kbps 768Kbps	4.5Km/5.5Km 2.7Km/3.6Km 2.7Km	0.4mm/0.5mm 0.4mm/0.5mm 0.5mm	Hasta 1.1Mhz	CAP	1
SDSL	1.544 Mbps 768 Kbps 384 Kbps	1.544 Mbps 768 Kbps 384 Kbps	2.8Km/3.4Km 4.1Km/5.6Km 4.9Km.76.9Km	0.4mm/0.5mm 0.4mm/0.5mm 0.4mm/0.5mm	Hasta 440Khz	2B1Q	1
VDSL	12.96 Mbps 25.92 Mbps 51.54 Mbps 25.92 Mbps 12.96 Mbps	1.6-2.3 Mbps 1.6-2.3 Mbps 19.2 Mbps 25.92 Mbps 12.96 Mbps	1500 m 1000 m 300 m 300 m 500 m	0.5 mm 0.5 mm 0.5 mm 0.5 mm 0.5 mm	200 Khz- 30 Mhz	QAM DMT	1
ADSL2	6 Mbps – 8 Mbps	0.8 Mbps – 1.0 Mbps	2 Km	0.65 mm	1.1 Mhz	QAM	1

## **2.5. Modulación**

En un sistema de transmisión, existen tres partes: un transmisor, un canal de comunicación y un receptor. Las características del transmisor y del receptor deben ajustarse a las características del canal.

En la transmisión se dan dos procesos fundamentales: la impresión de la información en la portadora conocida como Modulación, y el proceso de decodificar o recuperar la información conocido como Demodulación.

Los estándares de modulación más conocidos son:

- Modulación por Amplitud de Fase sin portadora (CAP)
- Multi-tono Discreto (DMT)
- Modulación de Amplitud en cuadratura (QAM)

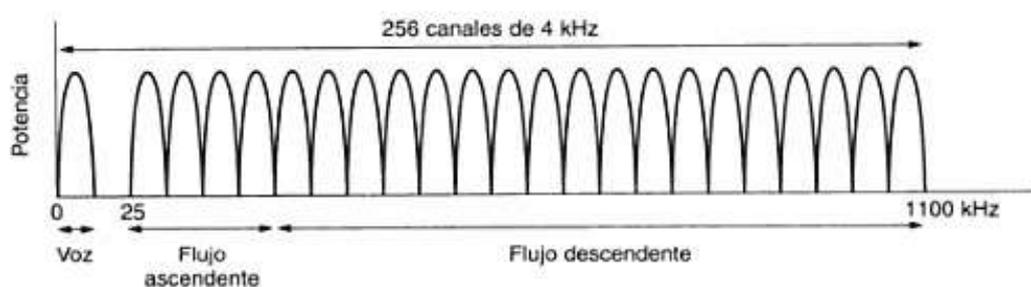
### **2.5.1. Modulación por Amplitud de Fase sin portadora (CAP)**

Esta modulación es una variante de otra tecnología de modulación, la cual nunca fue estandarizada pero fue muy utilizada en los inicios del ADSL y nos permite alcanzar velocidades de hasta 1.5 Mbps. Este sistema envía

una única señal y es muy utilizado para los sistemas de televisión por cable.

### 2.5.2. Multi-tono Discreto (DMT)

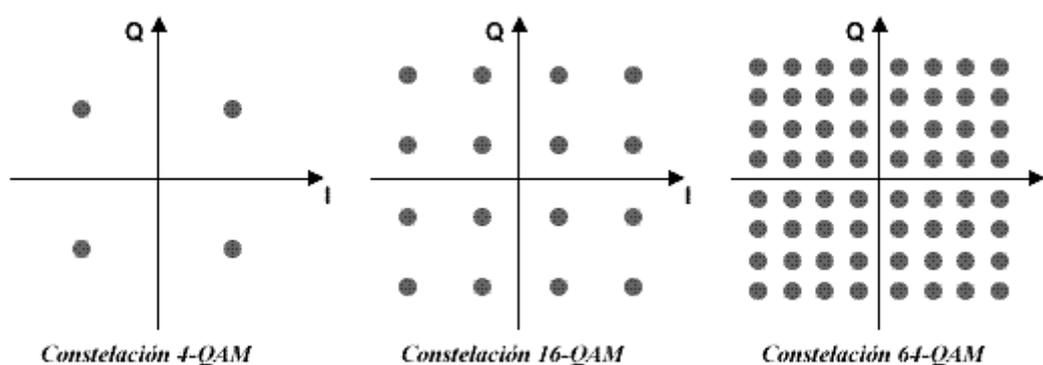
Multi-tono discreto, es una técnica de modulación que divide el espectro disponible de 1.1MHz en 256 canales independientes aprovechables de 4312.5Hz cada uno. El canal 0 se lo utiliza para el POTS. Los canales 1-5 no se utilizan para que las señales de voz y datos no interfieran entre sí. De los 250 canales restantes, se emplea un canal para el control de flujo ascendente y un canal para el control de flujo descendente, los demás canales están a disponibilidad para datos del usuario.



**Figura 2.5: ADSL con Modulación discreta.**

### 2.5.3. Modulación de Amplitud en cuadratura (QAM)

La modulación de amplitud en cuadratura es una forma de modulación utilizado en comunicaciones digitales, que consiste en modular dos portadoras con un desfase de  $90^\circ$ , gracias a esto, se transmite dos señales con la misma frecuencia.



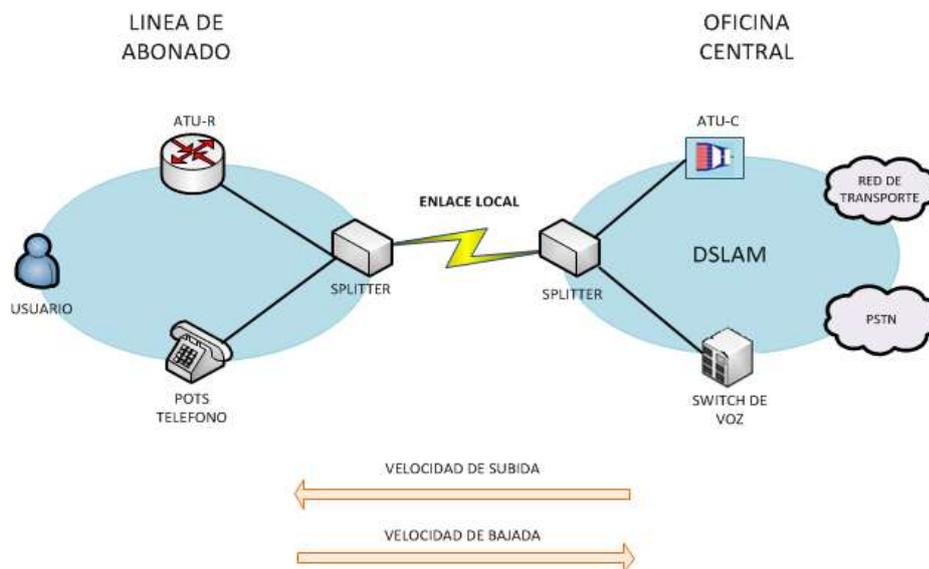
**Figura 2.6: Ejemplos de constelaciones QAM.**  
[16]

## 2.6. Frecuencia

Es una magnitud la cual permite medir el número de repeticiones por unidad de tiempo. La frecuencia es medida en Hercios (Hz), en honor a su mentor Heinrich Rudolf Hertz. Un Hercio es la frecuencia de un fenómeno repetido una vez por segundo.

La modulación por frecuencias es la transmisión de la información a través de una onda portadora variando su frecuencia.

## 2.7. Arquitectura de red xDSL



**Figura 2.7: Arquitectura de una red ADSL2**  
[18]

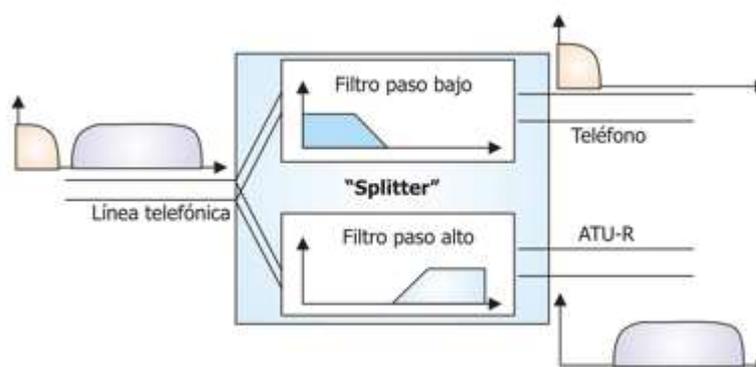
Para que el usuario final pueda recibir de manera simultánea la voz y los datos a través de esta tecnología, es necesario el uso de tres elementos: un modem, un splitter y un DSLAM.

Los servicios de voz y datos viajan dentro del par de cobre en diferentes partes del espectro de frecuencias. Los filtros (del splitter), separarán las frecuencias de la línea para entregar la voz a los dispositivos vocales (teléfono y fax analógico) y los datos al módem ADSL.

### 2.7.1. Modem y Splitter

El módem xDSL Unidad Terminal Remota (ATU-R), como se define al módem en la casa del abonado, toma los datos y los entrega al ordenador o a la red LAN del usuario. En la central un equipo denominado DSLAM separa las frecuencias entregando la parte correspondiente de la voz a la red telefónica tradicional, y los datos a la red de datos o Internet directamente.

Además de los módems situados en casa del usuario (ATU-R o Terminal de unidad remota ADSL) y en la central (ATU-C o Terminal de unidad Central ADSL), se coloca un splitter, conformado por dos filtros (un filtro paso alto y otro paso bajo) que separara los 4 KHz del servicio de voz, de modo que las señales de baja frecuencia (telefonía) vayan separadas de las de alta frecuencia (datos).



**Figura 2.8: Funcionamiento del Splitter**  
[16]

### **2.7.2. Multiplexor de Línea de Acceso de Abonado Digital (DSLAM)**

Las tecnologías xDSL siempre han de necesitar un par de módems por cada abonado: un ATU-R o en la parte del usuario y otro ATU-C, que en la actualidad vienen incorporados en los equipos de la central telefónica. Como consecuencia del elevado número de usuarios a los que brinda servicio esta tecnología, dar mantenimiento a los equipos se complica debido al acceso a las centrales telefónicas.

Para solucionarlo surge el DSLAM, que concentra el tráfico de todos los enlaces xDSL hacia una red WAN y que se trata de un chasis que agrupa un gran número de tarjetas, y cada una de estas consta de varios módems ATU-C.

## **CAPÍTULO III**

### **Ventajas y desventajas de ADSL2**

#### **3.1. Evolución del ADSL: ADSL2 y ADSL2+**

ADSL2 y ADSL2+ son tecnologías que ofrecen mayores tasas de transferencia que las proporcionadas por el ADSL, a través de la misma infraestructura telefónica de par de cobre. Es posible ya que aumentan la frecuencia sobre la que trabajan (1,1 MHz en el caso del ADSL2 y a 2,2 MHz en el ADSL2+). Con el incremento del ancho de banda, este estándar contempla mejoras en la implementación como son la supervisión de la conexión y la calidad de servicio de los servicios ofrecidos.

Las nuevas generaciones mejoran también la inicialización del módem y el funcionamiento de la línea a la vez que reduce el tamaño de las tramas a 4 Kbps, comparado con los 32 Kbps del ADSL estándar, facilitando el

despliegue de los datos. Además incorporan una capa adicional de corrección de errores, mejorando la tasa de información que circula por la capa física. Las compañías pueden supervisar en tiempo real el funcionamiento de la conexión.

**Tabla 2: Características técnicas del ADSL, ADSL2 y ADSL2+.**

	<b>ADSL</b>	<b>ADSL2</b>	<b>ADSL2+</b>
<b>Frecuencia</b>	0,5 MHz	1,1 MHz	2,2 MHz
<b>Velocidad Máx. Subida</b>	1 Mbps	1 Mbps	1,2 Mbps
<b>Velocidad Máx. Bajada</b>	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
<b>Distancia</b>	2 km	2,5 km	2,5 km
<b>Tiempo Sincronización</b>	10-30 seg aprox.	3 seg aprox.	3 seg aprox.
<b>Corrección de Errores</b>	No	Sí	Sí

A nivel de transmisión de datos, las redes de comunicaciones en general tienen ventajas que son esenciales para su propia implementación, y desventajas que ayudan a mantener alertas a los operadores de red, que siempre buscan soluciones que permitan el óptimo funcionamiento de la red.

Se deben considerar varios parámetros para determinar si existen ventajas y desventajas entre las redes xDSL, una de las más relevantes es la distancia entre la oficina central y el abonado o usuario final. De acuerdo a las características de las diferentes tecnologías de comunicación de datos sobre par de cobre, para disfrutar de la máxima velocidad de transmisión es necesario que la distancia entre la central y el usuario sea menor a 1.5Km.

### **3.1.1. Ventajas**

- Brinda diferentes servicios conectados a una misma línea: videoconferencia, servicios de voz IP, internet, juegos en red.
- Gran velocidad en la transferencia de datos.
- Eficiencia en la corrección de errores en la línea. Las compañías que brindan este servicio pueden llevar permanente supervisión en tiempo real del funcionamiento de la conexión para evitar posibles fallas.
- Reduce el Over-head por frame de 32 Kbps fijos para ADSL a 4 Kbps para ADSL2 para data rate bajos.
- Reduce el consumo de energía en los módems.
- Implementa Calidad de Servicio.

### **3.1.2. Desventajas**

- Es necesario una línea telefónica para su funcionamiento.
- No todo el cableado de línea telefónica actual puede ofrecer este servicio, debido a que las exigencias de calidad del par de cobre para el uso de esta tecnología, tanto de ruido como de atenuación, por distancia a la central, son más estrictas para el servicio de telefonía básica.

### **3.1.3 Aplicaciones y servicios**

Las principales áreas de aplicación de la tecnología xDSL son:

- Teleconmutación, videoconferencia y acceso a servicios corporativos.
- Vídeo Interactivo, entretenimiento bajo demanda, películas/vídeo bajo demanda, vídeo en tiempo real, catálogos de vídeo, TV interactiva.
- Servicios profesionales remotos: Telemedicina
- Compras desde casa: catálogos en línea, competencia multi-fabricante e informes al consumidor.
- Juegos: multimedia interactiva, juegos residenciales de único jugador, juegos residenciales de múltiples jugadores, juegos de TV.

- Aprendizaje en línea: lecciones de música, laboratorios virtuales, libros electrónicos y reentrenamiento vocacional.

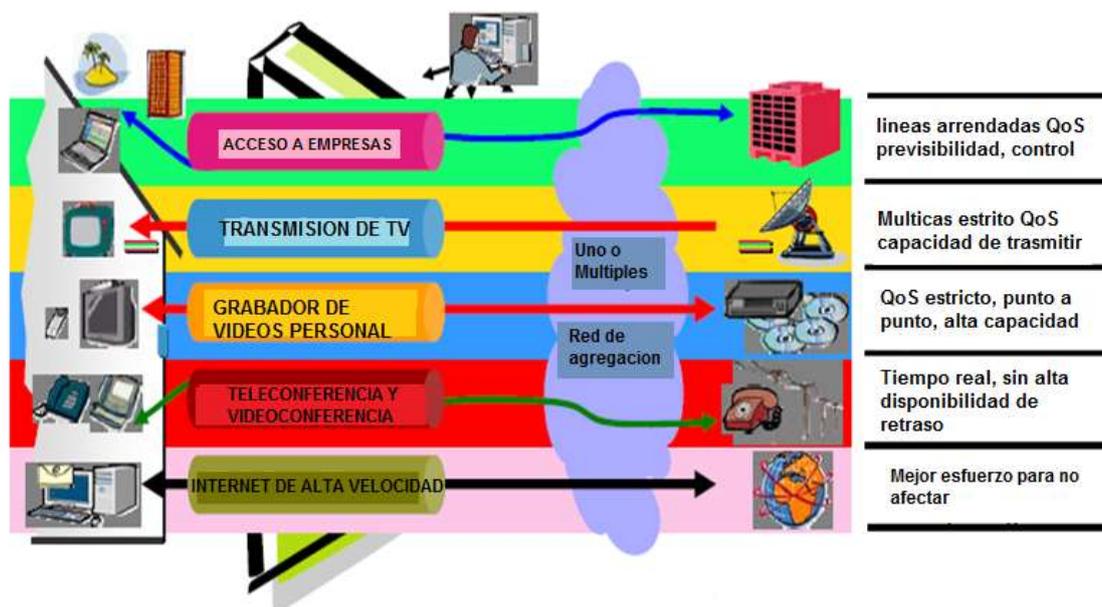


Figura 3.9: Aplicaciones y servicios de xDSL [8]

## **CAPITULO IV**

### **ESTUDIO DE LA RED**

#### **4.1. Primera Fase: Reconocimiento de Red de Planta Interna y Externa.**

Las compañías telefónicas que suministran los servicios de voz y datos generalmente tienen un departamento denominado Red de Accesos, que contiene dos áreas que tradicionalmente se conocen como planta interna y planta externa.

En nuestro estudio a una de las compañías que brindan este servicio a los usuarios domésticos, recibimos una breve descripción de su planta interna, la cual se relaciona con la central telefónica, equipos de energía, equipos de la red de transporte, equipo multiplexor de datos, a la cual por estrictas normas de seguridad empresarial únicamente tiene acceso personal técnico autorizado.

Posterior a la descripción de la planta interna, realizamos el reconocimiento de su planta externa en conjunto con personal de campo especializado para la ejecución del mantenimiento de esta parte de la red. Se conoce que la planta externa, identificada como el medio de transmisión que conecta a la central telefónica con el usuario final del servicio, para el caso de la telefonía convencional o voz utiliza conductores de cobre o hilos para transportar la señal.

Como hemos explicado en capítulos anteriores, es posible entregar servicios de internet a altas velocidades de transmisión, donde el personal técnico instala al usuario final un modem, el cual se comunica con el DSLAM ubicado en la central telefónica, utilizando la red de planta externa ya existente.

Para las aplicaciones de transmisiones de datos utilizando xDSL es importante conocer la estructura y característica de la red de planta externa, con la finalidad de poder medirla y diagnosticarla, ya que el estado de la red determinará la distancia y velocidad de operación, por lo cual basamos nuestro estudio sobre la infraestructura de red de esta empresa.

#### **4.2. Segunda Fase: Estudio de la Red de planta externa.**

Iniciamos el estudio de la planta externa con el reconocimiento de su MDF, que es aquella área que se encuentra en la central telefónica y que conecta a ésta con el cableado de cobre externo. En este lugar se ubica una estructura metálica, donde se encuentran instaladas regletas o puntos de interconexión.

Las regletas de cable multipar donde se interconectan las señales provenientes de la central telefónica son conocidas usualmente como regletas horizontales, y las regletas verticales son las que se interconectan con los cables multipares de alta capacidad que salen de la central hacia los usuarios finales de los servicios.

Para establecer una comunicación con el usuario se logra mediante una conexión entre un punto de contacto de una regleta vertical a otro punto de contacto de una regleta horizontal utilizando un par de cobre trenzado conocido como cable puente o cruzada.

Existen otras regletas identificadas como POTS y LINE que se utilizan en sistemas xDSL, la regleta POTS recibe la señal proveniente de la regleta horizontal en la cual viene la señal de telefonía y se interconecta al Splitter, la regleta LINE se interconecta al Splitter y recibe la señal de voz y datos proveniente del DSLAM, la cual se conecta a la regleta vertical para llevar al usuario final la señal de voz y datos, la mezcla de las dos señales se lleva a cabo en el Splitter. La sala de datos se ubica en la central de telecomunicaciones y es donde se encuentran los equipos activos como el DSLAM.

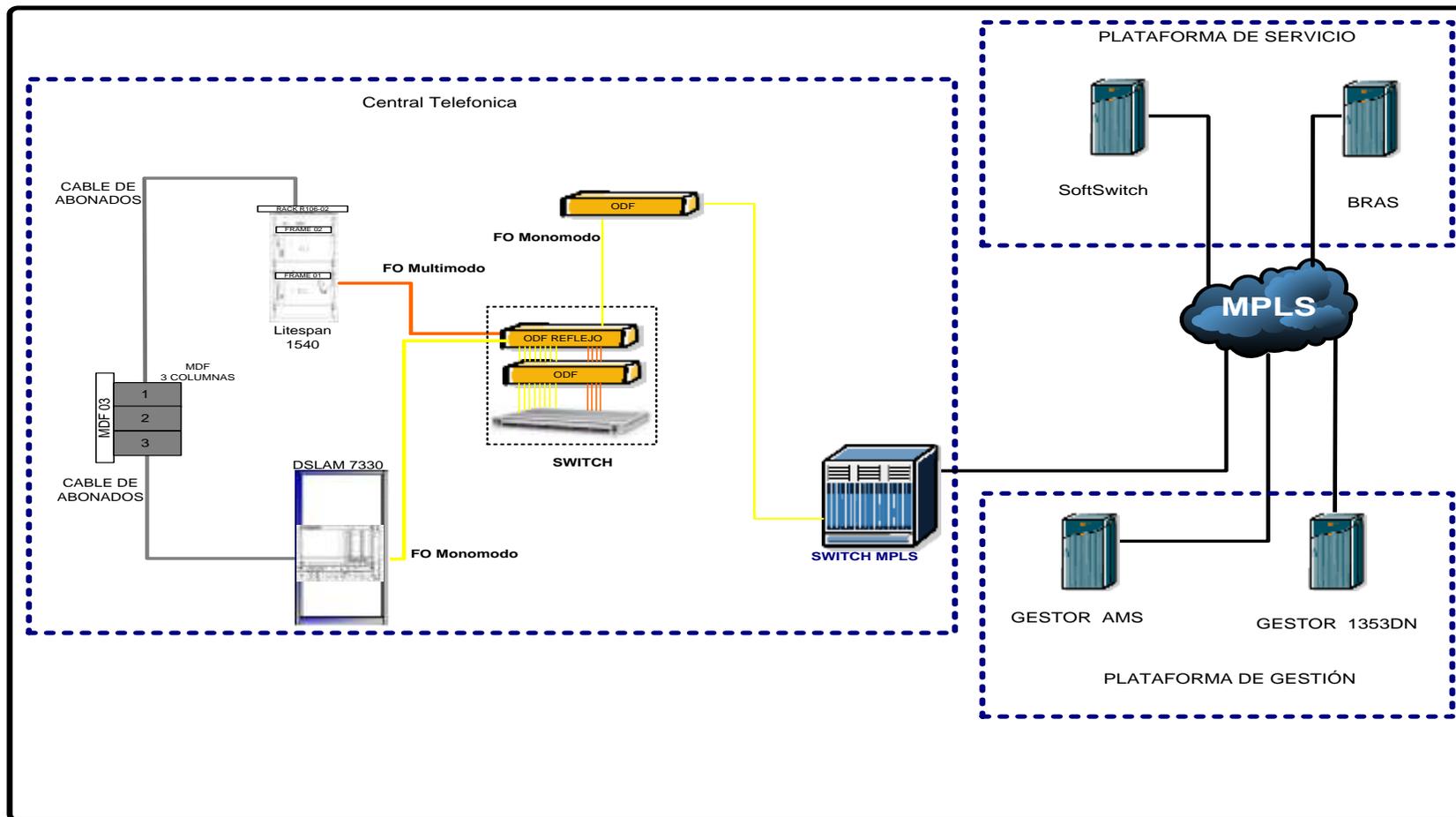


Figura 4.10: Topología de conexión de red  
[18]

Posteriormente, ubicamos la salida de los cables multipares del MDF, que se realiza a través de lo que se conoce como botellas, en este lugar es donde se realizan los empalmes de cable multipar flexible provenientes del MDF con cable multipar que viene del exterior, y esta unión de cables o empalme es protegido con encapsuladores con cierre.



**Figura 4.11: Encapsuladores para Cables Telefónicos [19]**

En la sala de botellas el cable multipar está listo para salir de la central telefónica, utilizando para esto canalización, pozos, postes de metal o madera, dependiendo el diseño de la red de planta externa, se pueden utilizar armarios de distribución y cajas terminales para la distribución de señal hasta el abonado o usuario final del servicio. En nuestro caso en particular, observamos que el personal de campo realiza el tendido del cableado bajo tierra a través de pozos hasta los armarios de distribución.



**Figura 4.12: Construcción de red de planta externa  
[20]**



**Figura 4.13: Construcción de un pozo de entrada a la central  
[21]**

#### 4.2.1. Red de Distribución

La línea de abonado está formada por un circuito de dos hilos al que se conoce como par, y se resume en la interconexión entre el MDF y el equipo del cliente.



**Figura 4.14: Marco de Distribución Principal (MDF)  
[22]**

En el proceso de reconocimiento de las partes de la red de cobre, observamos que el par de cobre que recorre el camino desde la central telefónica al usuario final, es un cable multipar debidamente rotulado, el cual llega a un punto de distribución, más conocido como armario, lugar donde se divide la red primaria con la red secundaria, y ésta a su vez es la que se conecta a la caja terminal, que es el punto de conexión más cercano al cliente donde se realizará la acometida final (también conocido como bucle de abonado) para brindar el servicio.

Los cables multipares pueden ser aéreos o subterráneos, escogerlos depende de factores técnicos y económicos.

#### **4.2.2. Red primaria**

Realizamos el reconocimiento de la red primaria, la cual se conecta a la regleta vertical del MDF y a la regleta del armario de distribución que está conformada por un cable multipar que recibe el nombre de cable primario.

La capacidad de estos cables varía en el rango de 100 a 2400 pares, en múltiplos de 100 y en su mayoría se instalan de forma subterránea como es el caso de nuestra red en estudio. Por lo general se utilizan cables con calibre 0.4 milímetros (26 AWG).



**Figura 4.15: Armario de distribución  
[23]**

Pudimos observar que debido al grosor de los cables empleados por el personal técnico, es necesario que las canalizaciones sean las adecuadas tanto en diámetro como en número suficiente de vías disponibles y los pozos permitan el montaje adecuado de cables. Este tipo de canalización recibe el nombre de canalizaciones primarias.

#### **4.2.3. Red secundaria**

Continuando con el estudio, encontramos la parte de la red de planta externa conocida como Red Secundaria, que es la red que conecta la regleta del armario del par secundario con la caja terminal, los cables que la forman reciben el nombre de cables secundarios.

Uno de los datos proporcionados por el personal técnico de campo especializado en este tipo de cableado, explica que la capacidad de estos cables varía en el rango de 10 a 300 pares, en múltiplos de 10 y se pueden instalar en forma subterránea. Por lo general se utilizan conductores de diámetro comprendido entre 0.4 milímetros y 0.6 milímetros (26 AWG y 22 AWG, respectivamente).



**Figura 4.16: Caja de dispersión  
[24]**

#### **4.2.4. Línea de abonado**

Finalmente, identificamos la línea de abonado que está compuesta por un par de conductores de diámetro entre los 0,6 milímetros y 1 milímetro (22 AWG y 18 AWG, respectivamente), los cuales se utilizan para conectar la caja terminal con el equipo del usuario final, la longitud de la línea varía entre 100 y 500 metros.

### **4.3 Paradiafonía (NEXT) y Telediafonía (FEXT)**

#### **4.3.1 Diafonía (Crosstalk)**

Se produce cuando parte de las señales presentes en uno de ellos, considerado perturbador, aparece en el otro, considerado perturbado. La diafonía, en el caso de cables de pares trenzados se presenta generalmente debido a acoplamientos magnéticos entre los elementos que componen los circuitos perturbador y perturbado o como consecuencia de desequilibrios de admitancia entre los hilos de ambos circuitos

##### **4.3.1.1 Diafonía de extremo cercano (NEXT)**

La Diafonía de extremo cercano o paradiafonía es la relación entre la señal diafónica y la amplitud de voltaje de la señal de prueba, la cual es medida en el mismo extremo del enlace y el resultado nos da un valor negativo en dB. Mientras más bajos sean los valores indicarán que en la señal existe mayor ruido.

El NEXT es medido en cada par, a partir de ambos extremos del enlace. Para disminuir los tiempos de prueba, existen varios instrumentos para

probar enlaces, con los que permite que el usuario realice pruebas de desempeño, utilizando un intervalo de alta frecuencia, mayor al especificado en el estándar TIA/EIA. El resultado de estas mediciones podría ser que no cumplan con la norma TIA/EIA-568-B y como consecuencia obvien fallas en el enlace.

Un método para bloquear el efecto NEXT en los cables de cobre de par trenzado de las redes xDSL, es el duplexado por división de frecuencia que consiste en tener bandas distintas en cada extremo para recepción y transmisión.

#### **4.3.1.2 Diafonía de extremo lejano (FEXT)**

La telediafonía o FEXT, es el ruido de diafonía que se produce cuando el receptor en un par perturbado está localizado en el otro extremo del cable que el transmisor del par perturbador. Este tipo de diafonía hace referencia a la atenuación de la señal. El ruido ocasionado por la telediafonía al igual que la paradiafonía regresa a la fuente, con la diferencia de que se va

atenuando durante el recorrido, por lo cual la teledifusión no es considerada un problema significativo.

#### 4.4. Calibres de cable más usados

En las redes ADSL2, al ser un servicio asimétrico, se obtiene un caudal superior en un sentido en comparación con el contrario. En el sentido descendente, es decir, del proveedor hacia el usuario, se pueden obtener caudales de 2 a 12 Mbps; y en sentido ascendente (del usuario al proveedor) el caudal suele oscilar entre 200 Kbps y 1 Mbps. La capacidad máxima de las tecnologías xDSL depende netamente de la distancia y de la calidad del cable utilizado en el bucle de abonado, para esto tomamos como referencia el calibre del cable y el número de empalmes principalmente.

**Tabla 3: Tabla comparativa para cables de cobre más comunes en ADSL.**

Caudal descendente( Mbps)	Calibre (mm)	Alcance (Km)
2	0.5	5.5
2	0.4	4.6
6.1	0.5	3.7
6.1	0.4	2.7

## 4.5 Capacidad de cable multipar

Los cables multipares utilizados para redes telefónicas y de datos son aquellos que están formados por un gran número de pares de cobre, por lo general son múltiplos de 25. Estos cables multipares tienen una capacidad de 25, 50, 125, 250 hasta 3600 pares en un único cable físico.

### 4.5.1. Cable multipar de Telefonía interior

Este tipo de cable es utilizado para la implementación de cableados para telefonía de uso interno para centrales telefónica. Consiste en un cable de conductores de cobre sólido estañado, aislados en PVC, pareados y reunidos con cinta poliéster.



**Figura 4.17: Cable Multipar de Telefonía interior.**

Dispone de un blindaje de cinta de aluminio lo cual minimiza las interferencias que ocasionan otros sistemas. Otras de sus características

son un conductor de drenaje estañado, cubierta externa de PVC, no propagante de llama y auto extingible y un calibre de cable de 0.51 milímetros. Este tipo de cables es fácilmente identificado por su cubierta externa color Marfil, Blanco o gris.

**Tabla 4: Tabla de identificación de pares – Cable de Telefonía interior.**

PAR N°		COLORES
1	BLANCO	AZUL
2		NARANJA
3		VERDE
4		MARRON
5		GRIS
6	ROJO	AZUL
7		NARANJA
8		VERDE
9		MARRON
10		GRIS
11	NEGRO	AZUL
12		NARANJA
13		VERDE
14		MARRON
15		GRIS
16	AMARILLO	AZUL
17		NARANJA
18		VERDE
19		MARRON
20		GRIS
21	VIOLETA	AZUL
22		NARANJA
23		VERDE
24		MARRON
25		GRIS
26	CELESTE	AZUL
27		NARANJA
28		VERDE
29		MARRON
30		GRIS

#### 4.5.2. Cable multipar de Telefonía plano para instalación interior.



**Figura 4.18: Cable de Telefonía plano para instalación interior.**

Este tipo de cable se implementa en las instalaciones telefónicas internas. Consiste en un cable de Cobre extra-flexible sin estañar con aislamiento de Polietileno de media densidad, conductores paralelos y cubierta externa de PVC con perfil plano. Se lo identifica por su color de cubierta Marfil, gris, blanco o negro.

**Tabla 5: Código de colores – Cable de Telefonía plano**

Conductor Nº	Color
2	VERDE – ROJO
4	VERDE-ROJO-NEGRO-AMARILLO
6	VERDE-ROJO-NEGRO-AMARILLO-AZUL
8	VERDE-ROJO-NEGRO-AMARILLO-AZUL-GRIS-MARRON

# **CAPÍTULO V**

## **MEDICIÓN DE PARÁMETROS PARA**

### **REDES XDSL**

#### **5.1 Descripción**

Las mediciones son parte del proceso de certificación del par de cobre, dependiendo de los resultados, este será utilizado para brindar los servicios requeridos por el usuario final, sea este residencial o empresarial, en caso de que no se encuentre en los rangos permitidos, esto debe ser notificado al área correspondiente para su correctivo necesario y proceder nuevamente con las pruebas necesarias.

## 5.2 Medición del par de cobre

Las mediciones se realizan para verificar el desempeño entre el modem del usuario o CPE y el DSLAM, debido a que el ancho de banda máximo permitido a utilizar para circuitos ADSL2 es de 1,1 MHz.

Se realizan dos grupos de mediciones básicas para garantizar que el par de cobre sea apto para dar servicios de ADSL2:

- Medición de parámetros eléctricos
- Medición a nivel de transmisión de datos

Nos enfocaremos en el primer grupo de mediciones, del cual dependerá el segundo grupo, ya que si no hay condiciones eléctricas aceptables, no tendremos velocidades de operación y desempeño aceptables, y eso da como resultado una buena o mala calidad de servicio que recibirá el abonado.

### **5.3 Medición de parámetros eléctricos del par de cobre**

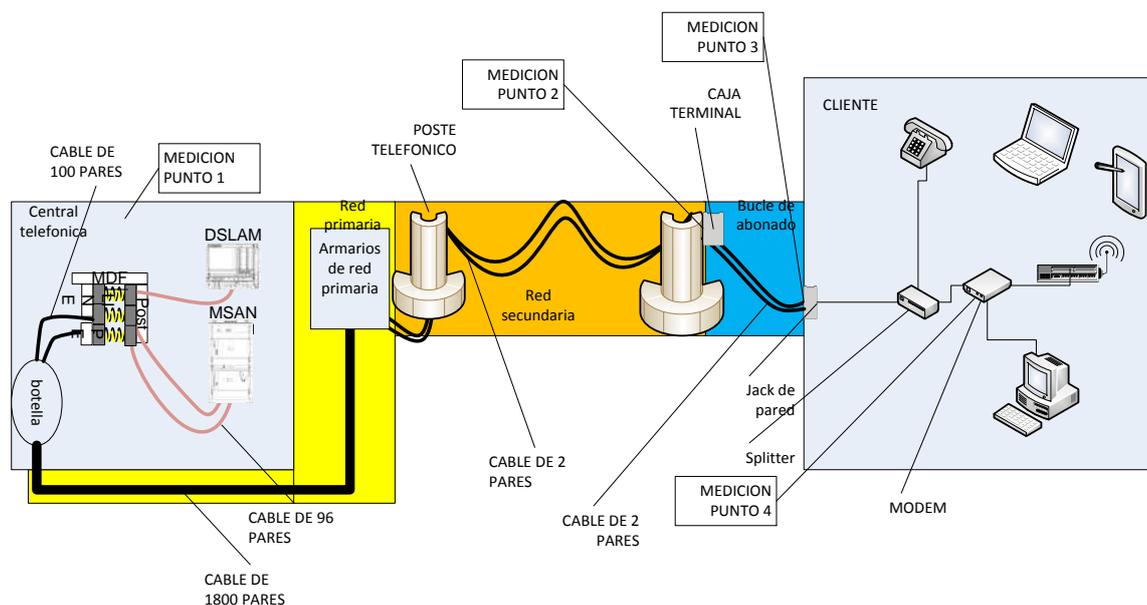
Se indicará la forma de realizar las mediciones, indicando los equipos a utilizar y la forma de conexión en base a la investigación de campo y mejores prácticas.

#### **5.3.1. Puntos de medición**

Los puntos a realizar las mediciones serán realizadas con la ayuda de figura 5.19, donde se puede apreciar un diagrama de conexión general desde la central telefónica hasta el abonado.

Los puntos de medición son los siguientes:

- Medición de parámetros eléctricos
  - Central telefónica (punto de medición 1)
  - Caja terminal (punto de medición 2)
  - Jack o roseta del cliente (punto de medición 3)
  
- Medición a nivel de transmisión de datos
  - Modem del cliente (punto de medición 4)



**Figura 5.19: Diagrama de mediciones**

[18]

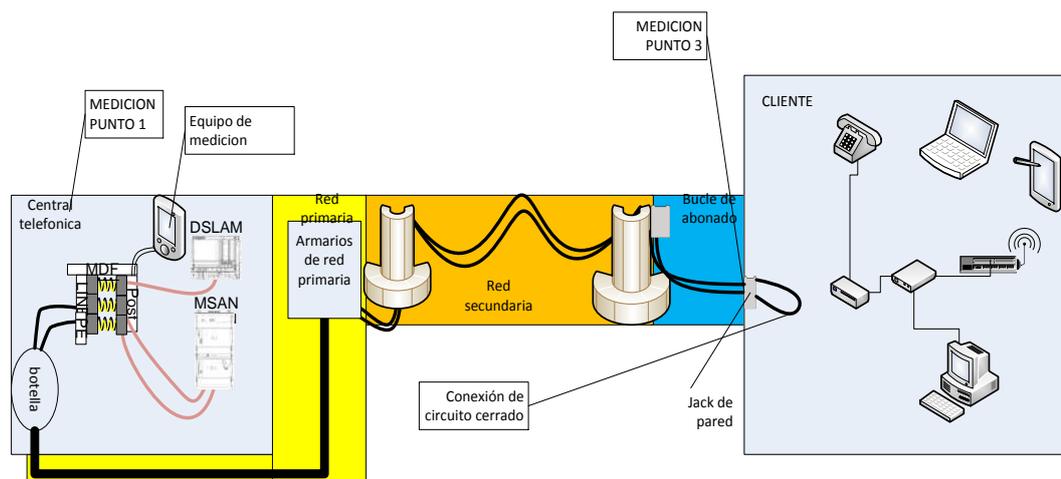
Se realizan las mediciones en estos cuatro puntos, debido a que el 95% de las fallas en cables telefónicos se presentan en los puntos de acceso (MDF, Empalmes, Armarios y cajas terminales); y el otro 5% se ubican en los tramos de interconexión

### 5.3.2. Resistencia en el par de cobre

Con esta medición se puede comprobar la continuidad en el par de cobre en base a la distancia entre la central y el abonado, para comprobar si el valor de resistencia corresponde a su longitud.

Se realiza de la siguiente manera:

- Desde el punto 1 hacia el punto 3
- En el punto 1 colocamos el equipo de medición
- En el punto 3 los deben estar hilos estar en circuito cerrado.



**Figura 5.20: Medición de resistencia en un par de cobre [18]**

Los valores típicos en una línea de 3.5km de longitud con un calibre AWG 26 pueden llegar a ser  $969.5\Omega$  aproximadamente dependiendo de la temperatura, considerando que el tramo es netamente de calibre AWG 26.

Tendremos el caso más usual donde se utilizan varios calibres de cables multipar donde se deberán sumar algebraicamente los valores para tener la resistencia del bucle.

**Tabla 6: Resistencias del lazo a 20°C**

Calibre en AWG	Diámetro (mm)	Resistencia ( $\Omega$ /Km)
26	0.5	277
24	0.4	170
22	0.5	108
19	0.4	53.5

### 5.3.3. Aislamiento en el par de cobre

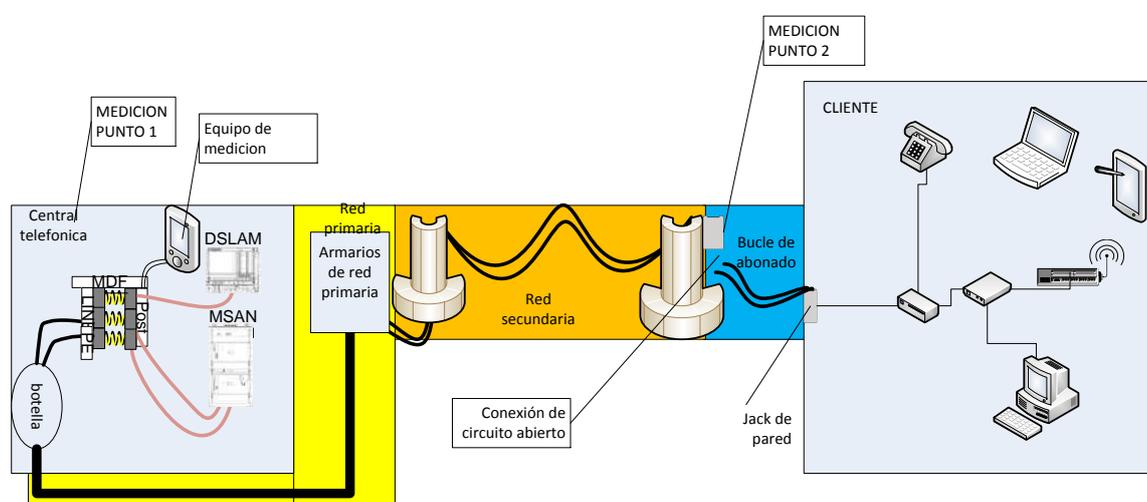
Es el material con el cual están revestidos los conductores eléctricos, es de esperarse que esta valor sea lo más alto posible ( $M\Omega$ ), ya que lo no deseado es que circulen corrientes parasitas entre un hilo y otro y entre el apantallamiento que tienen los cables

**Tabla 7: Ejemplo de aislamiento de cables**

Tipo	Aislamiento	Calibre (AWG)	Resistencia de aislamiento ( $M\Omega$ )
Acometida Aérea	Polietileno	22	5000 $M\Omega$ -Km
Subterráneo	Polietileno celular con capa externa solida	22,24,26	1600 $M\Omega$ -Km
Acometida Aérea	PVC	18	121 $M\Omega$ -Km
Auto soportados	Solido de polieolefina	22,24,26	5000 $M\Omega$ -Km

Se realiza de la siguiente manera:

- Desde el punto1 hacia el punto 2 o desde el armario hacia los puntos 1 y 2
- En el punto 1 colocamos el equipo de medición
- En el punto 2 los hilos deben estar en circuito abierto



**Figura 5.21: Medición de aislamiento en un par de cobre [18]**

Como podemos observar en la tabla 7, el valor dependerá del material dieléctrico con que cubran a los conductores de cobre. Consultando a técnicos en nuestra investigación de campo, en la tabla 8 se resume los valores de aislamiento.

**Tabla 8: Valores de aislamiento de un par de cobre**

<b>Resistencia de aislamiento (M<math>\Omega</math>)</b>	<b>Estado</b>
Menor a 200	Mal aislamiento
Entre 400 y 200	Bajo aislamiento
Mayor a 400	Aceptable

Cuando se tiene un bajo o mal aislamiento puede ser causado debido a:

- Cables dañados
- Humedad o agua en el cable
- Empalmes mal realizados y no sellados adecuadamente

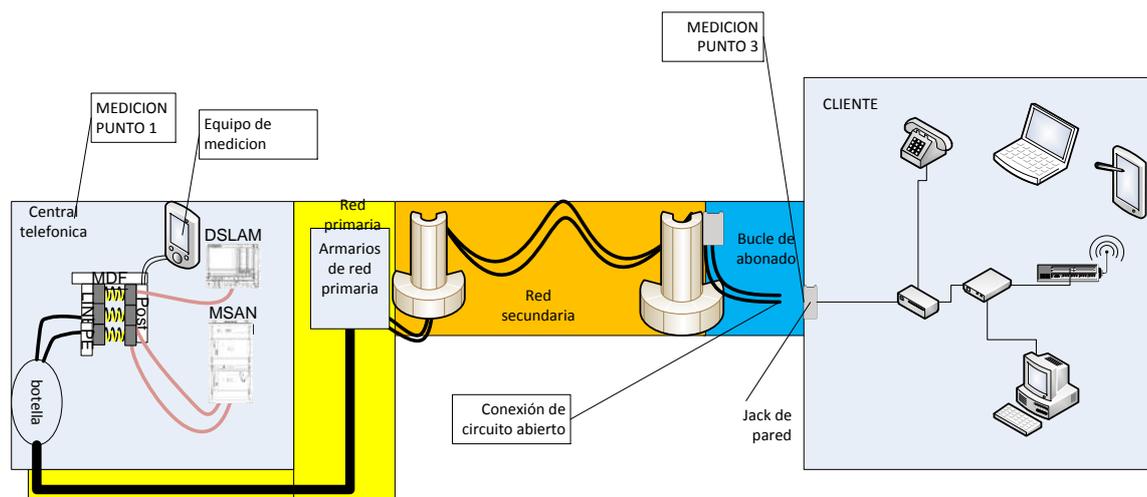
Cabe mencionar que para esta medición se utiliza un instrumento llamado Megger, que es un medidor de resistencia de alto rango con un generador de corriente incorporado y bobinas de voltaje. El voltaje más usado para esta medición va desde los 100 Vdc, 250 Vdc y 500Vdc.

#### **5.3.4. Longitud de línea en el par de cobre**

Con la longitud de línea del par de cobre determinamos el alcance de la tecnología ADSL2, debido a la atenuación que puede sufrir la señal

Se realiza de la siguiente manera:

- Desde el punto 1 hacia el punto 3
- En el punto 1 colocamos el equipo de medición
- En el punto 2 los hilos deben estar en circuito abierto



**Figura 5.22: Medición de longitud de línea en un par de cobre [18]**

El equipo de medición a utilizar es el TDR (Reflectómetro de dominio temporal). Con esta medición en conjunto con los planos de diseño de las rutas de distribución es más fácil detectar cortes en las líneas al momento de hacer un trabajo de reparación

### **5.3.5. Capacitancia en el par de cobre**

El valor de este efecto eléctrico depende del tipo de material que exista entre los pares de cobre, de la distancia entre pares de cobre, calibre y longitud.

Para un par telefónico, se supone un valor constante  $C= 52,5 \times 10^{-9}$  [F/m], independientemente de la longitud de línea.

Tomando como referencia la figura 5.25, se realiza de la siguiente manera

- Desde el punto 1 hacia el punto 3
- En el punto 1 colocamos el equipo de medición
- En el punto 2 los hilos deben estar en circuito abierto

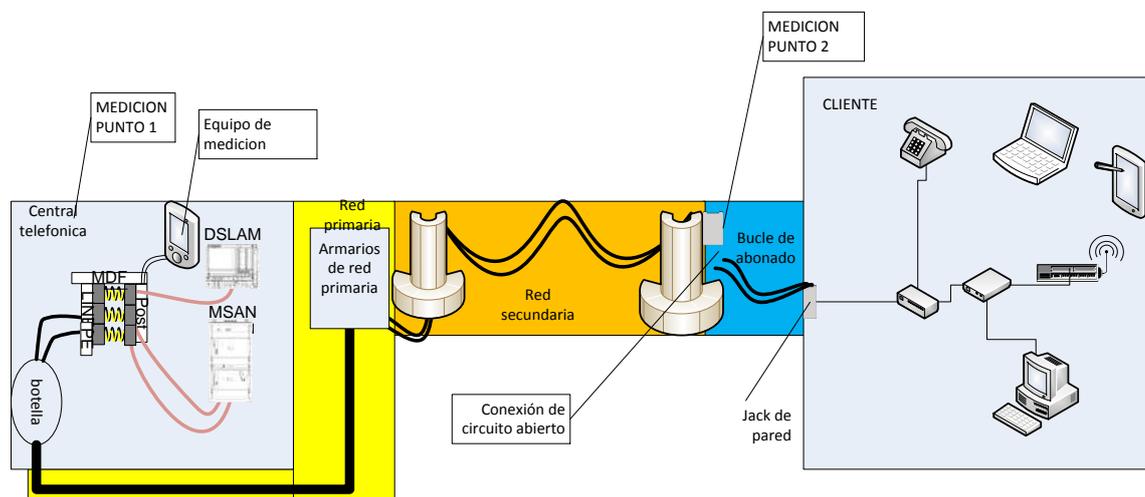
### **5.3.6. Balance longitudinal en el par de cobre**

Los Hilos a y b o “Tip” y “Ring” son los encargados del envío y recepción de señales. La relación de las sumas de las impedancias: capacitiva, resistiva e inductiva con referencia a tierra son características longitudinales.

Por lo general el par de cobre está instalado en los postes de electricidad lo cual ocasiona interferencias y a su vez inducen un corriente longitudinalmente en el par, lo cual es protegido en las regletas de planta externa con fusibles de sobre voltaje y sobre corriente, para evitar daños en los equipos en la central telefónica.

Se realiza de la siguiente manera:

- Desde el punto 1 hacia el punto 2
- En el punto 1 colocamos el equipo de medición de la siguiente forma:
  - Una punta de prueba al hilo a o TIP
  - Una punta de prueba al hilo b o RING
  - Una punta de prueba a tierra
- En el punto 2 los hilos deben estar en circuito abierto



**Figura 5.23: Medición de balance longitudinal en un par de cobre [18]**

Según la norma ANSI T1.413 los valores de balance longitudinal para circuitos DSL son en el orden de los 40 dB o mayores, en la tabla 9 se muestran los valores obtenidos en nuestra investigación de campo.

**Tabla 9: Valores de balance longitudinal de un par de cobre**

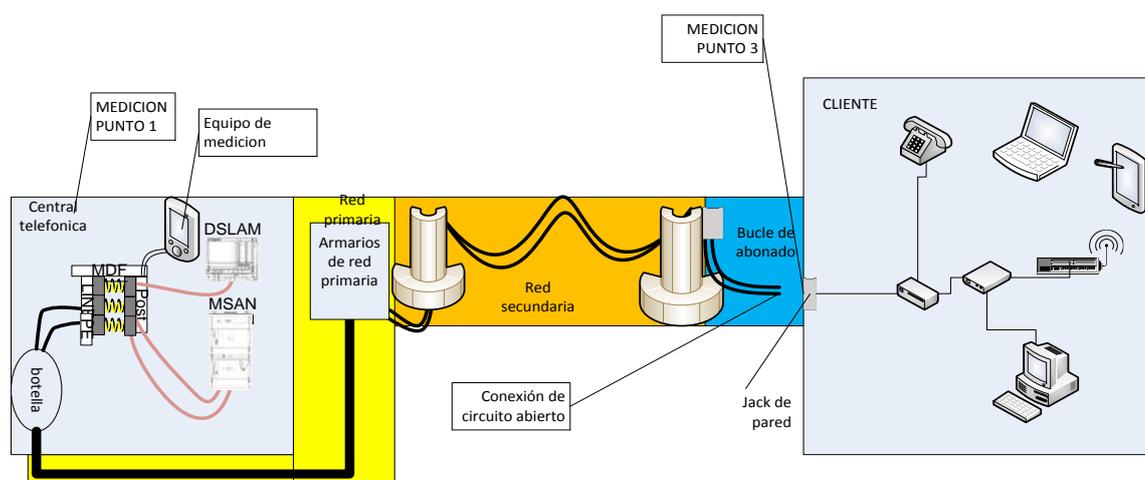
<b>Balance Longitudinal (dB)</b>	<b>Estado</b>
Menor a 40	Bajo
Entre 40 y 50	Aceptable
Mayor a 50	Optimo

### **5.3.7. Voltaje AC y DC en el par de cobre**

Las mediciones de voltaje tanto en AC como en DC en un par de cobre, son las primeras pruebas que se realizan en la resolución de problemas con ruido en la línea.

Se realiza de la siguiente manera:

- Desde el punto 1 hacia el punto 2
- En el punto 1 colocamos el equipo de medición de la siguiente forma:
  - Puntas de prueba tanto entre el hilo a e hilo b
  - Una punta de prueba al hilo a o TIP y la otra punta a tierra
  - Una punta de prueba al hilo b o RING y la otra punta a tierra
- En el punto 2 los hilos deben estar en circuito abierto



**Figura 5.24: Medición de voltajes AC y DC en un par de cobre [18]**

Al conectar el equipo se debe medir lo siguiente: entre 48 Vdc y 52Vdc entre los hilos a y b, -48Vdc a -52Vdc entre el hilo a y tierra, y menos de 3Vdc entre el hilo b y tierra.

En cambio los voltajes AC en un par, se debe a que son instalados cerca de los cables de transmisión de energía eléctrica, este voltaje será una fuente de ruido que degrada la señal.

**Tabla 10: Valores de voltaje AC y DC aceptables de un par de cobre**

Medición de Voltaje	Voltaje AC	Voltaje DC
Entre hilo b y tierra	< 10	< 3
Entre hilo a y tierra	< 10	de -48 a -52
Entre hilo a y b	< 0.5	de 48 a 52

### 5.3.8. Valores de referencia de mediciones eléctricas de la línea de cobre

Dados los pasos para una correcta medición de los parámetros eléctricos, a continuación se muestran los valores de referencia:

**Tabla 11: Valores de referencia de parámetros eléctricos**

No	Parámetro	Unidad de medición	Valor de referencia
1	Resistencia del bucle	$\Omega$	< 969.5 $\Omega$
2	Aislamiento	M $\Omega$	> 400
3	Longitud de línea	metros	< 3.500
4	Capacitancia	F/metros	52,5x 10 <sup>-9</sup>
5	Balance longitudinal	dB	> 40
6	Voltaje AC	Voltios	< 3 Vdc
7	Voltaje DC	Voltios	< 3 Vdc

# CAPÍTULO VI

## DISEÑO DE LA RED

### 6.1. Introducción al diseño

Después de haber realizado dos trabajos:

Un trabajo investigativo, donde dimos a conocer las características de la tecnología ADSL2, sus ventajas y sus aplicaciones más importantes por las cuales se puede implementar sobre un cableado de cobre de par trenzado como es el de una empresa de telefonía pública.

Un trabajo de campo donde pudimos resaltar los componentes más importantes de una red de planta externa para brindar este tipo de servicio, donde mencionamos los parámetros de mayor influencia en un diseño de red para brindar servicios utilizando ADSL2

## 6.2 Características de los cables telefónicos más utilizados

### 6.2.1. Calibre

En la tabla 6, hemos mencionado los calibres más utilizados debido a que en nuestro caso se hará uso de los cables de calibre de 0.4mm.

### 6.2.2. Capacidad

En la tabla 12 se mencionan la capacidad de cables para la planta externa

**Tabla 12: Capacidad de cables telefónicos**

Redes canalizadas	Redes Aéreas
10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 900,1800	10, 20, 30, 50, 70, 100

### 6.2.3. Características mecánicas

Debemos tener dos escenarios bien definidos, las instalaciones subterráneas y las instalaciones aéreas, para nuestro caso se realizarán instalaciones subterráneas que *“están constituidos por conductores de cobre, con aislamiento compuesto por una capa de polietileno expandido revestida por una película de polietileno sólido ( piel de espuma), núcleo*

*completamente relleno con material resistente a la penetración de humedad (ETPR)”*

### 6.3 Plan de transmisión

Aquí se definen los límites dentro del cual vamos a garantizar el servicio de ADSL2 a través del par de cobre, y que están en función de los parámetros eléctricos descritos en el capítulo 5, se deben tener en cuenta los valores de la resistencia del par de cobre de acuerdo a los siguientes valores:

**Tabla 13: Transmisión en base a la resistencia del par de cobre**

Servicios	Resistencia del par de cobre	Conductor de 0.4mm
Voz	$\leq 1200 \Omega$	4,28 km
xDSL hasta 64 Kbps	$\leq 1200 \Omega$	3,57 km
xDSL hasta 512 Kbps	$\leq 900 \Omega$	3,57 km
xDSL hasta 2 Mbps	$\leq 600 \Omega$	2,14 km
xDSL hasta 8 Mbps	$\leq 400 \Omega$	1,4 km

#### **6.4. Diseño de la red**

En base al estudio de campo realizado, y siguiendo los lineamientos establecidos para la implementación de una red de datos por medio de cable de cobre de par trenzado, determinamos como propuesta del diseño de red, el siguiente:

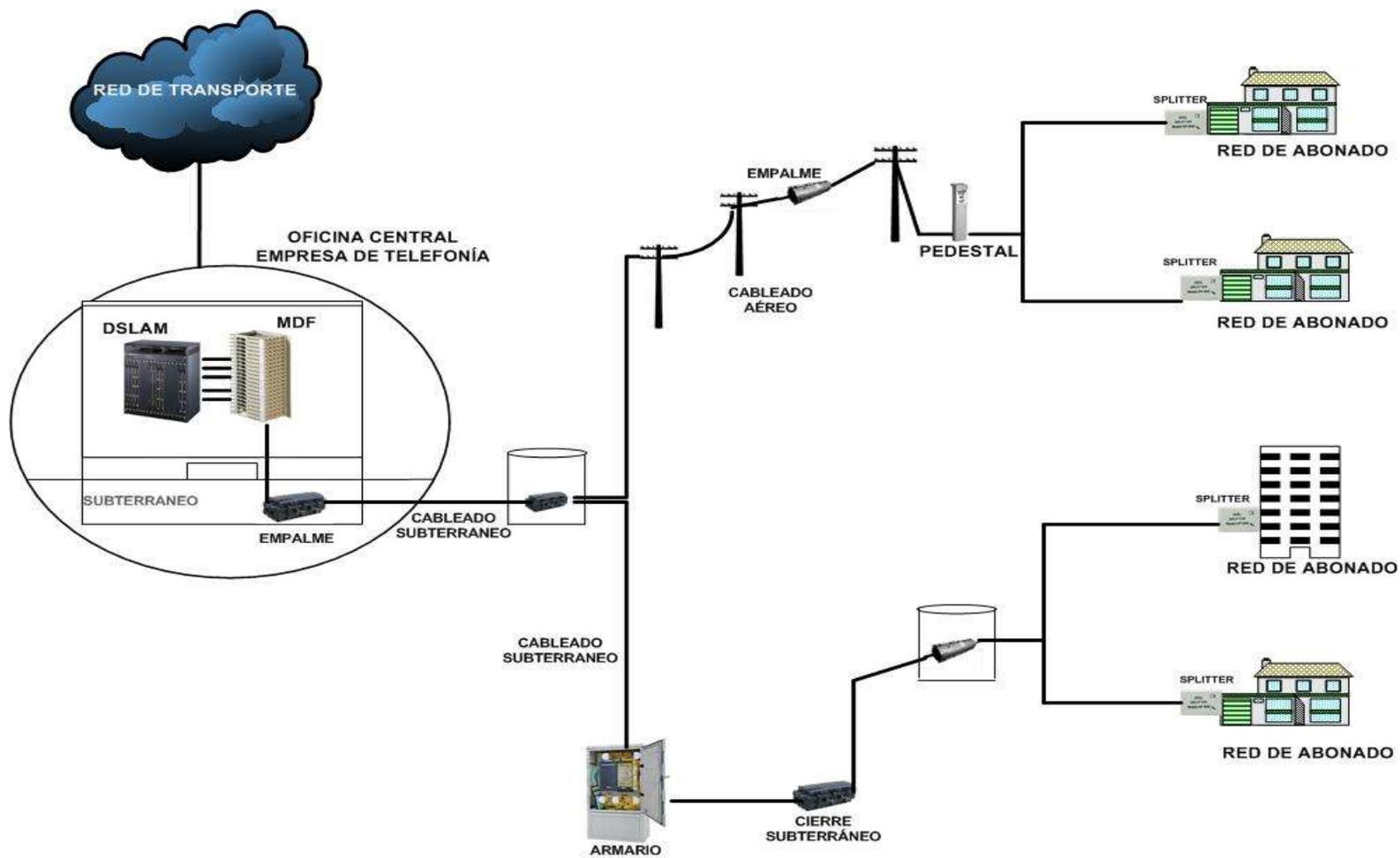


Figura 6.25: Diseño Lógico de la red

[18]

Acorde al diseño que ostentamos, partimos desde la Oficina central en nuestra empresa de Telefonía, la misma que cuenta con el cuarto de comunicaciones ubicado en un sitio estratégico del edificio para seguridad de los equipos y que cumpla con los requerimientos ambientales. En esta área ubicamos nuestro DSLAM



**Figura 6.26: DSLAM ALCATEL-LUCENT 7302 ISAM**

**[8]**

El equipo DSLAM Alcatel – Lucent 7302 ISAM es un equipo flexible de alta densidad que contiene hasta 18 slots de servicios que permiten una mezcla de líneas de tarjetas, incluye 48 puertos VDSL2 de alta capacidad, 72 puertos multi – ADSL con splitters integrados, 16 puertos Ethernet, 72 puertos POTS, 24 puertos SHDSL entre otras propiedades. Posee una alta

capacidad para albergar varios nodos de acceso IP, está diseñado para desarrollar eficientemente ante el servicio de triple-play a los usuarios finales usando tecnología DSL y Fibra Óptica. Además, soporta la primera tecnología verde del mercado ya que consume 25% menos de energía en ADSL y VDSL2.

Entre las características de este equipo, podemos mencionar:

- Elección de estándar 24G y controladores de alta capacidad de 100G.
- Posee soporte de voz integrada(SIP y H.248) con Voz ISAM
- Flexibilidad, alto desempeño en implementación de múltiples servicios.
- Bajo consumo de energía.
- Eficiente y escalable para el acceso a la administración de la red y operación de la misma.

Continuando con la infraestructura de red de la empresa de telecomunicaciones, posee la infraestructura necesaria para brindar el servicio de internet mediante ADSL2 a un alto número de usuarios, por lo cual es conveniente que mantenga su cableado y equipos como empalmes, MDF y demás.

Nuestra meta es brindar al usuario final una alta disponibilidad y correcto desempeño de nuestra tecnología en estudio. Para alcanzar esto, la empresa de telecomunicaciones facilita al usuario un dispositivo final, mediante el cual, conectará su red interna y tendrá salida al internet a través de nuestra infraestructura. Este equipo es un módem el cual debe ser compatible con la tecnología ADSL2 y cuyas características idóneas son las siguientes:

- Soporte de Red:
  - IP's estáticas
  - RIPv2 Enrutamiento dinámico
  - NAT
  - Mapeado y redirección de puertos Servidor/cliente DHCP
  - DNS Relay Agent
  - VPN "pass Throught" para IPSec, L2TP, PPTP
  - PPP auto configurable para desconexiones y accesos WAN, PPP bajo demanda
  - IGMP Multicast
  
- Gestión del Equipo
  - Acceso a la gestión y funcionalidades del equipo a través de http/web
  - Actualización en remoto de Firmware a través de Web/FTP

- Actualización en remoto de Firmware a través de FTP
- Soporte de Cliente/Servidor FTP
- Acceso a ficheros log del equipo
- Seguridad
  - Soporte para autenticación de clave para PAP/CHAP
  - Soporte de Firewall básico para NAT.
  - Acceso al router con autenticación de clave de dos niveles(user/admin)
- Tipos de Encapsulación Soportadas
  - RFC1577 Clásico IP sobre ATM
  - RFC2364 PPPoA
  - RFC2516 PPPoE
  - RFC2684 Puente/Enrutador
  - Puente transparente( IEEE 802.1d)
  - PPP Soporte medio puente
- Soporte de ADSL/ATM
  - ANSI T1.413 versión 2
  - ITU-T G.992.1( G.dmt) y G.992.2( G.lite)
  - Modem adaptable a 32 Kbps

- Capa ATM con conformación de tráfico( UBR/CBR)
- Atributos AAL y ATM – AAL5
- Múltiples PVC con soporte de hasta 8 F4/F5 OAM

De esta manera realizamos la actualización de la red ya implementada cumpliendo con los parámetros establecidos inicialmente y realizando un análisis de los dispositivos a renovar, con el fin de que cumplan con los estándares y características para su escalabilidad y eficiencia y brindar un mejor servicio a los usuarios finales.

## CONCLUSIONES

- 1) El potencial de las redes telefónicas convencionales, en la actualidad han sido explotadas por las empresas de telecomunicaciones para la transmisión de datos dentro de la misma infraestructura ya que se han realizado las actualizaciones correspondientes dentro de la misma para soportar transmisiones de datos a alta velocidad para usuarios residenciales, con el fin de dar facilidad de adquisición de servicios de internet sin necesidad de una nueva instalación.
- 2) Las tecnologías xDSL dependen de la distancia de operación desde la central hasta el usuario residencial, la distancia óptima para un ancho de banda de 12 Mbps de bajada para ADSL2 es de 2.5km
- 3) Dadas las mediciones realizadas anteriormente, en la tabla 11 se muestra los valores referenciales para un correcto funcionamiento de una red de planta externa para brindar servicios de ADSL2

- 4) Realizando una acertada actualización de los equipos principales de la red como el DSLAM en la Central telefónica y el módem ADSL en la línea de abonado, podemos disponer de un servicio más eficiente y completo así como escalable ya que podremos albergar más usuarios y hacer uso de otras aplicaciones tecnológicas para clientes exigentes.
- 5) Mediante el mantenimiento y actualización de la infraestructura de red podemos no sólo mejorar los servicios de internet a usuarios residenciales, también podemos brindar un mejor servicio de telefonía ya que al momento existen cableados deficientes y obsoletos que ocasionan malestar en los clientes.

## RECOMENDACIONES

- 1) Para realizar las pruebas y mediciones descritas, se debe utilizar equipos que soporten los estándares de la UIT-T G.992.3 correspondiente a ADSL2.
- 2) Realizar las mediciones eléctricas es el primer paso para determinar la calidad de la red de planta externa, antes de realizar las pruebas de servicio para así evitar retrasos en las pruebas de puesta de servicio
- 3) Brindar una capacitación a nivel integral en los departamentos de implementación de redes de planta externa tanto de los conceptos como de los equipos de mediciones a utilizar para que tengan un conocimiento apropiado para los respectivos soportes a fallas e instalación de nuevas redes.
- 4) Realizar un procedimiento para la medición de los parámetros de transmisión para brindar servicios de ADSL2.

- 5) Implementar una red de planta externa para servicios de ADSL2 utilizando los valores referenciales de la tabla 11.
- 6) Realizar la correcta configuración de perfiles xDSL en los equipos DSLAM para brindar los servicios de ADSL2.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] DANIEL PINEDA QUEZADA, EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE LA RED EXTERNA DE CABLE TELEFONICO PARA LA IMPLEMENTACION DE LAS TECNOLOGIAS DE CONEXION DE BANDA ANCHA ADSL2 Y ADSL2+. INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA: CARTAGO, 2007. FECHA DE CONSULTA ABRIL 2013
- [2] EXFO, CALIFICADOR DE CABLE xDSL. CANADA, 2007. FECHA DE CONSULTA ABRIL 2013
- [3] MARTHA RODRIGUEZ - LAURA MOSQUERA - FRANKLIN VILLACIS, "MEDICION, INSTRUMENTACION Y PREPARACION DE REDES PARA LA TECNOLOGIA XDSL," GUAYAQUIL, 2013. FECHA DE CONSULTA JUNIO 2013
- [4] JOSE ROLDAN, "FACTIBILIDAD TECNICA DE IMPLEMENTACION DE LAS TECNOLOGIAS VDSL EN PLANTA DE COBRE SOBRE LA RED DE ACCESO A CANTV PARA SERVICIOS TRIPLE PLAY," CARACAS, 2007. FECHA DE CONSULTA JULIO 2013
- [5] COMISION DE ESTUDIOS. (2001, AGOSTO) INFORME SOBRE LOS SISTEMAS xDSL. [Online]. HYPERLINK "www.itu.int/ITU-D/study\_groups/SGP\_1998.../2001/082R2V2S1.doc" [www.itu.int/ITU-D/study\\_groups/SGP\\_1998.../2001/082R2V2S1.doc](http://www.itu.int/ITU-D/study_groups/SGP_1998.../2001/082R2V2S1.doc), FECHA DE CONSULTA

JULIO 2013

- [6]** RODERICK SMITH, BROADBAND INTERNET CONNECTIONS: A USER'S GUIDE TO DSL AND CABLE. ESTADOS UNIDOS: ADDISON WESLEY, 2002. FECHA DE CONSULTA ABRIL 2013
- [7]** DSL FORUM. (2013, JULIO) ADSL2/ADSL2+ PERFORMANCE TEST PLAN. FECHA DE CONSULTA MAYO 2013
- [8]** ALCATEL-LUCENT, "7330 ISAM FTTN Fiber to the Node | Feature Group 2.1 System Description, 3HH-01198-AAAA-TQZZA Edition 02 Released," FECHA DE CONSULTA MAYO 2013.
- [9]** CONDUMEX, "CABLES TELEFONICOS PARA PLANTA EXTERNA," FECHA DE CONSULTA AGOSTO 2013.
- [10]** ENERPETROL, "CATALAGOS DE CABLES CANALIZADOS DE ACUERDO A LA NORMA DE CNT EP," FECHA DE CONSULTA AGOSTO 2013.
- [11]** ENERPETROL, "CATALAGOS DE CABLES AEREOS DE ACUERDO A LA NORMA CNT EP," FECHA DE CONSULTA AGOSTO 2013.
- [12]** JOSE MARIA ZAPARDIEL, "DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ENTORNO DE PRUEBAS PARA IPTV," AGOSTO 2013.
- [13]** RINA CORTES and PATRICIA PALAGUACHI, "APLICACION DE LA TECNOLOGIA XDSL DENTRO DE LAS REDES DOMESTICAS," GUAYAQUIL, 2013.

- [14] FUNIBER, "REDES DE TELECOMUNICACIONES ," FECHA DE CONSULTA AGOSTO 2013.
- [15] FUNIBER, "SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES ," FECHA DE CONSULTA AGOSTO 2013.
- [16] LRIS LE, "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF DSL - BASE ACCESS SOLUTION," FECHA DE CONSULTA AGOSTO 2013.
- [17] RedesZone, "REDES ADSL" [.http:// www.redeszone.net](http://www.redeszone.net) , FECHA DE CONSULTA AGOSTO 2013
- [18] JUAN GONZALEZ and JUAN PABLO GUERRERO, "ELABORACION PROPIA," ESPOL, GUAYAQUIL, 2013.
- [19] INGENIEROS EN TELECOMUNICACIONES,  
<http://ingenierosdetelecomunicaciones.blogspot.com/p/telefonía.html>, FECHA DE CONSULTA OCTUBRE 2013
- [20] INSTRUMENTAL INC. , Telecomunicaciones Redes Fijas,  
<http://instrumental.com.ec/inicio/index.php?option>, FECHA DE CONSULTA OCTUBRE 2013
- [21] CORAL JULIAN, SOMOS DEL MISMO BARRIO,  
<http://somosdelmismobarro.blogspot.com/2012/10/en-chaltura-y-natabuela-inicio.html>, FECHA DE CONSULTA OCTUBRE 2013
- [22] CHINA TELECOMMUNICATIONS, "PRODUCTS" <http://www.china-telecommunications.com/products->

search/jpx359\_a\_idc\_double\_sided\_main\_distribution\_frame-pz14f6800-  
zda948f.html, FECHA DE CONSULTA OCTUBRE 2013

**[23]** SIMELCA, “ARMARIOS GALVANIZADOS” [http://www.co.all.biz/simelca-  
sas-e2220](http://www.co.all.biz/simelca-sas-e2220), FECHA DE CONSULTA OCTUBRE 2013

**[24]** FIDAILGO S.A., COMUNICACIÓN – TELEFONIA PRODUCTOS PARA  
PLANTA EXTERNA

[http://www.fidailgotelecom.com.ec/cajas\\_conexionidcpt.php](http://www.fidailgotelecom.com.ec/cajas_conexionidcpt.php), FECHA DE  
CONSULTA OCTUBRE 2013