



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“Banda ancha aplicada a la red telefónica de Pacifictel: Evaluación del estado de la red de cobre”**

**PROYECTO DE TOPICO DE GRADUACION**

**Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

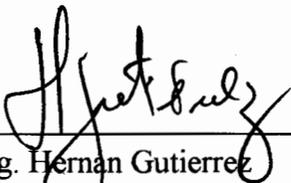
**Presentado por:**

**Sandra Rodríguez Enriquez  
Mauro Zavala Delgado**

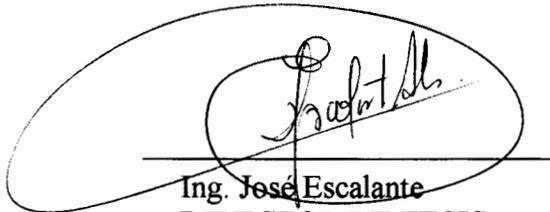
**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**Año: 2004**

## TRIBUNAL DE GRADUACION



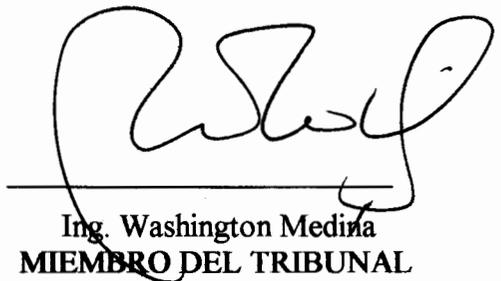
Ing. Hernan Gutierrez  
PRESIDENTE



Ing. José Escalante  
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Pedro Vargas  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Washington Medina  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## **AGRADECIMIENTOS**

**AL ING. JOSE ESCALANTE**, Director de Tópico, por su ayuda y colaboración para el desarrollo de este trabajo.

**A nuestros padres**, que con su apoyo incondicional formaron parte de este logro que se ve reflejado en la culminación de nuestra carrera universitaria.

A todas aquellas personas, quienes con su ayuda y comprensión hicieron posible la realización de este trabajo.

## **DEDICATORIAS**

*A Dios, que siempre ha guiado mi camino; a mis padres, que me han regalado la oportunidad de desarrollarme como persona y como profesional y a mis hermanos que siempre han apoyado mis decisiones y retos.*

***Mauro Zavala Delgado***

*A nuestro creador Dios, por darme la suficiente sabiduría y permitirme crecer día a día no solo profesionalmente sino también en el aspecto personal; a mis padres por ser el pilar fundamental para cumplir mis metas y culminar mi carrera.*

***Sandra Rodríguez Enríquez***

## **DECLARACION EXPRESA**

**“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”**

**(Reglamentos Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)**

---

**Sandra Rodríguez E.**

---

**Mauro Zavala D.**

## **INDICE GENERAL**

<b>INDICE GENERAL</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>XI</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>XVI</b>

### **CAPITULO I: GENERALIDADES Y TENDENCIAS DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES**

<b>1.1 Generalidades</b>	<b>1</b>
1.1.1 Definición de central telefónica	1
1.1.2 Arquitectura de una red telefónica	2
1.1.3 Modelos de interconexión de la red	8
1.1.4 Módulo de Acceso	9
1.1.4.1 Segmento primario	9
1.1.4.2 Segmento secundario	10
1.1.4.3 Segmento de dispersión	12
1.1.4.3.1 Cajas de dispersión	13
1.1.5 Planes técnicos fundamentales	14
1.1.5.1 Plan de Enrutamiento	14

1.1.5.2 Plan de Numeración	14
1.1.5.3 Plan de Transmisión	15
1.1.5.4 Plan de Sincronismo	17
1.1.5.5 Plan de Señalización	19
1.1.5.6 Plan de Tarifación	21
1.1.6 La Red Telefónica actual de Guayaquil	22
1.1.6.1 Descripción de las centrales existentes	22
1.1.6.2 Características técnicas de los enlaces de Fibra óptica	30
1.2 Tendencias	33
1.2.1 Red Digital de Servicios Integrados	33
1.2.1.1 RDSI de banda ancha	33
1.2.2 Tendencias y necesidades de las redes de voz	40

## **CAPITULO II: TECNOLOGIA APLICADA A LAS REDES DE BANDA ANCHA**

2.1 Jerarquía digital sincrónica (SDH)	50
2.1.1 Estructura básica SDH	50
2.1.2 Características SHD	52
2.1.3 Velocidades en las Jerarquías SDH	56
2.2 Tecnología ATM	56

2.2.1	Principios y características de una red ATM	60
2.2.2	Estructura de la celda ATM	65
2.2.3	Funciones de la capa ATM	66
2.2.4	Conmutación de Celdas	68
2.2.5	Señalización ATM	72
2.2.5.1	Interfaces de señalización	76
2.2.5.2	Estándares de señalización	77
2.2.5.3	Direccionamiento de ATM	78
2.2.6	Control de tráfico en ATM	81
2.2.7	Parámetros de tráfico y calidad de servicio	87
2.2.8	Ventajas de la tecnología ATM	89

### **CAPITULO III: BANDA ANCHA SOBRE COBRE (ADSL)**

3.1	Generalidades	93
3.1.1	Tecnologías XDSL existentes	93
3.2	Línea de Abonado Digital Asíncronica (ADSL)	99
3.2.1	Conceptos ADSL	100
3.2.1.1	Descripción de la Modulación	102
3.2.1.2	DSLAM ( Multiplexor de acceso a la línea de abonado digital )	107
3.2.1.3	ATM sobre ADSL	108

<b>3.2.2</b>	<b>Requerimientos para su implementación</b>	<b>112</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Limitaciones ADSL</b>	<b>113</b>

#### **CAPITULO IV: REQUERIMIENTOS TECNICOS DEL COBRE PARA LA IMPLEMENTACION DE ADSL**

<b>4.1</b>	<b>Características técnicas del cobre necesarias para el funcionamiento óptimo de una red ADSL</b>	<b>122</b>
<b>4.2</b>	<b>Características técnicas del cobre utilizado en la red telefónica de PACIFICTEL</b>	<b>126</b>
<b>4.3</b>	<b>Equipos necesarios para el diagnóstico de la red de cobre</b>	<b>132</b>

#### **CAPITULO V: RESULTADO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO**

<b>5.1</b>	<b>Análisis comparativo y de factibilidad para la implementación de una red ADSL en Guayaquil</b>	<b>142</b>
<b>5.2</b>	<b>Instalación y pruebas del servicio ADSL sobre el cobre</b>	<b>164</b>
<b>5.3</b>	<b>Ventajas y desventajas de la implementación de ADSL</b>	<b>180</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>184</b>

RECOMENDACIONES

187

GLOSARIO

ANEXO

BIBLIOGRAFIA

## INDICE DE FIGURAS

### CAPITULO 1

Figura 1.1	Diagrama esquemático de la arquitectura de una red telefónica.	2
Figura 1.2	Configuración de una red malla/estrella	8
Figura 1.3	Diagrama de distribución del Segmento Primario de Cobre.	10
Figura 1.4	Diagrama de distribución del Segmento Secundario de Cobre.	11
Figura 1.5	Esquema del Segmento de Dispersión.	13
Figura 1.6	Diagrama esquemático de una red PDH.	25
Figura 1.7	Diagrama esquemático de una red SDH.	26
Figura 1.8	Cable de fibra óptica.	31
Figura 1.9	Volumen de tráfico de datos.	40
Figura 1.10	Las redes se están desarrollando de una orientación vertical a una horizontal.	42

### CAPITULO 2

Figura 2.1	Trama STM-N.	51
------------	--------------	----

Figura 2.2	Multiplexación SDH.	53
Figura 2.3	Estructura de una red SDH.	54
Figura 2.4	Una red ATM común proporciona conectividad a todos los tipos de red.	58
Figura 2.5	Formato de Cabecera para una interfaz UNI y NNI.	65
Figura 2.6	Interfaces de Señalización.	76
Figura 2.7	Ubicación de los mecanismos de control en una red ATM.	82

### **CAPITULO 3**

Figura 3.1	Enlace ADSL	103
Figura 3.2	Funcionamiento del “Splitter”	103
Figura 3.3	Modulación ADSL DMT con FDM.	105
Figura 3.4	Modulación ADSL DMT con cancelación de ecos.	105
Figura 3.5	DSLAM.	108
Figura 3.6	DSLAM ATM.	110
Figura 3.7	Torre de protocolos con ATM sobre ADSL.	111
Figura 3.8	Modelos propuestos por el ADSL para la prestación de servicios con acceso ADSL.	112
Figura 3.9	Caudal máximo (Kbps) de los módems ADSL en función de la longitud del bucle de abonado.	115

## **CAPITULO 4**

Figura 4.1	Derivaciones	119
Figura 4.2	Muestra del cable Neopren	128
Figura 4.3	Atenuación del par telefónico	129
Figura 4.4	Respuesta de fase del par telefónico	130
Figura 4.5	Impedancia característica del par telefónico	131
Figura 4.6	Equipo de medición Compa	133
Figura 4.8	Menú de pantalla del Compa	135
Figura 4.9	Equipo de medición TDR, marca Panasonic.	136
Figura 4.10	Equipo de prueba xDSL, marca Sunset	138
Figura 4.11	Equipo de prueba ADSL, marca Panasonic	140

## **CAPITULO 5**

Figura 5.1	Presentación del Equipo SUNSET MTT	144
Figura 5.2	Menú principal del SUNSET MTT	144
Figura 5.3	Parámetros iniciales del SUNSET como TDR	145
Figura 5.4	Simulación de un corto y un circuito abierto usando el SUNSET xDSL	147
Figura 5.5	Demostración gráfica de un Corto en el circuito	148

Figura 5.6	Demostración gráfica de un circuito abierto	148
Figura 5.7	Menú para prueba de ruido por interferencia	150
Figura 5.8	Localización de una bobina de carga	151
Figura 5.9	Rastreo de bobinas de carga	152
Figura 5.10	Verificación del balance longitudinal	153
Figura 5.11	Conexión del equipo de prueba al par telefónico	156
Figura 5.12	Localización de una falla con el equipo de prueba	157
Figura 5.13	Ruido sin la presencia de agentes externos	158
Figura 5.14	Ruido con la presencia de agentes externos	159
Figura 5.15	Ubicación de bobinas de carga en el par de cobre de prueba	160
Figura 5.16	Prueba de balance longitudinal en el par de cobre de prueba	161
Figura 5.17	Estructura de planta externa	164
Figura 5.18	Segmentación del ancho de banda ADSL	165
Figura 5.19	Instalación de planta externa con extensión de lazo	166
Figura 5.20	Instalación ADSL en el domicilio del usuario	167
Figura 5.21	Instalación ADSL con Microfiltros en el domicilio del usuario	168
Figura 5.22	Instalación del par telefónico y par de datos	172

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO 1

Tabla 1.1	Número de pares del cable primario.	9
Tabla 1.2	Número de pares del cable secundario.	12
Tabla 1.3	Series numéricas por central.	28
Tabla 1.4	Diseño de cables de fibra.	30

### CAPITULO 2

Tabla 2.1	Velocidades SDH.	56
-----------	------------------	----

### CAPITULO 3

Tabla 3.1	Tecnologías xDSL.	94
-----------	-------------------	----

### CAPITULO 4

Tabla 4.1	Dimensiones de Conductores.	124
Tabla 4.2	Condiciones Generales para el funcionamiento de ADSL.	125
Tabla 4.3	Dimensiones de Cable EKKX.	127

### CAPITULO 5

Tabla 5.1	Resultados de las pruebas realizadas.	154
Tabla 5.2	Tabla de resultados por central	162
Tabla 5.3	Resolución de problemas ADSL.	177

## INTRODUCCION

En el pasado, las redes de telecomunicaciones habían sido diseñadas de modo diferente según el servicio que se quisiera proporcionar. Es el caso de la Red Pública Conmutada de Telefonía desarrollada para el tráfico de conversaciones habladas, la Red de Conmutación de Paquetes para las comunicaciones de datos, etc.

Estas redes se soportan adecuadamente para el servicio para el que han sido concebidas, pero presentan serios inconvenientes para otro tipo de servicio, esto es así por las características específicas de estas en cuanto a manejo de ancho de banda, tiempos de establecimiento de las comunicaciones/conexiones, rangos de error, retardos extremo a extremo, etc.

Los medios de transmisión han evolucionado desde el par de cobre y los cables coaxiales, hasta llegar a la fibra óptica, un medio de transmisión con capacidad para transmitir enormes caudales de información. Los sistemas de transmisión han pasado de sistemas analógicos de válvulas hasta llegar a sistemas de transmisión digitales. Por último, la capacidad de los equipos de conmutación empleados ha ido multiplicándose hasta llegar a centrales de conmutación digitales con capacidad para conmutar decenas de miles de conexiones a 64 Kbps.



importante de ADSL es que separa la voz y los datos, de forma que se puede hablar por teléfono aunque el ordenador esté conectado a Internet (ver figura). ADSL se comercializa bajo la modalidad de cuota fija pagando una tarifa plana, con independencia de cuánto tiempo se haya tenido el ordenador conectado a la Red y facturación independiente de la voz. El despliegue de ADSL posibilita la oferta de servicios de banda ancha a través del cable telefónico.

Es por todo lo mencionado anteriormente que nuestro tema está orientado a analizar el estado de la red telefónica para poder implementar una red ADSL en la ciudad de Guayaquil.

Con este propósito hemos dividido el presente trabajo en cinco capítulos. En el primer capítulo se definen concepto y arquitectura de una red telefónica para luego hacer un estudio de la red telefónica existente en Guayaquil (Red SDH y PDH), además se definen las características técnicas de los enlaces de fibra óptica. El capítulo uno termina con un análisis de las tendencias de las redes de voz y datos.

Un estudio detallado de la tecnología ATM se presenta en el capítulo 2. Es importante recordar que el transporte de información en una red ADSL se realiza teniendo como base la tecnología ATM. Además se resume la tecnología SDH.

En el capítulo 3 se realiza el estudio completo la tecnología ADSL (conceptos, características, modulación, requerimientos, bondades, etc.). También se mencionan las limitaciones de la tecnología en estudio.

Los requerimientos técnicos para la implementación de la red ADSL se encuentran en el capítulo 4. En primera instancia se dan a conocer las características técnicas del cobre que son necesarias para instalar ADSL, luego se exponen las características del cobre que tiene instalado PACIFICTEL en Guayaquil. Por último se presentan los equipos de prueba que se utilizan para calificar el cobre.

Como parte final de nuestro trabajo en el capítulo 5 encontraremos los resultados de las pruebas realizadas a lo largo del desarrollo de este proyecto así como la forma de instalar el servicio ADSL en el domicilio del usuario.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES Y TENDENCIAS DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES**

### **1.1 GENERALIDADES**

#### **1.1.1 DEFINICION DE CENTRAL TELEFONICA**

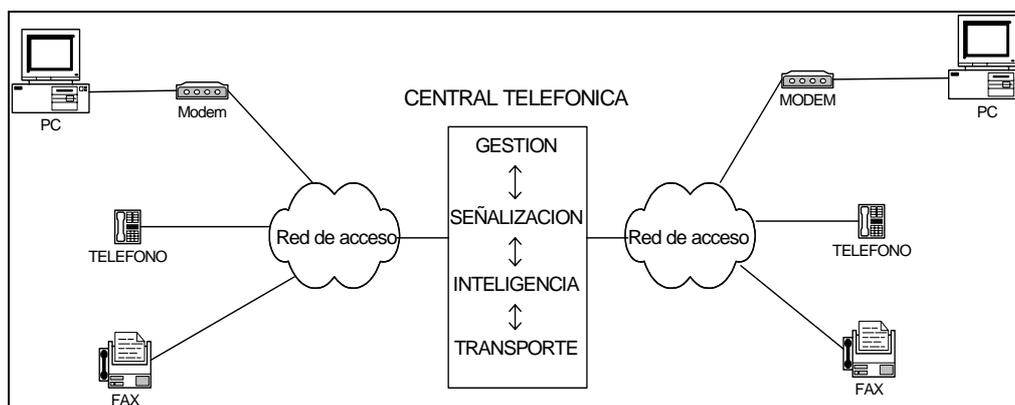
Se entiende como Central Telefónica el edificio que está conformado por una o más centrales de conmutación y sus equipos complementarios como: equipo de aire, equipos de fuerza (transformador, rectificadores, convertidores, baterías), centro de gestión, equipos de transmisión (segmento troncal, acceso inalámbrico) y los campos de conexión (DDF, MDF). También hacen parte del centro telefónico las áreas comunes, de administración y parqueo.

Siempre se procura que el centro telefónico se ubique en el centroide de cada área determinada, de tal forma que garantice un cubrimiento homogéneo del área de servicio y evite el traslape de los segmentos de acceso.

La ubicación del Centro Telefónico en el centroide del área de cubrimiento, garantiza la optimización de los costos de implementación de la red en lo que respecta al segmento de acceso.

### 1.1.2 ARQUITECTURA DE UNA RED TELEFÓNICA

Cualquier red telefónica está compuesta por diversos elementos fundamentales y relacionados entre sí, que permiten su correcto funcionamiento (figura 1.1). Estos elementos son seis: los terminales, el acceso, el transporte, la señalización, la inteligencia y la gestión.



*Figura 1.1 Diagrama esquemático de la arquitectura de una red telefónica*

- **Los terminales**

Los terminales son básicamente los equipos utilizados por los abonados para poder tener acceso directo a los diferentes servicios que podría ofrecer la red.

Los tipos de terminales son:

- Terminales telefónicos
- Terminales portátiles
- Terminales de pantalla

De acuerdo con los diferentes tipos de servicios que prestan, los terminales están clasificados de la siguiente manera:

<b>Servicios</b>	<b>Terminales</b>
Telefonía	Teléfono
Facsímile	Fax
Telex	Telex
Videotextos	Pantalla
Datos	Computadora

- **Acceso**

Existen tres tipos de acceso:

- **Acceso de cobre:** Es el medio de transmisión más común, pero presenta un problema debido al reducido ancho de banda que ofrece, el mismo que puede ser solucionado en parte gracias a la utilización de los modems, los mismos que permiten la transmisión de datos con anchos de banda mucho mayores.

En la red telefónica, los cables de cobre constituyen la planta externa, la misma que está constituida por la red primaria, red secundaria y la red de dispersión , que conecta a los usuarios del servicio.

- **Acceso de fibra óptica:** La utilización de la fibra óptica elimina prácticamente todas las limitaciones del ancho de banda y admite el transporte de todo tipo de señal . Sin embargo, su uso actual en la parte de acceso de las redes está limitado a los grandes clientes y su generalización, representa un nivel de inversiones, que pueden llegar a complicar su expansión.

- **Acceso radioeléctrico:** El acceso radioeléctrico que utilizan los servicios móviles, ha venido siendo un acceso complementario del acceso fijo y evoluciona hacia un acceso alternativo que aporta la movilidad.

- **Transporte**

El transporte de la red está constituido por nodos o centrales de conmutación que se unen entre sí mediante sistemas de transmisión o radiocomunicación.

Dado el gran número de nodos que configuran una red hasta ahora se han ido organizando en varios niveles jerárquicos, con encaminamiento predeterminado del tráfico. La tendencia es reducir el número de niveles con conexiones fuertemente enlazadas y encaminamiento dinámico.

El tamaño de los nodos tiende a crecer, lo que reducirá su número y aumentará el uso de las unidades remotas.

La etapa de transporte comprende los siguientes sistemas:

**Sistemas de conmutación:** Como su nombre lo indica estos sistemas se encargan de conmutar las diferentes señales que tienen como base los 64 Kb/s. Debido a que estos sistemas están limitados por los reducidos anchos de banda, que estos ofrecen,

es preciso disponer de otros conmutadores, capaces de asignar dinámicamente el ancho de banda y de conmutar señales de alta velocidad de transmisión (ATM modo de transferencia asincrónica).

**Sistemas de transmisión:** Existen dos tipos de jerarquías que definen claramente los sistemas de transmisión:

Jerarquía digital plesiochrónica (PDH)

Jerarquía digital sincrónica (SDH)

**Sistemas de radiocomunicación:** La utilización de estos sistemas, está orientada a rutas de emergencia, a instalaciones rápidas provisionales o zonas de difícil acceso.

- **La inteligencia**

El nivel de inteligencia de la red, pretende contribuir a la existencia de un entorno de creación de servicios en el que estos se pueden generar con rapidez, con independencia de los suministradores y con transparencia extremo a extremo de la red.

Asimismo, puede ser la base de la movilidad, de forma que llegue a soportar las telecomunicaciones personales, no solo en los servicios móviles sino en los fijos.

Inicialmente, se está aplicando a los servicios de voz, pero en el futuro se extenderá igualmente a los servicios de datos y a los de banda ancha.

- **La gestión**

La gestión tiene por objeto el permitir que la empresa operadora de la red telefónica pueda administrar eficazmente el rendimiento de la misma e introducir en forma flexible los cambios que se ameriten.

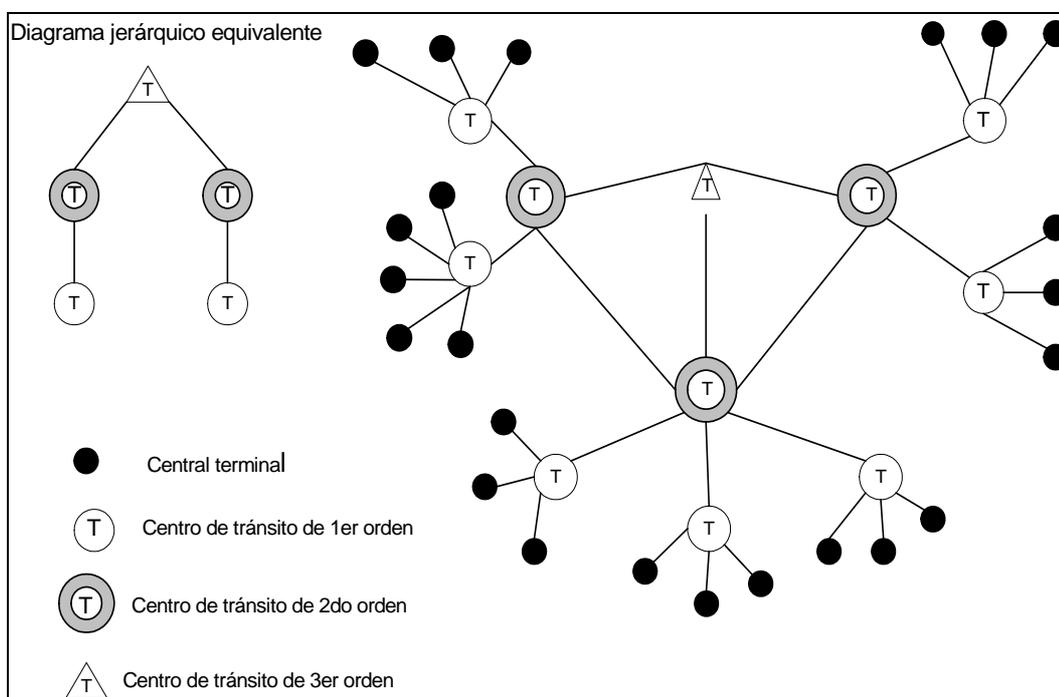
Hasta ahora la gestión se lleva a cabo mediante la transmisión de alarmas y la utilización de canales dedicados que permiten el diálogo entre centrales y su supervisión.

La introducción de la jerarquía SDH permite enfocar desde un punto de vista distinto la gestión de la red de transmisión, puesto que el administrador puede mediante software, controlar errores e instrumentar cambios en la configuración de los equipos. Cada uno de los elementos de la red se configura y se dimensiona a través de software para implementar el servicio solicitado, sin necesidad de sacar alguno de los componentes fuera de servicio.

### 1.1.3 MODELOS DE INTERCONEXION DE LA RED

Existen dos modelos básicos de interconexión de centros de conmutación: el modelo estrella y el modelo en malla. Las redes son el resultado de una combinación de estos dos tipos básicos. La configuración depende del número de abonados y de la situación geográfica.

Si bien resulta adecuada una red formada por varias en estrella, las rutas directas se justifican cuando el tráfico en exceso sobrepasa de un determinado valor, los modelos básicos se presentan en la siguiente figura.



*Figura 1.2 Configuración de una red malla/estrella*

## 1.1.4 MODULO DE ACCESO

### 1.1.4.1 SEGMENTO PRIMARIO

El segmento primario está comprendido entre los puntos de conexión (lado calle) de las regletas del Distribuidor General y los puntos de conexión en las regletas del armario telefónico. Este segmento de red es canalizado (figura 1.3). Los cables del tramo primario de red, pueden ser de varios tamaños respecto del número de pares que lo conforman, de acuerdo con la siguiente tabla:

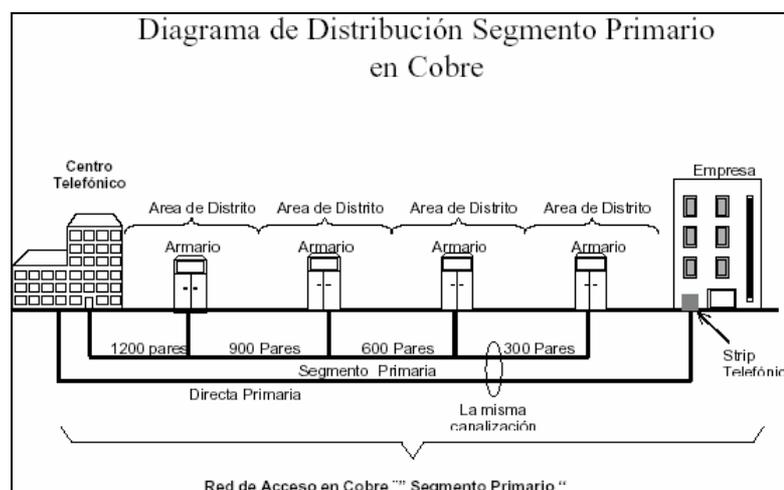
Número de pares cable primario $C_p$
2400
1800
1500
1200
900
600
300

*Tabla 1.1 Número de pares en cable primario*

Para la selección del tamaño de cable se toma en cuenta el número de líneas a instalar dentro del área de cubrimiento del Centro Telefónico. Se tiene como valor típico la utilización de cables de 1200 pares.

Para escoger el tamaño (número de pares  $C_p$ ) del cable a utilizar se debe considerar el número de líneas a instalar por área y el número de áreas dentro de la cobertura del

centro Telefónico, de tal forma que en cualquier caso se garantice cables primarios saliendo del Centro Telefónico con los tamaños apropiados (numero de pares) que permitan la optimización de la infraestructura (canalización, Tamaños de armario) y el cubrimiento total del área atendida por el Centro Telefónico.

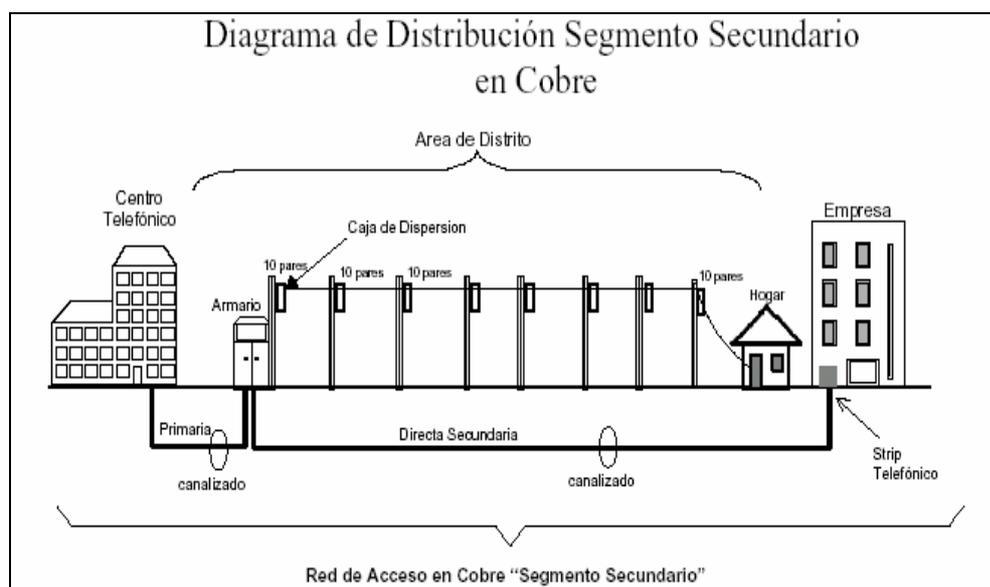


*Figura 1.3 Diagrama de distribución del Segmento Primario de Cobre*

#### **1.1.4.2 SEGMENTO SECUNDARIO**

El segmento secundario está comprendido entre los puntos de conexión de los listones regletas de 50 pares del armario y los puntos de conexión en las cajas de dispersión (10 pares cada una) instaladas en los postes. El segmento secundario da cubrimiento a un área y no se traslapa con los segmentos secundarios de las demás áreas de distrito adyacentes (figura 1.4).

Un listón está comprendido por una regleta de cincuenta (50) pares y alimenta típicamente cinco cajas de dispersión localizadas en los postes de diez pares cada una.



*Figura 1.4 Diagrama de distribución del Segmento Secundario de Cobre*

- **Definición de armario**

El Armario es el gabinete metálico o de fibra de vidrio instalado en la planta externa, que recibe la red primaria y distribuye la red secundaria.

Los cables del tramo secundario, pueden ser de varios tamaños respecto del número de pares que lo conforman, de acuerdo con la siguiente tabla:

Número de pares Cable secundario Cs
400
200
150
100
80
50
30
20

*Tabla 1.2 Número de pares para cable secundario*

### **1.1.4.3 SEGMENTO DE DISPERSIÓN**

El segmento de dispersión de red está comprendido entre la caja de distribución localizada en el poste y el punto de conexión en la caja mural (strip) en el predio del cliente (figura 1.5). La dispersión se realiza en forma radial a partir de la caja en el poste en cable de cobre de alto diámetro denominado Neopren.

El par de cobre de la caja de dispersión se lleva en forma directa hasta la fachada del predio (caja de acometida o strip) sin exceder los 60 metros de distancia. La utilización de la caja de dispersión será máximo del 80%, es decir se utilizarán 8 pares por caja de 10 pares o 16 pares para el caso de cajas de 20 pares. En caso que la demanda de líneas supere la capacidad de la caja de dispersión de 10 pares, se puede colocar en el mismo poste una caja adicional de 10 pares o una caja de 20 pares.

Nota: La acometida de red interna, no hace parte del segmento de red de dispersión.

La acometida de red interna es de propiedad del usuario.

#### 1.1.4.3.1 CAJAS DE DISPERSIÓN

La caja de dispersión es metálica y está instalada en los postes, esta recibe el cable secundario en una regleta de 10 pares. A partir de esta posición se distribuye el cable hacia los usuarios.

En la práctica se pueden instalar dos cajas de 10 pares o una caja de 20 pares en un poste, para atender hasta 16 líneas telefónicas.

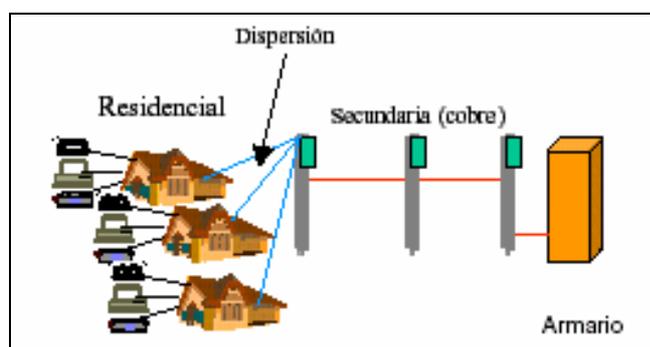


Figura 1.5 Esquema del Segmento de Dispersión

### **1.1.5 PLANES TECNICOS FUNDAMENTALES**

Se definen como planes técnicos fundamentales a aquellos planes que proporcionan las reglas y normas técnicas para el diseño, adquisición, implementación y una adecuada utilización de la red de telecomunicaciones.

Los planes técnicos fundamentales son: plan de enrutamiento, plan de numeración, plan de transmisión, plan de sincronismo, plan de señalización y plan de tarificación.

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de ellos:

#### **1.1.5.1 PLAN DE ENRUTAMIENTO**

Este plan determina como se encamina el tráfico cursado por la red entre un abonado y otro. El principio básico es seguir un trayecto de acuerdo con los ordenes jerárquicos ascendentes y descendentes.

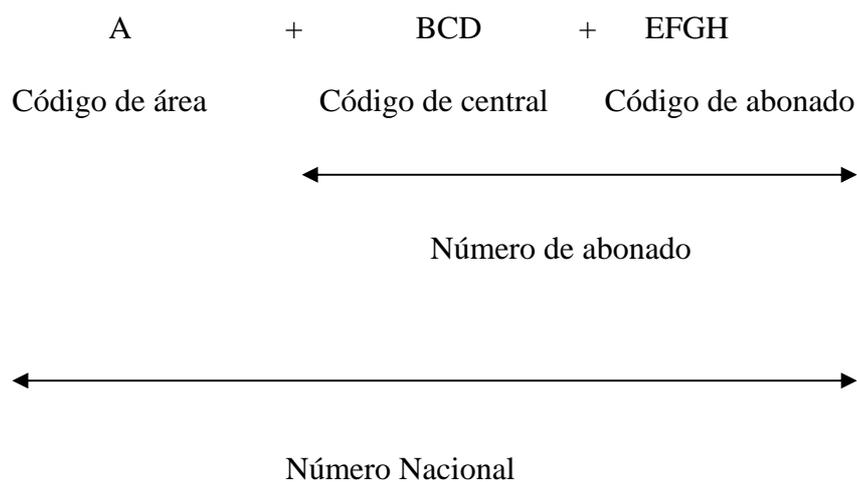
#### **1.1.5.2 PLAN DE NUMERACIÓN**

En este plan se especifica el formato y la asignación del número de cifras que va a tener un determinado abonado en una región cualquiera. El plan de numeración

establece el esquema de numeración adoptado y los procedimientos de discado para los diferentes servicios de telecomunicaciones, se basan fundamentalmente en las numeraciones de las series E160 a E164, E212 a E213, Q10 a Q11 del CCITT.

- **Configuración del número nacional**

Para la provincia del Guayas, el plan de numeración que existe indica que el número de abonado es de 7 cifras. En forma general se aplica lo siguiente:



### 1.1.5.3 PLAN DE TRANSMISIÓN

El plan de transmisión asigna básicamente los niveles tolerables de atenuación y otras degradaciones que puedan soportar los sistemas de telecomunicaciones, de tal

manera que dos clientes que usan el sistema, sea en una conexión local, nacional o internacional, puedan comunicarse en forma satisfactoria.

Un parámetro que Pacifictel adoptó para medir la calidad de transmisión es el llamado Equivalente de Referencia Corregido (ERC), medido en dB y cuya descripción consta en las recomendaciones G111 y G121 del libro rojo del CCITT.

Otro parámetro utilizado lo constituye el Índice de Sonoridad (IS), cuya respectiva equivalencia en ERC también se detalla en las recomendaciones antes citadas.

Para conexiones telefónicas internacionales, los valores típicos para ERC son entre 13 a 25.5 dB. Para las conexiones nacionales en la parte de transmisión los niveles oscilan entre 11.5 y 19 dB. Y para la recepción se presentan entre 2.5 y 7.5 dB.

En el sistema de abonado, se acostumbra que para las líneas de abonado se distribuya una pérdida de transmisión de 7 dB.

En lo que respecta al aparato telefónico en si, la sensibilidad de este debe ser tal, que cuando se conecta este aparato a una línea de abonado que tiene un calibre de 0.4 mm, una pérdida de transmisión de 4 dB, el equivalente de referencia de todo el sistema de abonado resulta ser:

- 1) ERC : 10.0 dB en transmisión
- 2) ERC : 0.5 dB en recepción

#### **1.1.5.4 PLAN DE SINCRONISMO**

La sincronización de la red digital involucra el cumplimiento del objetivo sobre la tasa máxima admisible de deslizamiento en todas las centrales digitales. Cada central tiene un reloj que establece la base del tiempo para dos acciones: por una parte la recepción de trenes de bits, procedentes de otras centrales digitales y por otra parte el control de la etapa de conmutación de la central, el envío de trenes de bits conmutados hacia otras centrales.

Sin un sistema de sincronismo, las frecuencias de los relojes, inevitablemente diferirán entre sí. Estas diferencias producen básicamente el tipo de distorsión de transmisión llamado deslizamiento.

El plan de sincronismo, para red digital ecuatoriana, establece el objetivo de calidad de la sincronización y los métodos más apropiados para alcanzarlo.

- **Tasas Máximas de Deslizamiento**

a) Para las centrales internacionales, según la recomendación G-811 del CCITT , se deberá tener, en condiciones normales, máximo un deslizamiento en 70 días sobre cada enlace digital de 64 kbps.

b) La tasa de deslizamiento para una conexión internacional digital de extremo a extremo, no debe sobrepasar de 5 deslizamientos en 24 horas en condición nominal, de acuerdo a la recomendación G-822 del CCITT.

c) El objetivo mencionado en b) se distribuye de acuerdo a :

Parte de tránsito internacional : 8% (1 deslizamiento cada 60 horas )

Cada parte de tránsito nacional : \* 6% ( 1 deslizamiento cada 80 horas )

Cada parte local : \* 40% (1 deslizamiento cada 12 horas )

\* La repartición de los porcentajes en la parte nacional y local , es dada por el CCITT como orientación pudiendo estos variar , pero nunca su suma debe ser mayor que 46%.

La tasa de deslizamiento por central calculados por los porcentajes indicados anteriormente sería:

- Local : 1 deslizamiento cada 12 horas (se asume un reloj de  $1 \times 10^{-9}$  )
- Nacional : 1 deslizamiento cada 10 horas (se asume un reloj de  $1 \times 10^{-10}$ )
- Internacional: 1 deslizamiento cada 12.5 horas (se adopta reloj de  $1 \times 10^{-11}$ )

#### **1.1.5.5 PLAN DE SEÑALIZACIÓN**

Este plan define los métodos y señales que han de enviarse entre centrales para el establecimiento de las comunicaciones, envío de la información sobre la tarificación de llamadas y otros fines administrativos. Deben establecerse interfaces de conversión de señales para los diferentes tipos de sistemas.

- **Señalización por canal común**

Para el tráfico entre señales digitales enlazadas con sistemas de transmisión digitales, se utiliza el sistema de señalización por canal común No 7, el que está basado en recomendaciones del CCITT.

La RSCC No 7 (Red de Señalización por canal común) es una red jerárquica con tres niveles. El nivel más alto lo constituye el PTS (secundario). El nivel más bajo de la red lo constituyen los PS (puntos de señalización). Existen PS en las centrales primarias de Manta, Machala y Loja, que se conectan en forma asociada con el PTS.

Los PS de las centrales locales se conectan de la forma cuasi-asociada por lo menos con dos PTS, existen también algunos enlaces en forma asociada. Los demás PS de las centrales locales de las diferentes áreas de señalización se conectan a su respectiva señal de tránsito con enlace de señalización en forma asociada.

- **Evolución del SSCC No 7**

El principio fundamental de la estructura SSCC No 7 consiste, en la división de funciones en la parte de la transferencia de mensajes (PTM) común, y en partes de usuario separadas para distintos usuarios. La función global de la parte de mensajes es servir como sistema de transporte proporcionando la transferencia fiable de mensajes de señalización entre los emplazamientos de las funciones de usuario que se comunican.

El término usuario se refiere a cualquier entidad funcional que utilice la capacidad de transporte proporcionada por la PTM. La parte de usuario incluye aquellas funciones o relaciones con un tipo particular de usuario que formen parte del SSCC, generalmente porque se precisa especificar estas funciones en un contexto de señalización.

### **1.1.5.6 PLAN DE TARIFACIÓN**

Para la aplicación de tarifas en llamadas locales pueden seguirse varios métodos:

- Tarifa fija independiente del número de llamadas, de su duración, de la distancia dentro de una zona local.
- Tarifa en función del número de llamadas solamente.
- Tarifa en función del número de llamadas, su duración y la distancia.

Las tarifas para las comunicaciones interurbanas pueden variar con la duración, y de un país a otro, dependiendo de los planes de las Administraciones.

La determinación de un plan de tarifas comprende decisiones gubernamentales, pero normalmente los planificadores de redes intervienen para suministrar la estructura de los componentes del costo a la que ha de ajustarse la estructura tarifaria.

Debe observarse que las modificaciones de las tarifas, e incluso algunas características tarifarias, pueden influir sustancialmente en la evolución del tráfico en la red. Esto debe tenerse en cuenta en la elaboración de métodos de previsión del tráfico por el planificador.

## **1.1.6 LA RED TELEFÓNICA ACTUAL DE GUAYAQUIL**

### **1.1.6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CENTRALES EXISTENTES**

Actualmente la ciudad de Guayaquil, cuenta con una nueva implementación de red telefónica compleja, basada en la tecnología **SDH**, la cual consta de 5 anillos que son:

- Anillo Central
- Anillo Norte
- Anillo Oeste
- Anillo Este
- Anillo Sur

De estos solo el Anillo Central está en funcionamiento en la actualidad, puesto que es el único que ha sido implementado completamente, reemplazando a los otros anillos que no están en funcionamiento se encuentra la red **PDH**, conformada por sus respectivas centrales ubicadas en toda la ciudad con su correspondiente distribución de líneas telefónicas que soporta actualmente.

- **Tecnología PDH**

Actualmente existen en el mundo dos PDH's definidas por el CCITT que son: la Europea basada en la velocidad primaria de 2048 Kbits/s y la Americana (utilizada en U.S.A y Japón) basada en la velocidad primaria de 1544 Kbits/s, ambas obtenidas por la multiplexación síncrona de trenes básicos de 64Kbits/s (32 y 24 canales respectivamente). Cada una de estas jerarquías exige en cuanto a sincronización una correcta temporización en ambos extremos para demultiplexar adecuadamente las señales.

- **Tecnología SDH**

SDH es una alternativa de evolución de las redes de transporte, que nace debido al acelerado crecimiento de las actuales redes de transmisión, demanda de nuevos servicios y aparición de nuevos operadores de red.

SDH satisface las exigencias de flexibilidad y calidad que requiere un mercado que está continuamente en cambio. Además, SDH beneficia también a las empresas operadoras en cuanto a la optimización de su rentabilidad, reducción de costos de operación y mantenimiento y facilidad de supervisión. Un análisis más detallado de la tecnología SDH se presenta en el capítulo 2.

A continuación se muestra un esquema de la red PDH (figura 1.6) y de la red SDH (figura 1.7) con las que actualmente cuenta PACIFICTEL.



### RED SDH

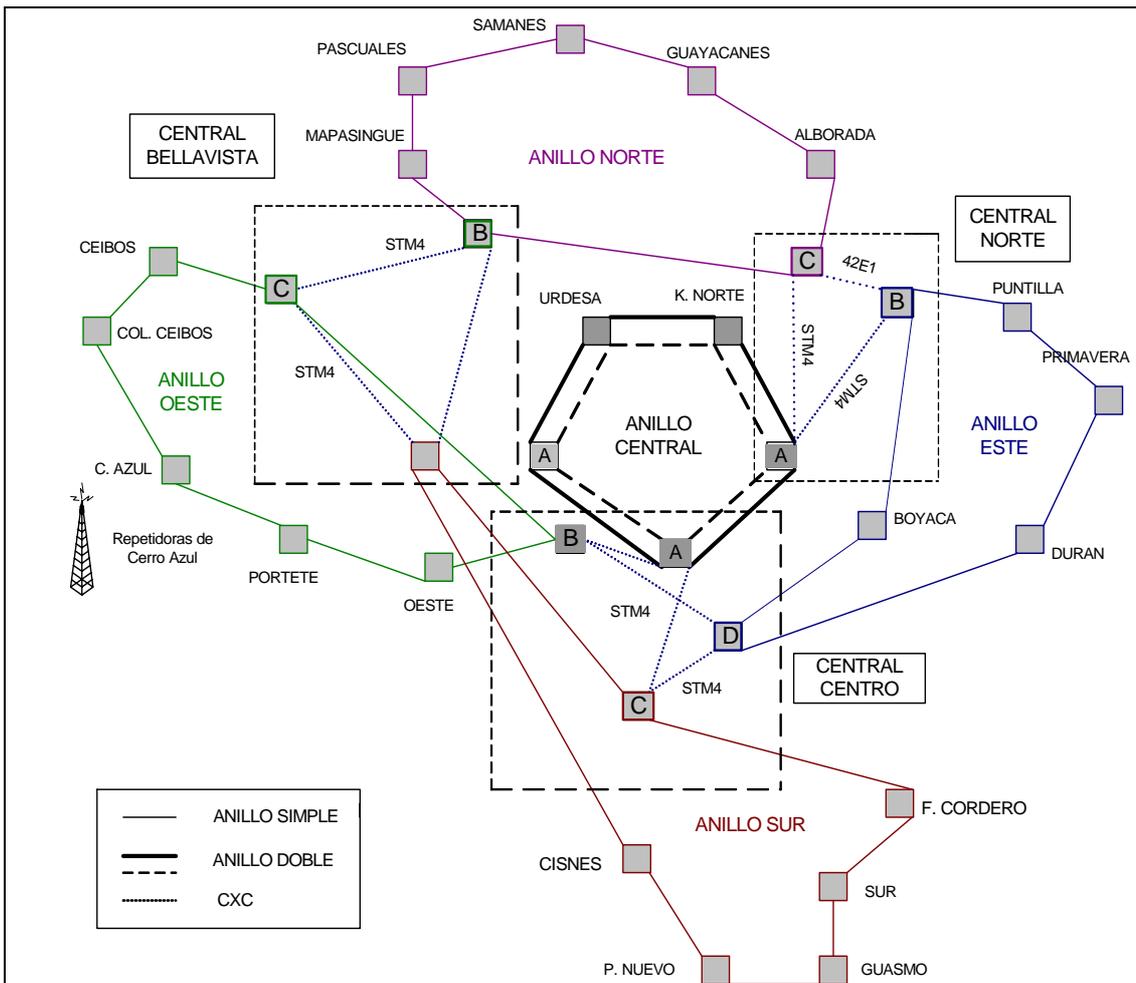


Figura 1.7 Diagrama esquemático de la red SDH de Guayaquil

La topología de la red en mención es una combinación de malla y estrella. Los enlaces entre unidades remotas al igual que los intercentrales se llevan a cabo por medio de fibra óptica.

A continuación se muestra un cuadro con las centrales existentes, el número de líneas por cada central y las series numéricas por central.

<b>CENTRAL</b>	<b>No. DE LINEAS</b>	<b>SERIES NUMERICAS</b>
<b>CENTRO</b>	35578	320000-329999 510000-519999 522000-526951 526952-529999 530000-534999 535000-536047 738000-738255 700000-700255 940000-941023
<b>NORTE</b>	34695	280000-296999 390000-399999 690000-693695 297000-297999 298000-299999 689000-689999
<b>SUR</b>	30103	330000-335103 340000-349999 440000-449999 580000-584999
<b>OESTE</b>	21000	360000-375999 450000-455000
<b>LOS CEIBOS</b>	5120	350000-355119
<b>ALBORADA</b>	37151	230000-249999 270000-279999 640000-647151
<b>BELLAVISTA</b>	10000	200000-209999
<b>DURAN</b>	18047	800000-818047
<b>MAPASINGUE</b>	20800	250000-262799 262800-266999 650000-651799 269000-269999 267000-267998
<b>FEBRES CORDERO</b>	16000	410000-419999 400000-405999

*Tabla 1.3 Series Numéricas por central*

<b>CENTRAL</b>	<b>No. DE LINEAS</b>	<b>SERIES NUMERICAS</b>
<b>COLINA-CEIBOS</b>	5000	850000-854999
<b>GUAYACANES</b>	16000	820000-829999 620000-620599
<b>PASCUALES</b>	9400	890000-899399
<b>PTO.NUEVO</b>	10000	480000-489999
<b>CERRO AZUL</b>	5000	870000-874999
<b>SAMANES</b>	5000	210000-214999
<b>BOYACA</b>	53000	300000-314999 560000-597999
<b>PUNTILLA</b>	7304	830000-837303
<b>PRIMAVERA</b>	11048	860000-867047 670000-671999 675000-676999
<b>PORTETE</b>	18144	460000-468143 470000-479999
<b>GUASMO</b>	26984	430000-439999 490000-499999 420000-426983
<b>URDESA</b>	28600	880000-889999 380000-389999 680000-685499 687000-688099 630000-631999
<b>CISNE</b>	11400	840000-849999 660000-661399

*Tabla 1.3 Series Numéricas por central*

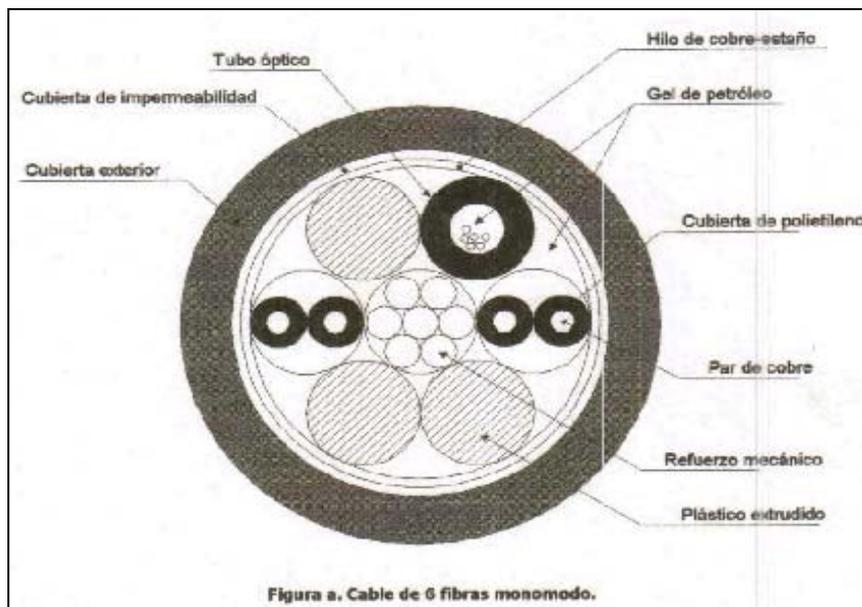
### 1.1.6.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ENLACES DE FIBRA OPTICA

Los módulos ópticos y los pares de cobre están ensamblados en hélice alrededor de un refuerzo mecánico central. El refuerzo mecánico consiste en un cable de acero de 19 hilos de diámetro 0.6 mm, recubierto con polietileno.

DISEÑO	TIPO 6 FIBRAS	TIPO 8 FIBRAS	TIPO 12 FIBRAS
Tubo de 6 fibras	1	1	2
Tubo de 2 fibras	0	1	0
Pares de 0.6 mm	2	2	2
Juncos plásticos	4	3	3

*Tabla 1.4 Diseño de cables de fibra*

Los espacios libres del alma son rellenados con gel de petróleo y una cinta de material plástico se aplica alrededor del alma.



*Figura 1.8 Cable de fibra óptica*

- **Características de la fibra óptica**

*Materiales*

Núcleo	silicio dopado
Revestimiento	silicio puro
Recubrimiento	dos capas material acrílico

*Características geométricas*

Diferencia del índice de refracción	0.30 +/- 0.04%
-------------------------------------	----------------

Diámetro sobre el revestimiento	125 +/- 3 $\mu\text{m}$
Error de concentricidad	1 $\mu\text{m}$
No circularidad del núcleo	6%
No circularidad del revestimiento	2%
Diámetro sobre recubrimiento	250 +/- 15 $\mu\text{m}$
Error de concentricidad del recubrimiento	10%
No circularidad del recubrimiento	11%

### *Características ópticas*

Diámetro del campo de modo	10 +/- 1 $\mu\text{m}$ %
Atenuación a 1300 nm	0.5 db/Km
Dispersión total a 1260-1360 nm	6 ps/nm.km
Dispersión total a 1285-1300 nm	3.5 ps/nm.km
Longitud de onda de cortadura	1175 +/- 75 nm

### *Parámetros del medio ambiente*

Temperatura límite para operación	-10 a +80 °C
Temperatura límite para instalación	-10 a +50 °C

## **1.2 TENDENCIAS**

### **1.2.1 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS**

La digitalización de la red telefónica analógica ha conducido a la aparición de la Red Digital Integrada (RDI), en la que solo quedaría por digitalizar la parte del usuario a la central.

La Red Digital de Servicios Integrados es una red pública de telecomunicaciones en continuo crecimiento y con una estructura flexible, diseñada para integrar voz, datos, video, imágenes y otras aplicaciones.

Nace como reemplazo de la red telefónica análoga y tiene dos grandes ramas, ISDN de banda angosta que provee servicios de baja velocidad desde 1.2 kbps hasta 2.0 Mbps y ISDN de banda ancha, basada en tecnología ATM (modo de transferencia asíncrono) para necesidades de alta velocidad desde 2 hasta 600 Mbps.

#### **1.2.1.1 RDSI DE BANDA ANCHA**

- La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) corresponde al concepto de evolución de la red telefónica hacia una red universal capaz de soportar una gran variedad de servicios.

- El principio se fundamenta en la independencia del tipo de información que se transmite, lo que se logra mediante el proceso de digitalización de la información.
- Una vez codificada en forma digital, cualquier tipo de información, sea voz, datos o imágenes, puede ser transferida como secuencia de bits, por lo que su tratamiento en la red es único.
- El concepto RDSI-BA nace debido a la necesidad de transportar servicios una mayor velocidad de transferencia, como por ejemplo las señales de una videoconferencia.
- En suma, una Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha puede ser descrita convencionalmente como una tecnología de vanguardia capaz de transmitir un enorme volumen de información a altísima velocidad, lo que permite el intercambio simultáneo e integrado de datos, imágenes y señales de audio y video.
- La transmisión de una página de texto demora alrededor de un minuto y medio en un fax corriente. Con una RDSI sobre protocolo ATM se envían 122 páginas por segundo.

El desarrollo de nuevas tecnologías de información y la aparición de nuevos servicios exige a las redes de comunicación el transporte de información en cantidades cada vez mayores y a velocidades elevadas.

Para poder transmitir estas velocidades tan altas se han creado diversos tipos de redes, la mayoría desarrolladas para un fin o servicio específico. Las más conocidas son las redes de TV (CATV), diseñadas para distribuir programas de TV desde un punto centralizado (centro de cabecera) a los usuarios abonados al servicio: estas redes están dirigidas principalmente al sector de abonados individuales.

En el entorno empresarial podemos encontrar redes de banda ancha en el interior de los propios edificios de los abonados, como las denominadas Redes de Area Local (LAN) que pueden llegar a operar a velocidades de varios Mbps. Cuando estos abonados quieren comunicarse a mayores distancias deben acudir, en la mayoría de los países, a las facilidades que la red pública pueda poner a su disposición. No obstante, y orientados a entornos privados, se están desarrollando redes de banda ancha para interconectar LAN; son las denominadas Redes de Area Metropolitana (MAN), que no obstante serán en un futuro soportadas por la red pública.

Las redes públicas han venido ofreciendo a sus abonados facilidades de banda ancha en la forma de circuitos punto a punto, primero basados en medios analógicos y recientemente en medios digitales, según se han ido introduciendo elementos de tecnología digital en la red. Hoy en día la mayoría de las Administraciones ofrecen servicios punto a punto de hasta 140 Mbps. La gestión de estas líneas alquiladas que requieren normalmente unos procedimientos administrativos y de operación complicados, se ha visto facilitada enormemente con la incorporación de elementos

semiautomáticos (los denominados “Digital Cross Connect”) que permiten realizar de una manera muy sencilla las conexiones requeridas por los usuarios, tanto si son permanente como si son un régimen reserva, es decir, durante un período de tiempo predeterminado. Un servicio que utiliza este tipo de redes es el de videoconferencia.

Otros medios de comunicación de banda ancha puestos a disposición de los usuarios del sector empresarial son las redes satélites y, en algunos países, redes conmutadas a 2 Mbps.

- **Conceptos Generales sobre la RDSI-BA.**

El inicio de los estudios sobre la RDSI-BA en el CCITT pueden marcarse en el período de estudio 1985-1988, y fue debido fundamentalmente al desarrollo tecnológico en los campos de transmisión de alta velocidad, de conmutación de banda ancha y de procesamiento de señales. Los países que más están contribuyendo a este estudio son aquellos que han iniciado tareas específicas de investigación y desarrollo en estas tecnologías y que han establecido planes para la instalación de redes de banda ancha.

La RDSI-BA permite ofrecer comunicaciones a velocidades de hasta 140 Mbps. Esta red se basa en los mismos principios funcionales de la RDSI de banda estrecha. Si bien contempla nuevos aspectos, como la integración de servicio de distribución (por

ejemplo: TV y Música), junto a los tradicionales servicios interactivos de las redes de telecomunicación, y como la incorporación de flexibilidad en el uso de la red.

Esta flexibilidad supone que el abonado puede utilizar los recursos de la red cada vez que necesite comunicarse, por ejemplo, que pueda definir el ancho de banda preciso para su información y pueda elegir las facilidades que precise: para el operador de la red la flexibilidad supone la disponibilidad del mecanismo que permitan una explotación de la red (gestión, mantenimiento, operación y administración) optimizada. En la definición de RDSI-BA se tiene en cuenta los principios definidos por las redes inteligentes, como medio de ofrecer una flexibilidad a usuario y operadores.

- **Servicios de la RDSI-BA**

El objetivo es que RDSI-BA sea una red capaz de integrar tanto los servicios de banda ancha, entendidos como aquellos que requieren velocidades de transmisión superiores a 2 Mbps, como los servicios de banda estrecha que ofrezca la RDSI-BE.

Se prevé que la RDSI-BA ofrecerá, al igual que lo hace la RDSI-BE, servicios portadores y teleservicios, los primeros utilizables para aplicaciones de transmisión de datos a muy alta velocidad y los segundos para ofrecer a los usuarios comunicaciones completamente normalizadas.

Sin embargo, la identificación de servicios de banda ancha es una tarea difícil, debido a que en la mayoría de los casos son servicios de nueva concepción sobre los que no existe experiencia práctica. Otro factor muy importante es la incertidumbre de la demanda de servicios de banda ancha y las necesidades específicas de los usuarios. A fin de facilitar esta identificación, se ha elaborado una nueva clasificación de servicios.

Los servicios de conversación proporcionan en general el medio para comunicación en diálogo bidireccional con transferencia bidireccional en tiempo real (es decir, sin que intervenga una unidad de almacenamiento y de retransmisión) de extremo a extremo. El flujo de información del usuario puede ser simétrico bidireccional, asimétrico bidireccional y, en ciertos casos concretos (por ejemplo en la vigilancia por video) unidireccional. Ejemplos de servicios de esta clase son: videotelefonía, videoconferencia, videovigilancia, transmisión de video, audio y datos, etc.

Los servicios de mensajería ofrecen comunicación de usuario a usuario entre usuarios individuales de unidades de almacenamiento y de retransmisión o de funciones de “apartados de correo” y/o tratamiento de mensaje. Ejemplo de estos servicios son: correo electrónico de imágenes, correo electrónico de documentos, etc.

El usuario de los servicios de consulta tiene la posibilidad de extraer información almacenada en centros de información, en general para uso público. Esta información se transmitirá al usuario solo si la solicita. La información puede extraerse

individualmente, es decir, que el usuario determina el instante en el que debe comenzar una secuencia de información. Ejemplos de estos servicios son: videotex de banda ancha, acceso a bases de datos de video y de imágenes fijas de alta resolución, etc.

Los servicios de distribución sin control de la presentación individual por el usuario proporcionan un flujo continuo de información que es distribuido desde una fuente central a todos los receptores autorizados conectados a la red. El usuario puede tener acceso a este flujo de información sin la posibilidad de determinar en que instante debe comenzar la difusión de la serie de información. El usuario no puede determinar el comienzo ni el orden de presentación de la información difundida. La presentación de la información puede haber comenzado antes de que el usuario tenga acceso al servicio. Ejemplos de estos servicios son: distribución de programas de TV de calidad existentes (PAL, SECAM, NSTC), de calidad mejorada (V2-MAC) o de alta definición (MDTV), TV de pago, periódico electrónico, etc.

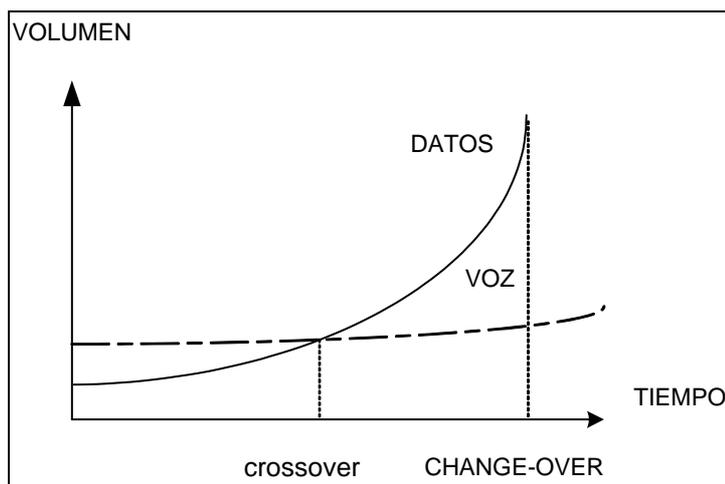
Los servicios de distribución con control de presentación individual por el usuario distribuyen también información desde una fuente central a un gran número de usuarios. Sin embargo, la información se suministra como una secuencia de entidades de información (por ejemplo tramas) con repetición cíclica. Por tanto, el usuario puede tener acceso individual a la información distribuida cíclicamente, y determinar el punto de comienzo y el orden de la presentación. Como consecuencia

de la repetición cíclica, la entidad o entidades de información seleccionadas por el usuario se presentarán siempre desde el comienzo. Ejemplo de esta clase de servicios es la videografía de definición de canal completo, aplicable a enseñanza a distancia, publicidad, telesoftware, etc.

### 1.2.2 TENDENCIAS Y NECESIDADES DE LAS REDES DE VOZ

La explosión de tráfico Internet y el rápido aumento en el número de usuarios de Internet no han pasado desapercibidos. ¿Qué impacto tendrán estos desarrollos en las redes existentes de telecomunicaciones?.

El volumen de tráfico de datos está aumentando a un ritmo mucho más rápido que el tráfico de voz o telefonía (figura 1.9).



*Figura 1.9 Volumen de tráfico de datos*

El volumen de tráfico de telefonía era mucho más grande que el de datos en el pasado y las redes de datos dependían principalmente del uso de la red de telecomunicaciones basada en la conmutación de circuitos, o en el uso de redes separadas. En alguna fase hay puntos de cruce de tráfico, como cuando ambos tipos ocupan la misma cantidad de capacidad en la red. Sin embargo, la voz da cuenta todavía de un mayor grado de ingresos de operador.

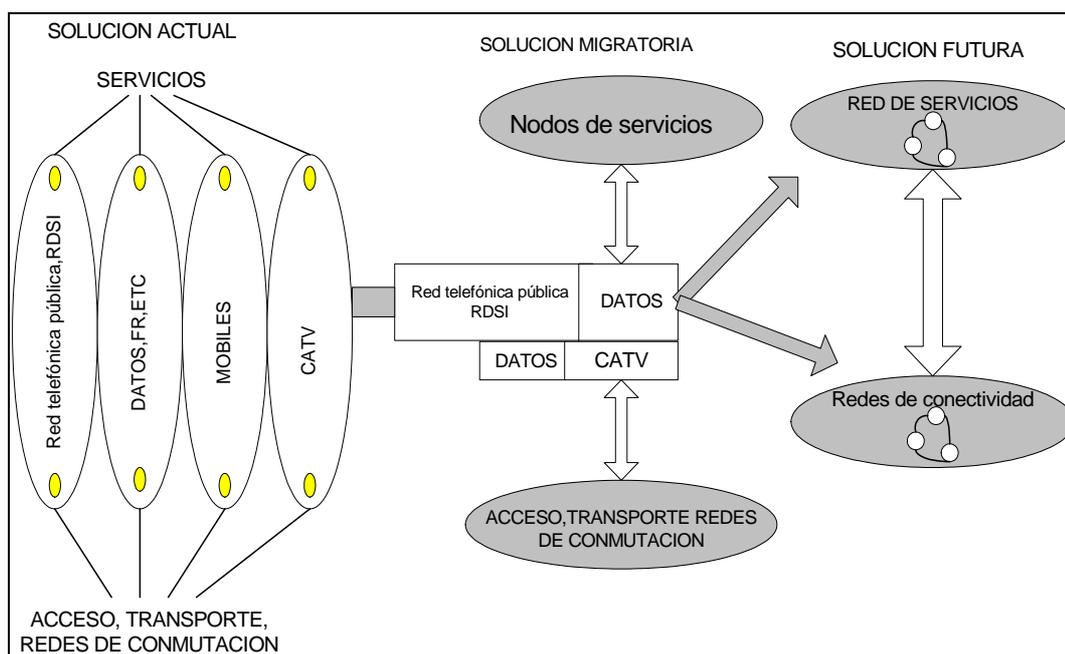
Pero el tráfico de voz por hilos está aumentando más lentamente hoy, y hay varios motivos por lo que es así. Un segmento en aumento de las redes de voz es manejado en redes celulares. También existen nuevas posibilidades de mover cualquier cosa que es datos en voz, de manera tal que se pueda hacer de todo por redes de datos. Algunos ejemplos son el correo electrónico al que se le puede adjuntar un fichero, sustituyendo así un mensaje de fax- o la demodulación de un mensaje de fax cuando entra en la red pública de manera que se pueda enviar como datos.

La tendencia es también hacia el uso de voz empaquetada en el lado de terminal o de usuario. Esto es actualmente realidad en teléfonos, clientes de software de telefonía que funcionan en computadores personales y centrales telefónicas privadas (LAN PBX VIRTUAL).

La perspectiva de ofrecer transporte de voz en banda ancha de menos de los 64 Kbps sobre segundo comunes a costo de transmisión más bajo es atractiva para nuevos

operadores en ambientes en los que se han eliminado las reglas, así como para operadores establecidos como una manera de mantenerse competitivos.

A medida que las tecnologías para codificar la voz van siendo disponibles y viables serán muy usadas las realizaciones eficaces de software que funcionan en computadoras personales estándar o en procesadores de señales digitales, cuya capacidad se encuentra constantemente en aumento. Otra tendencia es la manera en que se están desarrollando las redes y los servicios de telecomunicaciones de una orientación vertical a una horizontal (figura 1.10).



**Figura 1.10** Las redes se están desarrollando de una orientación vertical a una horizontal

Las tendencias de redes de datos y de voz descritas en el gráfico anterior se encuentran en línea con la perspectiva de una red de conectividad basada en paquetes.

Gracias a sus garantías de flexibilidad y calidad de servicio (QoS), el modo de transferencia asíncrono (ATM) ha probado ser capaz de entregar conmutación y transporte eficaz en lo que se refiere a costos para una red de conectividad. ATM ha sido también elegido para ofrecer conmutación y transporte en las redes de acceso móvil de tercera generación, lo que refuerza el caso de ATM como parte de la red de conectividad.

Como se encuentran las cosas, parece que la voz se está moviendo de conmutación de circuitos a conmutación de paquetes lo que anuncia una nueva opción para redes de voz. Los operadores establecidos tendrán que considerar así un cambio de curso de redes de conmutación de circuitos a conmutación de paquetes, lo que anuncia una nueva opción para redes de voz. Los operadores establecidos tendrán que considerar así un cambio de curso; pero la transición tendrá que manejarse con calma, sin un impacto negativo en servicios en términos de riqueza de características, calidad de servicio o fiabilidad. Además, y al usar ATM en sus redes los nuevos operadores podrán ofrecer voz y telefonía en una red común junto con datos, video y servicios de Internet.

- **Beneficios de operador y usuario final**

El mover las redes de voz a ATM beneficia al operador de la red y por suerte puede beneficiar también al usuario final. Los beneficios de operador son esencialmente del todo económicos, sin embargo, el momento en el que será más económico manejar voz en una red ATM depende de las circunstancias del operador individual.

Los beneficios a los usuarios finales son básicamente dobles, se les puede ofrecer una tarifa flexible, basada en la calidad de servicio deseada. De esta manera se puede elegir una calidad de voz más baja como un servicio barato (de clase turista). Por otro lado si es solicitado por los usuarios, se puede ofrecer una calidad más alta de audio para ciertas aplicaciones tales como llamadas de conferencias. Los usuarios finales pueden además optar por acceso integrado a todos los servicios, haciendo que la vida sea más fácil.

- **Beneficios relacionados con servicios**

Al preparar un camino para un trayecto de migración específico, la red de voz puede desarrollarse con calma hacia una red basada en ATM, se prefiere mucho más una migración con tranquilidad a una sustitución drástica. Al basarse en servicios existentes en la red pública de telefonía conmutada (PSTN) y redes integradas de

servicios digitales (ISDN), pero sustituyendo el transporte STM por ATM podemos asegurar una interoperabilidad total y sin fisuras con las redes existentes. De esta manera se puede mover partes de la red ATM, mientras que las otras partes permanecen en STM.

La consolidación de PSTN, ISDN y servicios de red inteligente (IN) da transparencia de servicio; esto es que la oferta de servicio es independiente de la tecnología de transporte. No sólo será posible ofrecer interoperabilidad de servicio sin fisuras, sino también gestión de servicios sin fisuras. Los clientes y servicios pueden ser gestionados de forma central de la misma manera sin tener en cuenta si están conectados a una red STM ó ATM.

Los servicios existentes de banda estrecha pueden ser consolidados reutilizando el equipo de la red y el software, en lo que ya se han hecho inversiones. Esto se describe en las dos aplicaciones de producto siguientes, que fueron diseñadas para dar apoyo completo de servicios de voz y telefonía en una red ATM.

- **Factores que determinan la evolución de los servicios y las redes.**

Los cambios y la evolución de las redes de telecomunicación se han producido siempre por: necesidades de los usuarios, los requisitos de los operadores, la

disponibilidad de nuevas tecnologías y también por la cada vez mayor competencia entre operadores y suministradores de servicios, estimulada por la liberalización de servicios e infraestructuras.

***Necesidades de los usuarios:*** Generalmente los requisitos de los usuarios en cuanto a servicio de telecomunicaciones y de redes son muy sencillos:

- Servicios de transportes con diferentes velocidades y nodos de transmisión.
- Provisión de toda clase de servicios mediante una única interfaz con la red.
- Tarifas que permitan su utilización a una razón costo-beneficio razonable.

En particular, los usuarios de los negocios son capaces de adaptar, con sus propios medios, una determinada infraestructura de telecomunicaciones y sus servicios a sus aplicaciones.

***Requisitos de los operadores:*** El principal objetivo de los operadores al evolucionar las redes es satisfacer las necesidades de los usuarios, es decir, ofrecer unos productos atractivos que generen ventas y beneficios.

En unas circunstancias del mercado tan cambiantes, hay que servir a las necesidades de los usuarios y además distanciarse de sus posibles competidores. Así habrá que

implantar rápidamente los nuevos servicios y ponerlos a disposición de todos los usuarios de la red. Los operadores deberán ser capaces de adaptarlos de forma flexible a las necesidades individuales de cada usuario.

Los beneficios son el resultado no solo de grandes volúmenes de ventas, sino también de costos reducidos en la explotación de la red. El costo de explotación de una red durante su ciclo de vida es aproximadamente de 7 a 10 veces la inversión en los componentes de la red.

***Progreso tecnológico:*** Para cumplir con los objetivos impuestos por las necesidades de los usuarios y de los operadores es necesario disponer de las técnicas adecuadas. Las técnicas de transmisión no son el cuello de botella en la provisión de servicios de banda ancha. El envío de cientos de megabits por segundo sobre algunos sistemas de transmisión por fibra óptica es hoy en día algo corriente.

Las redes de conmutación están restringidas a un máximo de **n x 64 Kbps** salvo algunas raras excepciones.

La tecnología ATM es la base de una nueva generación de conmutadores de banda ancha. No solo permite la conmutación a altas velocidades sino que también soporta la transmisión de servicios de redes de banda estrecha. ATM es por ello la

tecnología mundialmente reconocida para los sistemas de conmutación, estando disponible en una serie de productos de red y de usuarios.

# **CAPITULO II**

## **TECNOLOGIA APLICADA A LAS REDES DE BANDA ANCHA**

Los sistemas de transmisión actuales tienen una serie de limitaciones muy significativas cuando se desea universalizar su utilización para gran capacidad de ancho de banda, hasta los Gbps y todo tipo de tráfico. Como consecuencia de las limitaciones de los sistemas actuales, surge el concepto de Jerarquía Digital Sincrónica, o su acrónimo en inglés SDH (Synchronous Data Hierarchy), que culminó con las recomendaciones del CCITT G.707, G.708 y G.709, publicadas en 1989. En Norteamérica, ANSI definió las especificaciones SONET, análogas a SDH, con la incorporación de la velocidad de 51,58 MBPS para USA y Japón, así como algunos de sus múltiplos no especificados en SDH.

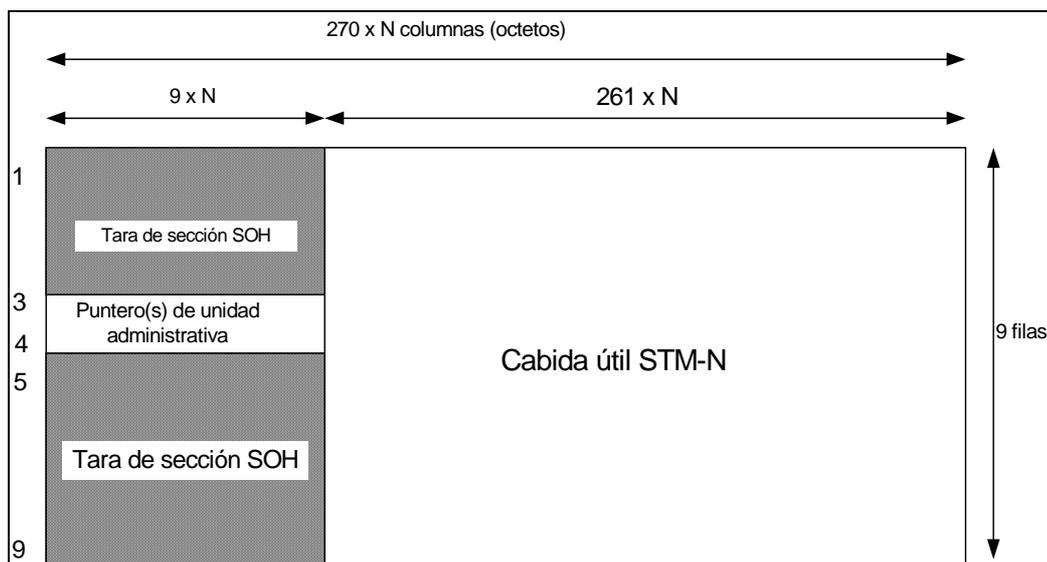
En función del concepto emergente de SDH, se distingue ahora entre la jerarquía existente, que pasa a ser llamada PDH (Jerarquía Digital Plesiocrónica) y la SDH.

La palabra Plesiocrónico es un término que se deriva del griego, cuyo significado es “cuasi sincrónico”

## **2.1 JERARQUIA DIGITAL SINCRONICA**

### **2.1.1 Estructura básica SDH**

SDH trabaja con una estructura básica según lo define la CCITT. La velocidad básica definida en SDH es 155,52 Mbps. Esta velocidad se deriva de una estructura matricial constituida por 270 columnas y 9 filas de octetos en donde se transmite la información (figura 2.1). La transmisión es secuencial, de manera que se transmiten primero los octetos correspondientes a la primera fila, seguidamente los de la segunda y así sucesivamente. En cada octeto se transmite primero el bit más significativo. Si en cada estructura de 270x9 octetos se desea transmitir un octeto de canal telefónico, por el teorema de Nyquist, se deben transmitir 8000 estructuras por segundo (una estructura cada 125 microseg.). En consecuencia, la velocidad es de  $270 \times 9 \times 8 \times 8000 \text{ bits} = 155,52 \text{ Mbps}$ . Se definen también las velocidades binarias más altas, múltiplos de la anterior, como 622,080 Mbps.



**Figura 2.1 Trama STM-N**

En la estructura de 270x9 octetos se distinguen fundamentalmente los siguientes campos:

Las 9 primeras columnas constituyen lo que se define como Función Auxiliar de Sección o Transport Overhead. Entre sus funciones más significativas están: entramado, detección de errores, canal de comunicación para gestión de red y señalización de mantenimiento. También incluye apuntadores que indican la posición de los diversos canales, sean síncronos o plesiocrónos, dentro de la estructura. En la función auxiliar de sección está contenida la SOH, Section Overhead, constituida por los octetos de las filas 1 a 3 y 5 a 9, columnas 1 a 9; los octetos de la fila 4 de las columnas 1 a 9 constituyen los apuntadores que indican el comienzo de la POH, Path Overhead, o Función Auxiliar del Trayecto, constituida a

su vez por las 9 primeras columnas de la carga útil. Si bien la carga útil, incluyendo POH, está formada por 9 filas y 261 columnas, su posición “flota” entre dos estructuras matriciales, partiendo de la señalada por los apuntadores de las 9 primeras columnas de la fila 4.

### **2.1.2 Características SDH**

- **Multiplexación SDH**

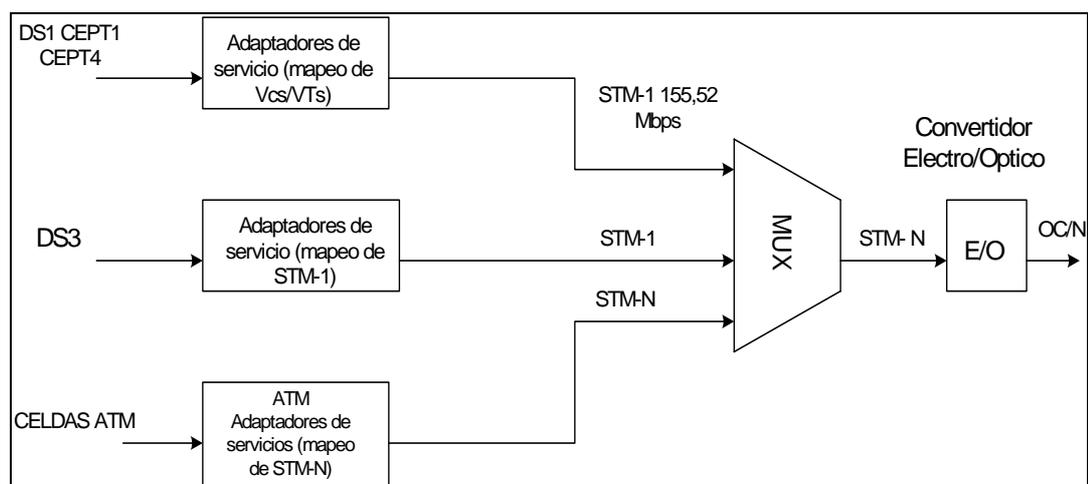
Cualquiera que sea la señal transmitida por el usuario: T1, E1, celdas ATM u otras, se convierten en un formato de trama STM, la que constituye la base para la jerarquía de multiplexación SDH. La señal STM-1 es una señal eléctrica y su notación STM-N significa que el adaptador de terminal de servicios puede multiplexar la señal STM con múltiplos enteros de su velocidad base. Esta velocidad base es 155,52 Mbps.

El acceso a la red SDH se efectúa mediante una multiplexación que consta de dos etapas:

- 1.- Un adaptador terminal de servicios, utilizado para empaquetar señales entrantes tales como E1, T1 y otro tipo señales dentro de la envoltura de información sincrónica dentro de la trama SDH.

2.- Un multiplexor de inserción/extracción (Add-Drop Multiplexer ADM) que, combina eficientemente el tráfico de diferentes localizaciones y lo integra en un solo enlace. Este multiplexa varios flujos STM-N por los canales de fibra, una vez que la señal eléctrica STM-N se convierte en señal de luz, se llamará señal de portadora óptica “OC-N” (Optical Carrier Signal) donde “N” representa un múltiplo entero del flujo que puede ser multiplexado con este dispositivo.

El término “inserción/extracción” significa que el dispositivo puede insertar carga o extraer carga de uno de los dos canales de fibra, dejando pasar el tráfico directamente a través del multiplexor sin necesidad de procesos adicionales.

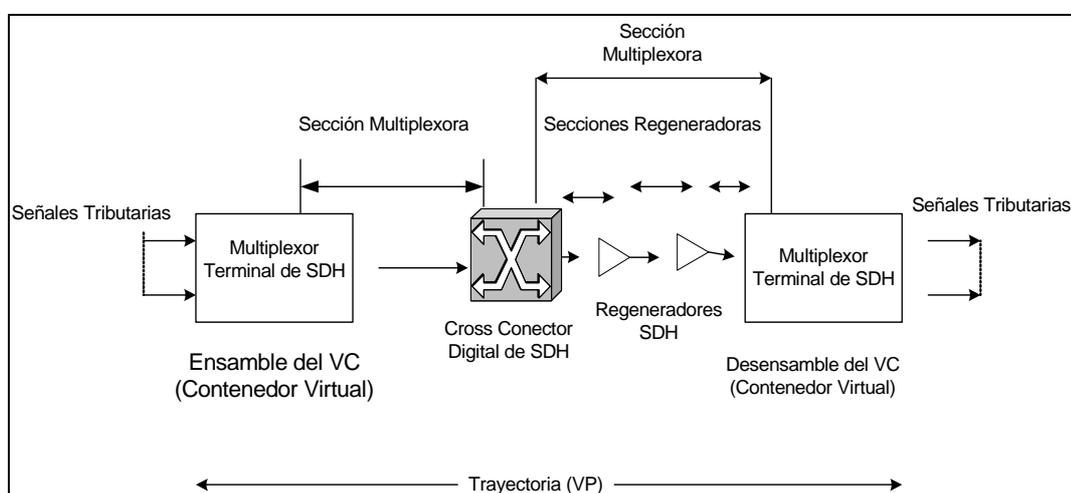


**Figura 2.2 Multiplexación SDH**

En la figura 2.2 se muestra un esquema de multiplexación y podemos ver como el adaptador de servicios puede aceptar cualquier rango de señales desde DS1/E1 a B-ISDN tanto como celdas ATM. Adicionalmente soporta rangos más bajos como

DS0. El propósito del adaptador de servicios es de mapear estas señales dentro del paquete STM-1 o en múltiplos. Algunas STM-1 se multiplexan juntas para formar una señal STM-N, esta señal se envía a un convertidor eléctrico/óptico donde se convierte la señal eléctrica STM-N a una señal óptica OCN.

El ADM se utiliza para insertar y extraer información en varias localizaciones de una red por lo tanto un ADM debe poder extraer las celdas ATM de las tramas SDH entrantes y dejarlas en el nodo local, además deberá poder insertarlas en las celdas ATM en la misma trama para poder transmitir las. El ADM es responsable de chequear la cabecera de la celda (VPI y quizás VCI) para tomar las decisiones del procesamiento de tráfico. Así puede dejar las celdas en este nodo o retransmitirlas a otro nodo.



**Figura 2.3 Estructura de una red SDH**

Los sistemas Cross-Connect se utilizan para transconectar diferentes contenedores virtuales. Uno de sus principales trabajos es procesar el transporte de señales con sus respectivas cabezas de trayectorias y mapear varios tipos de tributarios o contenedores virtuales a otros, puesto que realiza la conmutación a nivel de contenedores virtuales y estos contenedores no son accesibles a demultiplexación. Además puede diferenciar tráfico de ancho de banda alto, tráfico de ancho de banda bajo y llevar éstos a diferentes puertos.

- **Ventajas SDH**

- Permite la sincronización bajo un mismo reloj de todos los componentes de la red.
- Permite transmitir todas las jerarquías digitales existentes (es posible transportar jerarquías PDH en el sistema SDH). Permite el acceso de señales de banda ancha mediante ATM
- Permite la multiplexación de canales sincrónicos y asincrónicos con lo que se conoce la posición de cada tributario (2 Mbps) y se pueden efectuar operaciones conocidas como ADD-DROP
- Permite la arquitectura tipo anillo, esto lo hace gracias al enrutamiento en ambos sentidos
- Facilita la operación, mantenimiento, administración y gestión de la red.

- Fácil crecimiento hacia velocidades mayores, en la medida que lo requiera la red.
- Alta integración de hardware que permite el 75% de reducción de equipos (disminución del espacio físico).

### 2.1.3 VELOCIDADES EN LA JERARQUÍA SDH

IDENTIDAD	VELOCIDAD	CANALES A 64 KBPS	AÑO
STM-1	155.520 Kbps	63X30=1.890	1992
STM-4	622.080 Kbps	4X1.980=7.560	1992
STM-16	2'488.320 Kbps	4X7.560=30.240	1994
STM-64	9'976.000 Kbps	4X30.240=120.960	1996

*Tabla 1.1 Velocidades SDH*

## 2.2 TECNOLOGÍA ATM

La tecnología llamada *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) Modo de Transferencia Asíncrona es el corazón de los servicios digitales integrados que ofrecerán las nuevas redes digitales de servicios integrados de Banda Ancha.

El ATM es la técnica que hay que elegir cuando se quiere contar con un soporte eficiente al transporte de la voz, video y datos en una misma red. Los costos operativos que pueden ahorrarse con una red única, independiente del servicio ofrecido y dotada de conectividad flexible, son significativos. Por ello las redes comerciales de ATM se están implantando de forma generalizada. Una fuerza que impulsa a las redes portadoras de ATM es Internet. Los nodos de Internet basados en encaminadores (ruteadores) pueden enlazarse con una eficiencia mucho mayor en una infraestructura de ATM que en las líneas alquiladas tradicionales.

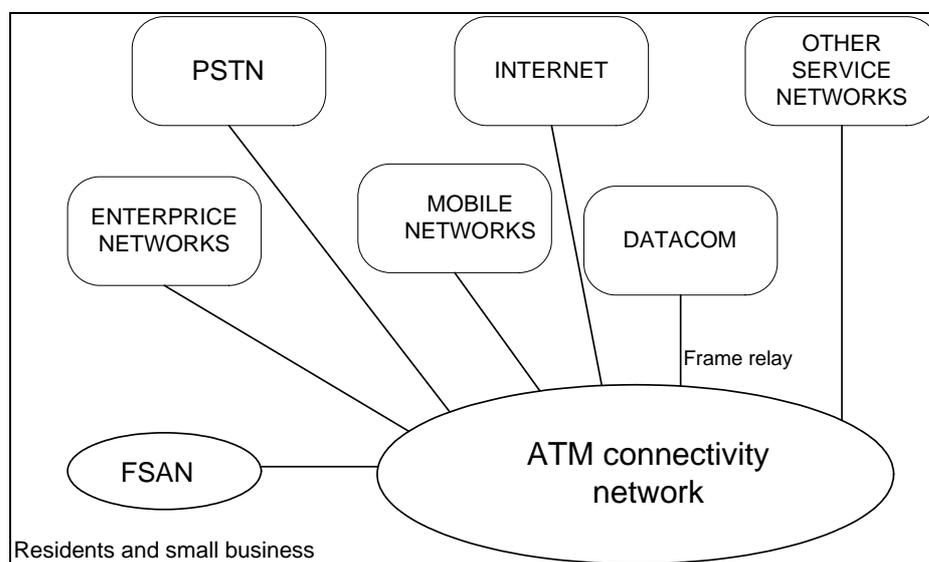
Hace algún tiempo, la industria de las telecomunicaciones empezó a definir la red digital de servicios integrados en banda ancha (B-ISDN) como la infraestructura capaz de prestar todos los servicios.

La diversidad de los servicios a los que hay que dar soporte y las diferentes maneras de ofrecerlos han conducido a la conclusión de que lo único que se consigue integrando cada uno de ellos en una red de servicios unitarios son retrasos para el cliente.

Otra ventaja de tener redes específicas para servicios múltiples es que permiten ofrecerlos independientemente de las redes de conectividad. Una red ATM común proporciona conectividad a todos los tipos de red.

Gracias a sus trayectos y circuitos virtuales, una red de modo de transferencia asíncrono (ATM) es una infraestructura orientada a las conexiones. A estas pueden asignárseles distintos contratos de tráfico; por ejemplo, anchura de banda y calidad de servicio (QoS). Un juego de parámetros puede usarse para llamadas de voz y otro completamente distinto para llamadas de datos o video.

Las redes ATM sirven de conectividad para varias redes de servicios, tales como las redes de Internet para servicios IP y las redes PSTN/ISDN y de comunicación de datos tradicionales. También proporcionan servicios genuinos de ATM e interoperabilidad de servicios. Ver Figura 2.4.



**Figura 2.4** Una red ATM común proporciona conectividad a todos los tipos de red

La comunicación corporativa de área amplia ocupa una gran parte de capacidad de las redes de telecomunicaciones. Hoy, la comunicación de área amplia se basa primordialmente en líneas alquiladas. Las redes de conectividad basadas en ATM mejoran y simplifican los servicios de área amplia.

En los servicios de línea de alquiler de jerarquía digital plesio-crónica (PDH), la red de conectividad de ATM puede prestar apoyo a la red de línea alquilada mediante circuitos de emulación. Para los usuarios finales que quieran actualizar los equipos a interfaces de ATM, la red de conectividad de ATM ofrece conexiones virtuales permanentes en cualquier anchura de banda.

En comparación con las redes PDH tradicionales, los servicios de línea alquilada usando ATM reducen las inversiones en comunicaciones de área amplia corporativas, así como los gastos de explotación, y también lo hacen para el mercado de mayoristas a otros operadores, cuya importancia aumenta cada vez más. En consecuencia, las redes de ATM absorben el crecimiento en el mercado de las líneas alquiladas, y ahora están reemplazando las redes de transmisión PDH.

Una importante función incorporada en las redes de conectividad de ATM que las distingue de otras redes de transporte es su capacidad de establecer conexiones de ATM bajo solicitud mediante señalización. Esta función permite que las redes de servicios y área ancha tengan:

- Una infraestructura fija basada en conexiones permanentes.
- Una infraestructura basada en conexiones bajo solicitud conmutadas.
- Una combinación de conexiones permanentes y conmutadas.

En muchos casos, las conexiones permanentes cumplen los requisitos de los usuarios de las redes ATM. Sin embargo, el papel desempeñado por las conexiones bajo solicitud conmutadas crecerá en importancia, debido a que pueden establecerse cuando hace falta. Asimismo, en lo que respecta al usuario, son más tentables. Y además, puesto que las conexiones bajo solicitud conmutadas pueden usarse para atajar picos de tráfico, también son una herramienta útil para reducir el costo de las líneas alquiladas.

### **2.2.1 PRINCIPIOS Y CARACTERÍSTICAS DE UNA RED ATM**

En 1987, la UIT-T (llamada entonces CCITT) selecciona el ATM como la respuesta adecuada para integrar las ventajas de la conmutación de paquetes y de la conmutación de circuitos. En 1990, la UIT-T añadía un conjunto de 13 recomendaciones a la serie I (ISDN) para especificar los aspectos más importantes de ATM. En esencia, las características más importantes de la red ATM son:

- Su capacidad de integración de diversos tipos de tráfico.

- La asignación dinámica y flexible del ancho de banda.
- La optimización del compromiso entre caudal y latencia.
- La ganancia estadística, es decir, su capacidad de optimizar la relación entre: la suma de las velocidades de pico de las fuentes y la velocidad del enlace.

Por estas razones, la tecnología ATM, que fue propuesta originalmente por la industria de las Telecomunicaciones, es recomendada en la actualidad como solución universal para redes de banda ancha por los más importantes organismos de las industrias de comunicaciones y computadoras.

Los conceptos de ATM, son los siguientes:

- Operación por conmutación de paquetes, ya que se utilizan paquetes de longitud fija, (48 octetos de información y 5 octetos de control), denominados celdas. Esta opción de celdas de tamaño fijo permite el uso de nodos de conmutación a velocidades muy altas.
- Orientado a conexión al nivel más bajo. La información se transfiere por canales virtuales asignados mientras dura de la conexión.
- La asignación del ancho de banda se realiza en función de los requerimientos de transmisión del usuario.

- Se garantiza que las celdas llegan a su destino en el mismo orden en el que fueron transmitidas.

Las celdas constan de un campo de información de 48 octetos y una cabecera de 5 octetos, que contiene un conjunto de informaciones de control, como identificadores, que se utilizan para la identificación de las conexiones y encaminamiento, entre otras cosas.

El tamaño de la celda de 48 octetos se deriva de un compromiso entre una serie de características deseables para cada tipo de tráfico. Por una parte por razones de eficiencia de transmisión, es conveniente que las celdas sean de tamaño razonablemente grande. Desde el punto de vista de la transmisión de datos, también es aconsejable que las celdas tengan un tamaño grande para evitar una excesiva segmentación. Sin embargo, para aplicaciones sensibles al retardo, o a la variación del retardo, es aconsejable que las celdas sean de menor longitud posible. Con las anteriores premisas se realizaron varias propuestas, desde 32 octetos, adecuadas para transmisiones telefónicas, hasta 64 octetos como tamaño mínimo razonable para transferencia de datos. Es obvio que 48 octetos es un claro compromiso derivado de la media aritmética de las anteriores celdas. El retardo de paquetización de una celda de 48 octetos para el tráfico telefónico a 8000 octetos por segundo es de 6 ms, que es una cifra aceptable para la transmisión de voz, aun considerando otros retardos que se producen en la red.

Al ser ATM una tecnología orientada a conexión, tiene que establecerse una conexión virtual entre usuarios finales antes que se comience a transmitir la información. Las conexiones pueden establecerse mediante procedimientos de señalización del plano de control o pueden ser permanentes o semipermanentes, establecidas por el procedimiento del plano de gestión.

A cada conexión se le asigna un conjunto de parámetros de tráfico y de QoS, de acuerdo con las peticiones del usuario, Siempre que puedan ser proporcionadas por la red. Esta asignación se realiza normalmente durante el establecimiento de la conexión, mediante un proceso denominado Control de Admisión de conexión (CAC). Este proceso determina los parámetros que se asignan a la conexión en función de los requisitos de los usuarios; se establece entonces lo que se denomina un “contrato de tráfico”.

Durante la transferencia tiene lugar también otro proceso denominado Control de Parámetros de Usuario, UPC, denominado “Política de Tráfico”, cuya misión es monitorear la conexión y tomar medidas oportunas en caso de que la conexión exceda los límites asignados.

Los estándares ATM definen dos interfaces significativas: la UNI (User-to-Network Interface) y la NNI (Network-to-Network-Interface).

La UNI proporciona la conexión a la red ATM desde un equipo terminal ATM o bien desde un sistema intermedio, IS, tal como un hub, puente o encaminador, que a su vez controla equipos de usuario final.

La NNI define la interfaz entre dos nodos ATM; cuando la NNI conecta nodos pertenecientes a distintas redes se denomina NNI-ICI, es decir, NNI Inter Carrier Interface.

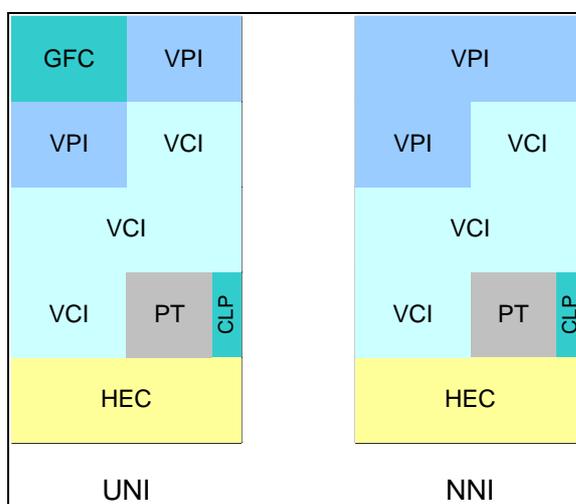
Para adecuar la velocidad del enlace ATM a la de los dispositivos conectados se insertan celdas no asignadas. Las conexiones lógicas ATM se denominan Conexiones de Canal Virtual (CCV), concepto heredado del circuito virtual de las redes de paquetes X25, también similar a la conexión lógica en Frame Relay.

Adicionalmente a las CCV, en ATM se introduce el concepto de Trayecto Virtual. Una conexión de trayecto virtual, CTV, es un conjunto de CCV que tienen los mismos puntos de terminación. Por consiguiente, todas las celdas del conjunto de los CCV se conmutan conjuntamente en una única CTV. De esta forma, se reducen los costes de control y gestión de la red.

## 2.2.2 ESTRUCTURA DE LA CELDA ATM

La celda ATM consta de una cabecera de 5 octetos y un campo de información de 48 octetos. En la recomendación L.361 de la UIT-T se especifican dos formatos de celdas, para la UNI (User to Network Interface), y la NNI (Network to Network Interface), respectivamente. La diferencia radica en la necesidad que la UNI disponga de un campo para GFC. En el siguiente gráfico podemos ver los formatos de las celdas:

Los campos de las celdas ATM son los siguientes:



**Figura 2.5 Formato de Cabecera para una interfaz UNI y NNI**

- Campo GFC (en la UNI): Consta de 4 bits. Tiene como propósito señalar el equipo del usuario para reducir el flujo de tráfico (evitando congestión).

- Campos ITV/ICV : tiene 24 bits en la UNI (8 para ITV y 16 para ICV) y 28 bits en la NNI (12 para ITV y 16 para ICV) Los 4 bits de diferencia se deben al campo GCF de la UNI.
- Campo de tipo de carga útil, PTI, Payload Type Identifier. Está constituido por 3 bits. Indica el contenido de carga útil (datos de usuario información de gestión información OA/M), así como situación de congestión en algún punto de la red.
- Campo de prioridad de pérdidas de celdas, CLP, CELL LOSS PRIORITY . Tiene un bit de longitud. Las celdas con este bit en uno son las primeras en ser descartadas en caso de congestión .
- Campo de Control de error de cabecera, HEC. Consta de 8 bits. Es procesado por nivel físico para detectar errores en la cabecera. El código utilizado permite la corrección de errores simples o detección de errores múltiples.

### **2.2.3 FUNCIONES DE LA CAPA ATM.**

La capa ATM es la responsable de añadir el campo de cabecera para establecer el mecanismo de encaminamiento, control de flujo y corrección de errores, pero su misión principal es la transferencia del flujo de celdas a través de la red. Para ello la capa ATM, realiza un conjunto de funciones que se detallan a continuación:

- **MULTIPLEXACION/DEMULTIPLEXACION DE CELDAS**

En emisión se combinan (multiplexan) celdas de diferentes trayectos virtuales, TV, y canales virtuales CV, en una única corriente de celdas. En recepción, se realiza el proceso inverso, es decir, se dirigen las celdas a sus correspondientes TV y CV. En los nodos intermedios tiene lugar una función de encaminamiento entre la demultiplexación y la multiplexación, para ello, se utilizan los campos en la cabecera de la celda denominados identificador de trayecto virtual, ITV, e identificador de canal virtual, ICV.

- **GENERACION/EXTRACCION DE CABECERA DE LA CELDA.**

Estas funciones están presentes únicamente en puntos de terminación ATM, en emisión, la función de generación de cabeceras de celdas, generan la cabecera de la celda, una vez recibida la información de la capa superior, con excepción de la secuencia HEC, control de error de cabecera, que se calcula e inserta por la capa física. En recepción, la función de extracción de cabeceras, extrae la cabecera de las celdas y pasa el campo de información a la capa superior.

- **TRASLACION ITV/ICV.**

Los ITV e ICV son etiquetas que identifican los TV y Cv en cada enlace. No se trata de direcciones explícitas, pues, debido a su longitud, estas no podrían estar contenidas en la cabecera de la celda. Tal como se ha comentado, las etiquetas ITV e ICV tienen una validez local, por lo que es necesario cambiarlas en los nodos de conmutación, de acuerdo con una cierta función de traslación.

- **CONTROL DE FLUJO GENERICO GFC.**

El objetivo de esta función es controlar el flujo de celdas de los usuarios de la red en la UNI (nunca a la inversa). Su utilización está siendo objeto de debate en los foros y organismos de normalización, habiéndose especificado otros mecanismos para control de congestión.

#### **2.2.4 CONMUTACION DE CELDAS**

La conmutación ATM es temporal asíncrona y opera en celdas (conexiones virtuales). Las celdas son conmutadas entre un acceso de entrada y uno o varios de la salida. La estación de mando del conmutador contiene una tabla de traducción, cargada en el momento de establecer las conexiones que permiten orientar las

celdas recibidas hacia los diferentes accesos de salida. La conmutación de las celdas es rápida ya que se efectúa por componentes fijos, sin protocolo software.

#### **2.2.4.1 CANALES VIRTUALES Y TRAYECTOS VIRTUALES**

Hemos expuesto que en ATM existen dos conceptos básicos: canal virtual y trayecto virtual .

Desde una perspectiva arquitectónica, también en ATM se utiliza el término objeto para designar a cada una de las entidades abstractas que se pueden establecer en la arquitectura. Estos objetos son:

- Enlace de canal virtual, ECV.
- Conexión de canal virtual, CCV.
- Enlace de trayecto virtual, ETV.
- Conexión de trayecto virtual, CTV.

Estos objetos se apoyan en los conceptos de canal virtual y trayecto virtual anteriormente comentados.

El canal virtual  $C_v$ , se define en ATM como un término genérico para describir la capacidad de comunicación unidireccional para transportar celdas en ATM.

El trayecto virtual, TV, es un término genérico para designar un agrupamiento de canales virtuales. Todos los CV de un TV tienen los mismos puntos de terminación.

Así pues, los conceptos de CV y TV son genéricos. Los objetos previamente mencionados son los que tienen una semántica más precisa desde un punto de vista arquitectónico.

Un enlace virtual, ECV, es un medio de transporte unidireccional de celdas ATM , entre el punto en el que el identificador de canal virtual, ICV, se asigna y el punto en el que el ICV se termina o traslada. Hay que recordar que los ICV tienen un significado local; en definitiva, un ICV identifica un ECV determinado dentro de un trayecto virtual.

Una conexión de canal virtual CCV, es básicamente una concatenación de ECV. En el plano de usuario, consiste en una conexión de extremo a extremo que permite a los usuarios enviar datos. El concepto es similar al del circuito virtual en X25, con la diferencia de que una CCV transporta datos en una sola dirección.

Un enlace de trayecto virtual ETV, es una agrupación de ECV con los mismos puntos de terminación.

Una conexión de trayecto virtual CTV es una concatenación de ETV.

En base a los anteriores conceptos, en las redes ATM, existen conmutadores de canales virtuales y trayectos virtuales, CV/TV y conmutadores de trayectos virtuales, TV.

La necesidad de establecer un nuevo nivel dentro de la capa ATM, el nivel de CTV se deriva de una serie de ventajas operativas, como son:

- Posibilidad de estructurar una red de conexiones de trayectos virtuales, independientes de la estructura física de soporte .
- Posibilidad de separación de las funciones relacionadas con CCV individuales de las que forman un grupo de CTV.
- La red debe gestionar menos entidades, dado que pueden agregarse.
- El proceso de establecimiento y liberación de las conexiones se reduce; la adición de nuevas CCV a una CTV ya existente, no requiere de ningún proceso en los nodos intermedios.

Tanto las CCV como las CTV pueden establecerse mediante procedimientos de señalización en el plano de control ( bajo demanda ) como mediante el plano de gestión para conexiones permanentes o semipermanentes.

El TV puede ser asignado permanentemente por el plano de gestión, como si se tratara de un circuito dedicado con unas características determinadas. Los usuarios pueden utilizar el TV para un conjunto de aplicaciones, siempre que los parámetros

de TV, como ancho de banda o QoS, sean adecuados. La gestión de la red también se simplifica ,pues solo tiene que controlar las características de TV.

### **2.2.5 SEÑALIZACION EN ATM**

Para la señalización en una red pública se han especificado dos protocolos: el protocolo de interfaz de red privada-red (PNNI) especificado por el ATM forum, y el protocolo de la parte de usuario de los servicios integrados de banda ancha (B-ISUP), especificado por la ITU-T . Aún cuando cada especificación de protocolo cumple con las necesidades básicas de señalización ambas son fundamentalmente distintas, en cuanto a las características de red que crean.

- **CARACTERISTICAS DEL PNNI**

Todos los nodos de conmutación que se interconectan mediante interfaces de red pública-red forman una red PNNI . El encaminamiento entre las redes de PNNI es dinámico. Esto significa que las tablas de encaminamiento son dinámicas y se actualizan automáticamente cuando se producen cambios en la red. Estos cambios se efectúan a través del protocolo de encaminamiento PNNI, que opera en canales de encaminamiento dedicados por el interfaz de red pública-red.

Cierta información básica se ofrece mediante el protocolo de encaminamiento incluyendo pormenores sobre todos los nodos de la red de PNNI, de cómo están interconectados, y a que direcciones o números prestan servicio. Dicha información se almacena en una base de datos de topología que es preciso que mantenga cada nodo de PNNI. Los cambios en la topología, tal como la inclusión de nuevos nodos de PNNI, los enlaces incorporados en servicio o retirados del mismo, y los cambios en los planes de direccionamiento y numeración en la red de PNNI, se envían automáticamente a través de la red por el protocolo de encaminamiento. Esta estructura garantiza que las bases de datos de topología en cada nodo de PNNI se mantengan actualizadas.

El protocolo de encaminamiento de PNNI permite que los operadores gestionen la red de PNNI de forma PLUG and PLAY, puesto que la inclusión o borrado de nodos y enlaces de conmutación, o los cambios en la asignación de direcciones o anunciados automáticamente en cada nodo de conmutación. Esto simplifica considerablemente la administración de rutas y tablas de enrutamiento.

Según el método de encaminamiento de fuente usado en la red de PNNI, el cálculo de la vía que sigue una llamada a través de esta red, es decir, los nodos de PNNI que debe atravesar la llamada, se realiza en el primer nodo que encuentra la llamada en la red de PNNI.

Para que el encaminamiento de fuentes sea efectivo, los nodos que terminan los enlaces proporcionan información sobre los cambios significativos en la disponibilidad de recursos en cada enlace de la red de PNNI. El nodo que calcula el encaminamiento de fuente usa esta información para implementar la probabilidad de éxito en las llamadas encaminadas.

Para limitar la carga de actualizaciones por el protocolo de encaminamiento, que incrementa significativamente a medida que la red crece, el PNNI permite que varios nodos de conmutación de PNNI se reúnan en un grupo lógico, que el resto de la red considera como un nodo singular.

Esta agrupación lógica, que puede crearse en varios niveles jerárquicos, limita el número de nodos y enlaces que cada nodo de PNNI debe almacenar en su base de datos de topología. También limita la cantidad de información que debe pasarse por el protocolo de encaminamiento. Pueden construirse redes muy grandes gracias al método lógico de capas jerárquicas.

- **CARACTERÍSTICAS DE B-ISUP**

Una de las principales características de la red es la gestión del encaminamiento debido a que esto determina cómo se comporta la red en distintas situaciones y

prescribe las condiciones de manejabilidad. Cuando se hacen cambios en la red y en los nodos de red, las tablas de encaminamiento y otros datos de configuración deben actualizarse en concordancia con dichos cambios.

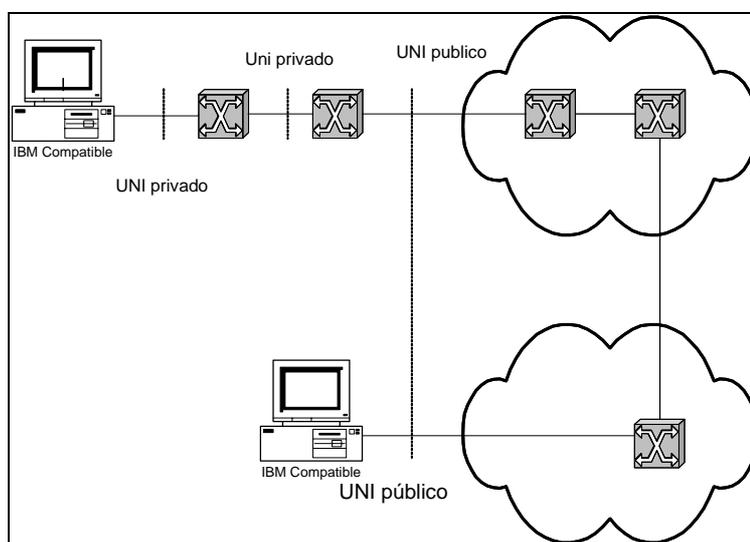
El principio de B-ISUP es que las tablas de encaminamiento estático, que se mantienen en cada nodo, definen el encaminamiento, es decir, determinan cómo va a usarse la red. Las tablas de encaminamiento estático dan a los operadores un pleno control del encaminamiento de la red, y por tanto, de cómo pueden usarse los recursos para distintas clases de tráfico. Esto es especialmente importante en el nivel de tránsito, donde se toman las decisiones sobre la configuración de la red.

La señalización de SS7 tradicional y la parte de usuario de la señalización de ISDN (ISUP) en la red de banda estrecha forma parte del B-ISUP, que está construido de la misma manera y según los mismos principios. Por tanto, se aplica un método de encaminamiento “salto a salto”, lo que significa tomar una nueva decisión de encaminamiento en cada nodo a lo largo del trayecto de la llamada. Esta se basa en el servicio pedido y en la información contenida en las tablas de encaminamiento estático.

Las reglas fundamentales para encaminamiento crean una red rígida y robusta que puede supervisarse y controlarse fácilmente sobre todo porque los operadores pueden determinar por adelantado la elección de las rutas.

### 2.2.5.1 INTERFACES DE SEÑALIZACIÓN

Los procedimientos de señalización y los protocolos que los soportan difieren en los distintos puntos de la red. Si consideramos una red terminal a terminal como la que se observa en la figura 2.6, habrán diferentes interfaces definidos entre los varios elementos.



*Figura 2.6 Interfaces de Señalización*

La interface de usuario de la red UNI (User-Network Interface) es definido como la interface entre el usuario ATM y la red ATM. Hay dos lugares en la red que son clasificados como UNIs: El UNI privado está localizado entre un usuario terminal de ATM y un elemento de red Privada, tales como una central local, un hub o un nodo de conmutación, y el UNI público que es la interface entre la red privada (como un gateway local o puerto de entrada salida de la red) y la red pública. El protocolo de señalización usado en los UNIs (públicos o privados) está basado en el

procedimiento de control de una llamada de ISDN y es el más desarrollado de los protocolos de señalización de ATM.

En una red privada, la interface entre los conmutadores locales se conoce como PNNI o interface privado del nodo de la red. En esta interface PNNI, los procedimientos de señalización son similares a los que regulan las UNIs. Hay un protocolo adicional que se usa para intercambiar información de rutina entre los nodos de la red. También se los conoce como B-ICI (Broadband Inter.-Carrier Interface), esta interface se asemeja a la red de señalización #7. Los protocolos de señalización usados en la B-ICI son una derivación de los procedimientos de ISDN en SS7.

#### **2.2.5.2 ESTANDARES DE SEÑALIZACION**

El desarrollo de estándares para los protocolos de señalización ha tenido un largo y complejo proceso . Esta actividad de estandarización tiene lugar en dos organismos:

- La UIT-T, responsable de los estándares internacionales .
- El Foro de ATM, formado por delegados de un grupo de proveedores de equipos y de servicios, que trabajan en la implementación de acuerdos comunes.

El protocolo de señalización en el UNI se deriva del procedimiento de control de la llamada de los servicios del ISDN de banda angosta y está descrita en la Rec. UIT-Q.2931.

Este protocolo reside en capa 3 (nivel de red) de la OSI (Open Systems Interconnection). El protocolo de capa 2 (nivel de enlace de datos) se conoce como SAAL (Signalling ATM Adaptation Layer ó Nivel de adaptación de la señalización ATM) . El protocolo SAAL está descrito en la rec. Q.2100 , Q.2110 y Q.2130 , que se conocían previamente como Q.SAAL. El foro de ATM tiene una fuerte motivación para crear acuerdos de implementación en corto plazo. Al mismo tiempo que el grupo de estudio 11 de UIT-T trabajó en la Q. 2931, el subgrupo de trabajo de señalización del foro de ATM creó la versión de sus especificaciones UNI. Están buscando una completa convergencia en los protocolos definitivos, facilitando la implementación de las redes ATM.

### **2.2.5.3 DIRECCIONAMIENTO DE ATM.**

Primeramente debemos ver la forma de direccionamiento de las estaciones ATM en la red. Una dirección de ATM es grande por los estándares de la red de datos: 20 bytes. Comparado con los IP que usan solamente 4 bytes, siendo la internet una red muy grande. Hay actualmente 2 formas de codificar una dirección privada de ATM,

dentro de esos 20 bytes. Cada uno de los formatos comparte algunas características comunes.

Los 13 primeros bytes, en la dirección son provistos por la red . El indicador del formato de autoridad (AFI) ubicado en el primer bits indica el formato de dirección usado . Si el AFI identifica un código de país DCC o un designador de código internacional ICD, se usan 10 bits adicionales para especificar la dirección, siguiendo la estructura del punto de acceso al servicio de la red del sistema OSI . Un número de teléfono del plan de numeración E.164 es identificado con otro valor de AFI, y es seguido por 4 bytes más que representan los campos de dirección.

La dirección pública de ATM usada en la interfase de usuario de la red (UNI) puede tener un formato de dirección privada E.164 o uno de los formatos de dirección privados, descritos anteriormente. Las direcciones de ATM pueden parecer bits sin control, pero la razón para usar esta estructura complicada es la seguridad. Los grupos de direcciones, en una jerarquía lógica deben también permitir ser dispuestos en un arreglo lógico y jerárquico.

- **REGISTRO DE LA DIRECCION**

Cuando una red ATM está estructurada, cada estación debe saber su dirección ATM. En una red local, el foro de ATM ha definido algunos procedimientos sobre la

interfase de usuario de una red privada para estaciones terminales, con el fin de determinar sus direcciones ATM desde la red. Un protocolo llamado Interfase de Manejo Local Interino (ILMI) es usado para transportar la información de configuración y de manejo a través de la interfase UNI sobre un canal virtual dedicado (VPI = 0 , VCI = 16).

Esta interfase ILMI usa el protocolo de manejo de red simple (SNMP) con una base de datos de información de manejo (MIB) que describe a la interfase de usuario de la red (UNI) de ATM.

Cada sistema terminal (por ejemplo las tarjetas de interfase de red ATM, los puentes ATM – LAN, etc.), debe conocer su propio valor del identificador del sistema terminal (ESI).

El conmutador local de ATM debe también conocer la componente de la dirección, los 13 bytes incluyen la dirección del punto de acceso al servicio de la red (NSAP), ó los 15 dígitos de la dirección con formato E.164 del prefijo para todos los sistemas terminales asociados al conmutador .

El proceso de registro de la dirección ocurre cuando se inicializa la red, cuando se conecta la estación a la red o se la desconecta. El lado de la red empieza el proceso enviando un mensaje con un juego de pedido (Set Request) con el prefijo de la red,

desde el protocolo de interfase de manejo local interino ILMI hacia el lado del usuario. El usuario agrega el identificador del sistema terminal (ESI ) al prefijo y se completa la dirección ATM, para luego responder con un mensaje de pedido (Set Request de ILMI) que contiene la dirección .

### **2.2.6 CONTROL DE TRAFICO ATM.**

El control de tráfico de las capas de ATM es diseñado para evitar congestión con la red, mediante una administración preventiva del tráfico. La importancia del control del tráfico está en proteger a la red y sus usuarios, de modo de cada uno de ellos reciba las características de calidad que están pagando y de la que depende el éxito o fracaso de sus empresas.

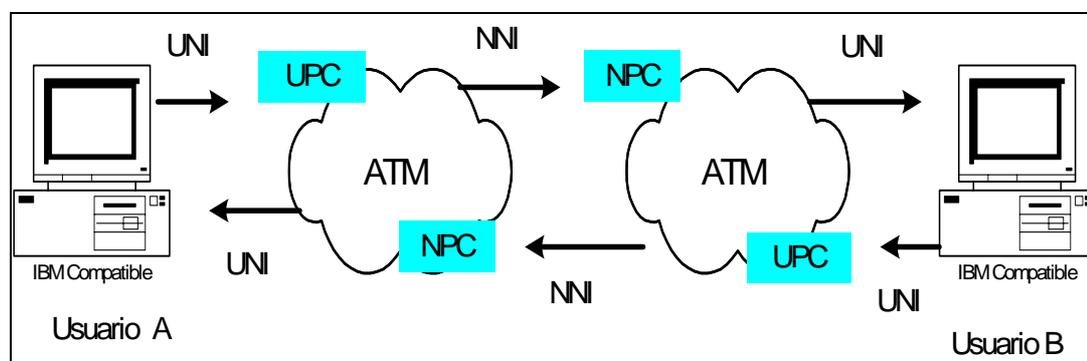
Hay 6 funciones de control de tráfico que son importantes para mantener un buen desempeño de la red:

1. Administración de los recursos de la red.
2. Control de la administración de conexiones.
3. Descargo selectivo de las celdas.
4. Modelado del tráfico.
5. Indicación de congestión explícita de avance.

6. Control del parámetro de uso.

- **CONTROL DEL PARAMETRO DE USUARIO UPC**

Es un mecanismo de control que asegura que los usuarios no violen sus contratos de tráfico, accidentalmente o de forma dolosa. Este control detecta y frena las violaciones de los contratos, de modo que la calidad del servicio de otras conexiones no se vean afectadas (ver figura 2.7). El mecanismo del UPC gobierna la interfase entre el usuario y la red (UNI) y el NPC controla la interfase entre el nodo y la red (NNI).



*Figura 2.7 Ubicación de los mecanismos de control en una red ATM*

La ITU recomienda el control UPC, siendo el NPC opcional. La función UPC es un requerimiento para los UNI públicos en la especificación UNI del Foro de ATM.

El control UPC es un mecanismo que monitorea el tráfico presentado por un UNI Público. Su función principal es monitorear la tasa de celdas de tráfico para las violaciones del contrato; sin embargo, también las chequea con el fin de asegurar que el tráfico presentado tenga los indicadores de circuito y rutas virtuales VPI/VCI válidos.

Si el UPC detecta tráfico ilegal o no válido, puede descargar la celda o puede opcionalmente etiquetarla mediante un bit de prioridad de descargo de la celda CLP, dentro del encabezado de ATM.

La Tasa Pico de la Celda PCR más una tolerancia a la Variación del Retardo de la Celda CDVT, y la Tasa Sostenible de la Celda SCR más un Tamaño Máximo de Ráfaga MBS, son dos parámetros actualmente definidos por el Foro de ATM como

3.x

En concordancia con el Foro de ATM, se requiere vigilar la tasa pico de celda PCR, pero la vigilancia de la tasa de celda sostenible SCR es opcional.

- **TASA DE PICO DE CELDA PCR.**

El Foro de ATM requiere de especificación de un parámetro PRC, y que el usuario seleccione un valor para la tolerancia de la variación del retardo de la celda CDVT de un set de valores que la red puede soportar.

El mínimo intervalo de la celda ( $1/PCR$ ),  $T$ , y la tolerancia  $CDVT, \pi$ , son el incremento y el límite para el GCRA ( $T, \pi$ ). Un PCR diferente puede ser iniciado para los flujos de celdas con una prioridad de pérdida de celda  $CLP = 0$  y  $CLP = 0+1$ , los que serían asignados como GCRA ( $T_0, \pi$ ) y GCRA ( $T_{0+1}, \pi$ ), respectivamente.

- **TASA DE CELDA SOSTENIBLE (SCR) Y TOLERANCIA AL DISPARO (BT)**

Son parámetros opcionales que se definen en conjunto dentro de las especificaciones del Foro de ATM. La SCR especifica la tasa de celda promedio sobre un determinado periodo de la conexión.

La tasa de celda sostenible SCR para una conexión determinada tiene sentido solamente si es menor que la PRC. Pero especificar la SCR y la BT tendría sentido

solamente para servicios VBR (Variable Bit Rate). Estas dos variables son suficientes para caracterizar el algoritmo de tasa de celdas genérica GCRA.

En la práctica, se envía en el mensaje de señalización el máximo tamaño del disparo MBS (en las celdas), y no la tolerancia al disparo.

- **DESCRIPTOR DEL TRÁFICO DE LA CONEXIÓN**

Especifica las características de tráfico de una conexión. Consiste de los siguientes parámetros.

- **Descriptor del tráfico de la fuente**

Es un subconjunto de parámetros de tráfico requeridos por la fuente (usuario) que caracteriza el tráfico que será (o sería) presentado durante la conexión. Incluye parámetros tales como PCR (Tasa Pico de Celda), SCR (Tasa sostenible de Celda) y BT (Tolerancia al disparo). En el Foro de ATM 3.X, el mensaje de señalización que especifica estos parámetros es el elemento de la información de la tasa de celda del usuario ATM.

- **Tolerancia a la variación del retardo de la celda CDV**

Está especificada indirectamente por la clase de calidad de servicio (QoS) que es otro de los parámetros negociado en el contrato de tráfico.

El proveedor del servicio cuantifica estos parámetros del desempeño de la red para cada clase de QoS.

Existen cinco clases de QoS definidas como: QoS clase 0 que no especifica ningún parámetro y está entendida como servicios con el mejor esfuerzo de la red y las clases 1-4 se definen de una manera tal que especifican el tipo de servicios que puedan soportar.

- **Definición de la Conformidad**

La definición de la conformidad manifiesta la combinación de los algoritmos de tasa de celda genéricos GCRA que definen si una celda está en conformidad. Por ejemplo, una definición de la conformidad podría declarar que una celda está de acuerdo con el GCRA que monitorea la tasa pico de celda de la prioridad de pérdida de celda  $CLP=0+1$ ; y, con la GCRA que monitorea la tasa sostenible de celda SCR de la  $CLP=0$ , definiendo de esta forma la conformidad de celda.

### 2.2.7 PARAMETROS DE TRAFICO Y CALIDAD DE SERVICIO

Cuando se establece una conexión ATM se constituye lo que se denomina un “contrato de tráfico” en el que se especifican los parámetros de tráfico y los parámetros de QoS.

Entre los parámetros más significativos y aceptados por los organismos de normalización, como la UIT-T, el ATM Forum o la ETSI, podemos citar:

- **Parámetros de Tráfico:**
  - PRC: Velocidad de pico de las celdas
  - SCR: Velocidad sostenida de las celdas
  - MBS: Máximo tamaño de la ráfaga
  - MCR: Mínima velocidad de las celdas

Para conexiones de velocidades constantes, CBR, solamente es relevante PRC; para conexiones de velocidad variable, VBR, los parámetros SCR y MBS determinan la velocidad media de las celdas, así como el número de celdas que pueden transmitirse en una ráfaga.

- **Parámetros de QoS**

- CER: Cell Error Ratio. Coeficiente de error de celdas
- S-ECBR Severely – Errored Cell Block Ratio, Coeficiente de bloques de celdas con errores severos.
- CLR: Cell Loss Ratio: Coeficiente de celdas perdidas.
- CMR: Cell Misinsertion Rate, Celdas mal insertadas por unidad de tiempo.
- CTD: Cell Transfer Delay, Retardo medio de transferencia de celda.
- MCTD: Mean Cell Transfer Delay, Retardo medio de transferencia de celdas para una o más conexiones.
- CDV: Cell Delay Variation, Variación del retardo de celdas.

Con objeto de estructurar las anteriores ideas, los organismos de normalización están tratando de definir un conjunto de clases de calidad de servicio o modos de transferencia que puedan ser utilizados en los contratos de conexión. No existe por el momento una total armonización, si bien hay una aceptación general sobre los modos de transferencia que comentamos a continuación:

- CBR: Constant Bit Rate: Definida para aplicaciones que requieren disponibilidad de ancho de banda constante en el tiempo y no toleran retardo.

- VBR-RT: Variable Bit Rate. Definida para aplicaciones que no toleran retardo y su patrón de tráfico es variable en el tiempo.
- VBR-NRT: Variable Bit Rate. Definida para aplicaciones que soportan retardo moderado con patrón de tráfico variable en el tiempo.
- ABR: Available Bit Rate. Definida para aplicaciones que toleran retardo y su patrón de tráfico es variable en el tiempo.
- UBR: Unspecified Bit Rate. Definida para aplicaciones que no requieren garantías de retardo ni de asignación de ancho de banda.

### **2.2.8 VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA ATM**

#### **¿Qué ventajas ofrece el servicio ATM respecto a servicios basados en X.25?**

El servicio ATM no requiere complicados procedimientos de control y retransmisiones, lo que lleva consigo una alta proporción de información útil respecto a la información de control del Servicio (en las celdas ATM no existen cabeceras de control de nivel 3 como ocurre con la tecnología X.25).

Concretamente, ATM desplaza hacia los equipos terminales del cliente funcionalidad que en X.25 corresponde a la red (corrección de errores, control de flujo, etc.). Como consecuencia de la disminución de proceso en red, el servicio ATM se adecua mejor

a altas velocidades de transmisión, minimiza el retardo en red y presenta un elevado rendimiento (alto porcentaje de información útil transmitida, cabeceras mínimas).

X.25 está especialmente indicado para tráfico transaccional de bajo /medio caudal y, en particular, para comunicaciones centralizadas en las que muchos puntos se comunican con una instalación central. Ofrece gran cantidad de facilidades opcionales.

ATM está diseñado fundamentalmente para aplicaciones de entorno de Red de Área Local, es decir, transporte transparente de datos a alta velocidad, bajo retardo y alto caudal, transporte conjunto de diferentes tipos de tráfico y múltiples protocolos; también permite el transporte de voz y video.

### **¿Qué ventajas ofrece el servicio ATM respecto a soluciones punto a punto?**

El servicio ATM constituye una alternativa económica y flexible frente a las soluciones de red privada basadas en líneas dedicadas. Al basarse en la multiplexación estadística, permite la compartición y asignación dinámica de recursos de transmisión (equipos, líneas de acceso, red) a múltiples comunicaciones, con el consiguiente ahorro económico. Es especialmente adecuado para redes malladas con alta conectividad entre sus sedes (concepto de CVP), sin ocasionar los gastos elevados inherentes a la instalación de múltiples líneas dedicadas y sus respectivos interfaces en el equipamiento del cliente.

Mientras las líneas dedicadas constituyen una solución bastante rígida a la hora de modificar o ampliar la red, y sin capacidad de enrutamiento alternativo en caso de producirse un fallo o caída de una línea, el servicio ATM se adapta a los cambios en la topología de la Red de Cliente, y utiliza mecanismos de encaminamiento que establecen vías alternativas dentro de la Red de Datos en caso de fallo.

Por último, ATM es un servicio gestionado extremo a extremo, incluye la gestión de la Red de Cliente, siendo esta tarea en el caso de líneas dedicadas responsabilidad del propio cliente.

### **¿Qué ventajas ofrece el servicio ATM respecto al servicio Frame Relay?**

ATM es similar en concepto a Frame Relay. Ambos tienen la ventaja de proporcionar mayor velocidad de transmisión que X.25. En ATM la información está organizada en paquetes de tamaño fijo llamados celdas. Al igual que en Frame Relay, no hay información para el control de errores ni de flujo en las celdas, lo que permite alcanzar altas velocidades.

En ATM, el uso de celdas pequeñas de tamaño fijo tiene varias ventajas. En primer lugar, el uso de celdas pequeñas puede reducir el retardo en cola para una celda de alta prioridad cuando otra celda está siendo transmitida. En segundo lugar, al ser las celdas de tamaño fijo, la conmutación puede ser realizada más eficientemente. Este es un factor importante para obtener las tasas de bits tan altas.

ATM, como infraestructura básica de transmisión de banda ancha, en redes corporativas de área metropolitana (MAN) o extensa (WAN), está sustituyendo a las soluciones basadas en multiplexores SDH.

Las razones tecnológicas expuestas son sólo una parte de la historia. La otra parte, y fundamental hoy en día, es el coste de la solución.

Si atendemos a las capas de servicios de voz, datos y vídeo que se instalarán por encima de la infraestructura de transmisión, los ahorros que se consiguen al diseñar estos servicios directamente sobre ATM son sustanciales. Cuando consideramos los costes de posesión de la red, que tienen que ver con cambios, evolución, operación y mantenimiento de la misma, la partida de ahorro aportada por la solución ATM crece aún más.

El formidable despegue de ATM adquiere de esta forma un nuevo impulso y confirma su carácter de tecnología extremo a extremo, universal y globalizadora.

# CAPITULO III

## BANDA ANCHA SOBRE COBRE

### 3.1 GENERALIDADES

#### 3.1.1 TECNOLOGIAS XDSL EXISTENTES

Bajo el nombre XDSL se definen una serie de tecnologías que permiten el uso de una línea de cobre (la que conecta un domicilio con la central telefónica) para transmisión de datos de alta velocidad y, a la vez, para el uso normal como línea telefónica. Se llaman xDSL ya que los acrónimos de estas tecnologías acaban en DSL, que está por "Digital Subscriber Line" (línea de abonado digital): HDSL, ADSL, RADSL, VDSL son las tecnologías más conocidas. Cada una de estas tecnologías tiene distintas características en cuanto a prestaciones (velocidad de la transmisión de datos) y distancia de la central (ya que el cable de cobre no estaba pensado para eso, a cuanto más distancia peores prestaciones). Entre estas tecnologías la más adecuada para un uso domestico de Internet es la llamada ADSL.

El siguiente cuadro muestra un resumen de las tecnologías XDSL más usadas en la actualidad:

Servicio	Velocidad	Long. Máxima	Nota
G lite ADSL	1 a 1,5 Mbps de bajada 64 a 800 Kbps de subida	5,4 km	Basado en la codificación de amplitud de fase con portadora suprimida(CAP)
G.DMT ADSL	0,5 a 8 Mbps de bajada 64 a 800 Kbps de subida	5,4 km	Basado en codificación DMT. Requiere un splitter para separar voz y datos.
RADSL	0,6 a 7 Mbps de bajada 128 a 1024 Kbps de subida	7,6 km	El mismo ancho de banda que ADSL. Ajusta la velocidad para adaptarse a la línea de cobre.
HDSL	768 a 1,5 Mbps. (2 Mbps con tres líneas)	3,6 km	Requiere dos pares de cable. Es usado a menudo como un servicio T1 alternativo. Puede soportar mayores distancias con un repetidor.
SDSL	384 a 768 Kbps	3 Km	Sus configuraciones más comunes son a 784 Kbps y 400 Kbps
HDSL-2	1,5 a 2 Mbps	3,6 km	El mismo rendimiento que HDSL, pero usa un solo par telefónico. Puede soportar mayores distancias con un repetidor
IDSL	56 A 144 Kbps de bajada, a 144 Kbps de subida	5,4 Km	Usa la codificación 2B1Q como ISDN. Puede soportar distancias de hasta 9 Km con repetidores de señal.
VDSL	13 a 52 Mbps de bajada 1,5 a 3 Mbps de subida	1 Km	Usa la codificación TBD.

**Tabla 3.1 Tecnologías XDSL**

- **ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)**

ADSL es el acrónimo de Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de Abonado Digital Asimétrica). El ADSL es una tecnología que permite, usando el mismo cable telefónico que llega a los hogares o empresas (par de cobre), acceder a servicios de datos (Internet) a alta velocidad sin interferir en el uso tradicional del teléfono usando la capacidad espectral del par de cobre hasta el momento desperdiciada.

G.lite-ADSL y G-DMT ADSL son variaciones de ADSL. G.lite ofrece una velocidad menor que G-DMT pero no requiere el uso de splitters. En cambio G-DMT puede alcanzar velocidades de hasta 8 Mbps pero es fundamental la instalación de splitters para su funcionamiento.

- **HDSL (High Bit Digital Subscriber Line)**

HDSL es una tecnología que permite aprovechar los pares de cobre que conforman la planta externa telefónica para la transmisión de señales digitales con velocidades de hasta 2.048 Mbps. Esta tecnología transmite en full dúplex por dos pares telefónicos una igual cantidad de tráfico de bits por medio de líneas privadas. Ha sido diseñado para cubrir los requerimientos de los clientes ofreciéndoles flexibilidad de transmisión digital proveyendo transmisión de 2 Mbps sobre una o dos pares trenzados de cobre. Esta tecnología es aplicable a: redes privadas, extensión E1,

conexión LAN a LAN, videoconferencia, redes de distribución PBX, aprendizaje a distancia, y acceso remoto a datos.

- **VDSL (Very High Data Rate Digital Subscriber Line)**

VDSL ha sido desarrollado con la idea que pueda ser utilizado como método de transmisión entre el hogar (o negocio) y el punto de acceso a la red de fibra óptica que pueda ser localizada en el vecindario. Esto es, VDSL está destinado a ser utilizado en conjunción con FTTC (Fibra hasta el repartidor) o FTTB (Fibra hasta el edificio). La conexión local a la columna vertebral (backbone) de datos a grandes velocidades es hecha con la fibra óptica. VDSL puede suministrar rangos de datos entre 13 Mbps y 52 Mbps. El rango de datos a que puede ser realizado depende de la longitud de la línea. La conexión local a la columna vertebral (backbone) de datos a grandes velocidades es hecha con la fibra. Existe un punto de acceso en la vecindad (FTTC) o en el sótano del edificio (FTTB) que es propiedad del operador de telecomunicaciones. Este centro utiliza entonces VDSL para alcanzar el hogar o negocio utilizando el lazo local existente de par trenzado. Las operadoras de telecomunicaciones podrían utilizar VDSL para enviar demanda de video a los hogares, usando televisión de alta definición, dado el largo ancho de banda que VDSL permite sobre un simple par de cobre. Otra aplicación potencial de VDSL es la de ser utilizada para realizar tráfico sobre ATM.

- **RADSL (Rate-adaptive Asymmetric Digital Subscriber Line)**

Esta nueva tecnología ofrece velocidades de acceso mayores y una configuración de canales que se adapta mejor a los requerimientos de las aplicaciones dirigidas a los usuarios privados como vídeo bajo demanda o acceso a Internet. Son estas las típicas aplicaciones donde se necesitan unos anchos de banda elevados para recibir la información multimedia y solo unos pocos kilobits por segundo para seleccionarla.

- **SDSL (Single Line Digital Subscriber Line)**

Es prácticamente la misma tecnología que HDSL pero utiliza únicamente un par, por lo que se sitúa estratégicamente en el segmento de los usuarios residenciales que sólo disponen de una línea telefónica. Esta tecnología está orientada principalmente a la transmisión de datos.

- **HDSL-2 (High Bit Digital Subscriber Line)**

HDSL-2 es una nueva versión de la tecnología DSL, también conocida como DSL de alta velocidad.

HDSL-2 es una tecnología simétrica que tiene el propósito de reemplazar líneas E1/T1 y a su predecesor HDSL. Esta tecnología transporta datos a velocidades de hasta 1.5 Mbps sobre un solo par telefónico distancias de hasta 3.6 Km. HDSL-2 soporta voz, datos, video usando ATM, servicio de línea T1, y frame relay.

- **IDSL (ISDN Digital Subscriber Line)**

IDSL es una variación de la tecnología DSL que permite a los usuarios emplear la tecnología ISDN (Red Digital de Servicios Integrados) para usarla solamente en el transporte de datos.

IDSL transmite datos digitales a velocidades de hasta 144 kbps en líneas telefónicas existentes.

Esta tecnología usa la misma codificación de transmisión que ISDN, pero su diferencia básica es que IDSL es un servicio totalmente dedicado típicamente tarifado de forma plana, mientras que ISDN puede involucrar tarifas por cada vez que se desea usar el servicio.

Las tecnologías XDSL funcionan en todos los pares de abonados, salvo en algunos casos en que los cables son muy viejos o están deteriorados.

### **3.2 LINEA DE ABONADO DIGITAL ASINCRONICA (ADSL)**

#### **POR QUE ADSL?**

Generalmente, ADSL es el servicio que más se ajusta para los hogares, ya que mucha más información es típicamente descargada que transmitida, especialmente cuando se usa el internet. Con equipos ADSL instalados en ambos lados del lazo local, el servicio de voz puede coexistir con ADSL sobre el mismo par de cobre, haciendo la tecnología aun más atractiva para el acceso de banda ancha desde los hogares.

Por otro lado, la competencia en la industria de cable y la explotación del uso de internet está poniendo presión a los proveedores de telecomunicaciones para mejorar sus servicios. Estos proveedores se están cambiando a ADSL en lugar de otras tecnologías DSL porque este servicio combina satisfactoriamente sus servicios de ancho de banda y sus necesidades de marketing.

ADSL es un servicio que ayuda a los proveedores a retener a sus clientes y a mantener el liderazgo en el mercado de las telecomunicaciones. Sin embargo, el desarrollo de servicio representa un conjunto de retos ya que típicamente revela las limitaciones en la infraestructura de la planta externa que requiere especial atención de los técnicos. Además, los técnicos deben de estar prevenidos de las formas en que

el servicio ADSL puede afectar su trabajo. Por ejemplo, ¿cómo la tecnología ADSL impactará los servicios implementados?.

### **3.2.1 CONCEPTOS ADSL**

ADSL permite velocidades de hasta 8Mbps (cerca de un millón de bytes por segundo) en el sentido red-usuario y de hasta 1Mbps en el sentido usuario-red. Actualmente, en España estas velocidades son de hasta 2Mbps en el sentido red-usuario y de 300kbps en el sentido usuario-red. Esta tecnología de banda ancha permite utilizar las líneas telefónicas convencionales para la transmisión de datos a alta velocidad, con acceso permanente, tarifa plana, y simultáneamente la utilización del teléfono para hablar.

El carácter asimétrico de esta tecnología se adapta perfectamente a Internet, ya que los usuarios de la Red suelen recibir (velocidad de bajada o descendente) muchos más datos de los que envían (velocidad de subida o ascendente): por ejemplo, cuando se visita una página, se envía a la Red la petición (unos pocos bytes) y posteriormente se recibe en el ordenador la página deseada compuesta por texto e imágenes (el tamaño de los mismos depende del contenido y tipo de la página, pero es muy superior al tamaño de la petición realizada).

En el mundo actual, la dificultad de las personas para aprovechar el tiempo eficientemente y sin estar dependientes de un horario preestablecido es cada vez mayor. La tecnología ADSL pone el control del tiempo en manos del usuario y este puede distribuirlo a su conveniencia y para sus necesidades individuales, ya sean de trabajo, educación o de entretenimiento.

La otra característica importante de ADSL es que separa la voz y los datos, de forma que se puede hablar por teléfono aunque el ordenador esté conectado a Internet. ADSL se comercializa bajo la modalidad de cuota fija pagando una tarifa plana, con independencia de cuánto tiempo se haya tenido el ordenador conectado a la Red, y facturación independiente de la de voz. El despliegue de ADSL posibilita la oferta de servicios de banda ancha a través del cable telefónico.

### **Modalidades de acceso, velocidad de conexión**

Los operadores de telefonía deberían ofrecer, al menos, tres modalidades:

Modalidad A: Ancho de banda descendente de 256 Kbits/segundo, y ascendente de 128 Kbits/segundo.

Modalidad B: Ancho de banda descendente de 512 Kbits/segundo, y ascendente de 128 Kbits/segundo.

Modalidad C: Ancho de banda descendente de 2 Mbits/segundo, y ascendente de 300 Kbits/segundo.

### 3.2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA MODULACIÓN

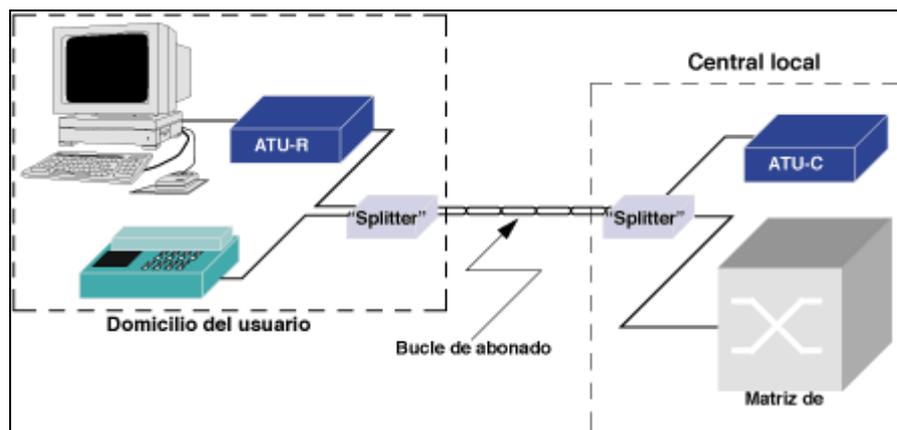
La tecnología ADSL emplea una técnica de modulación que permite la transmisión de datos a gran velocidad sobre el par de cobre (línea telefónica convencional). La primera diferencia entre esta técnica de modulación y las usadas por los módems en banda vocal (V.32 a V.90) es que éstos últimos sólo transmiten en la banda de frecuencias usada en telefonía (300 Hz a 3.400 Hz), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio que va desde los 24 KHz hasta los 1.104 KHz, aproximadamente.

Otra diferencia entre el ADSL y otros módems es que el ADSL puede coexistir en un mismo bucle de abonado con el servicio telefónico (véase en el párrafo anterior el intervalo de frecuencias en el que trabaja el ADSL), cosa que no es posible con un módem convencional pues opera en banda vocal, la misma que la telefonía.

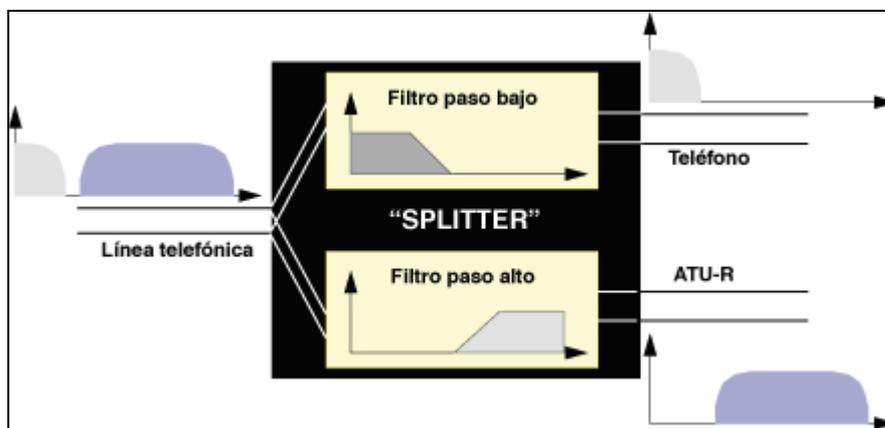
Al tratarse de una modulación en la que se transmiten diferentes caudales en los sentidos Usuario -> Red y Red -> Usuario, el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del bucle, en la central local.

En la Figura 3.1 se muestra un enlace ADSL entre un usuario y la central local de la que depende. En dicha figura se observa que además de los módems situados en casa del usuario (ATU-R o "ADSL Terminal Unit-Remote") y en la central (ATU-C o "ADSL Terminal Unit-Central"), 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 por el bucle de modo que las señales de baja frecuencia (telefonía) vayan separadas de las de alta frecuencia (datos).

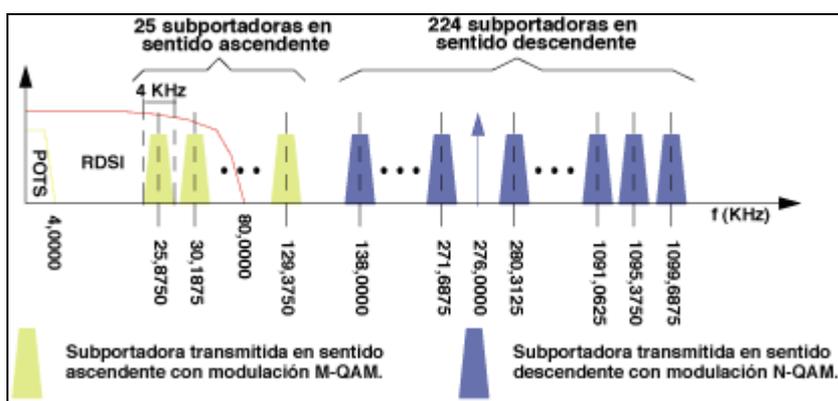


*Figura 3.1 : Enlace ADSL*

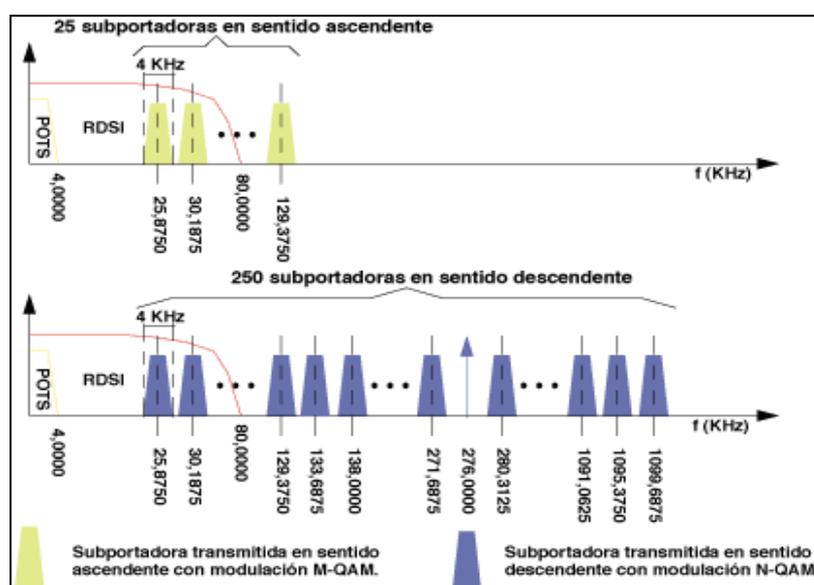


*Figura 3.2 Funcionamiento del "splitter"*

En una primera etapa coexistieron dos técnicas de modulación para el ADSL: CAP ("Carrierless Amplitude/Phase") y DMT ("Discrete MultiTone"). Finalmente los organismos de estandarización (ANSI, ETSI e ITU) se han decidido por la solución DMT. Básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras y no sólo una, que es lo que se hace en los módems de banda vocal. Cada una de estas portadoras (denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación Señal/Ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida. La técnica de modulación usada es la misma tanto en el ATU-R como en el ATU-C. La única diferencia estriba en que el ATU-C dispone de hasta 256 subportadoras, mientras que el ATU-R sólo puede disponer como máximo de 32.



*Figura 3.3 Modulación ADSL DMT con FDM*



*Figura 3.4: Modulación ADSL DMT con cancelación de ecos*

El algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (transformada rápida de Fourier inversa) en el modulador, y en una FFT (transformada rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del bucle. Estas operaciones se pueden efectuar fácilmente si el núcleo del módem se implementa sobre un DSP.

El modulador del ATU-C hace una IFFT de 512 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido "downstream".

El modulador del ATU-R hace una IFFT de 64 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido "upstream".

El demodulador del ATU-C hace una FFT de 64 muestras tomadas de la señal "upstream" que recibe.

El demodulador del ATU-R hace una FFT, sobre 512 muestras de la señal "downstream" recibida.

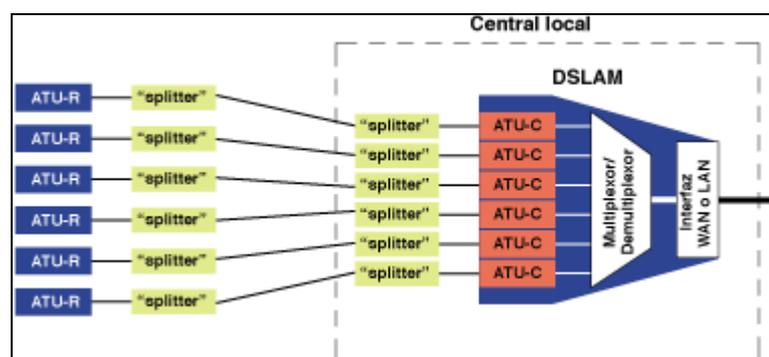
En las dos figuras anteriores se han presentado las dos modalidades existentes dentro del ADSL con modulación DMT: FDM y cancelación de ecos. En la primera, los espectros de las señales ascendente y descendente no se solapan, lo que simplifica el diseño de los módems, aunque reduce la capacidad de transmisión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

En la Figura 3.3 Modulación ADSL DMT con FDM y en la Figura 3.4: Modulación ADSL DMT con cancelación de ecos se muestran los espectros de las señales transmitidas por los módems ADSL tanto en sentido ascendente como descendente. Como se puede ver, los espectros nunca se solapan con la banda reservada para el servicio telefónico básico (POTS o "Plain Old Telephone Service"), y en cambio sí que se solapan con los correspondientes al acceso básico RDSI. Por ello el ADSL y el acceso básico RDSI son incompatibles.

#### **3.2.1.2 DSLAM**

Como antes se ha explicado, el ADSL necesita una pareja de módems por cada usuario: uno en el domicilio del usuario (ATU-R) y otro (ATU-C) en la central local a la que llega el bucle de ese usuario.

Esto complica el despliegue de esta tecnología de acceso en las centrales. Para solucionar esto surgió el DSLAM ("Digital Subscriber Line Access Multiplexer"): un chasis que agrupa gran número de tarjetas, cada una de estas consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia una red WAN (Figura 3.5 DSLAM).



*Figura 3.5 DSLAM*

La integración de varios ATU-Cs en un equipo, el DSLAM, es un factor fundamental que ha hecho posible el despliegue masivo del ADSL. De no ser así, esta tecnología de acceso no hubiese pasado nunca del estado de prototipo dada la dificultad de su despliegue, tal y como se constató con la primera generación de módems ADSL.

### 3.2.1.3 ATM SOBRE ADSL

Estas son las ventajas del acceso ADSL:

- Gran ancho de banda en el acceso: permite el intercambio de información en formato digital a gran velocidad entre un usuario y la central local a la que se conecta mediante un par de cobre.
- Ancho de banda disponible de forma permanente.
- Se aprovecha una infraestructura desplegada, por lo que los tiempos de implantación de los servicios sobre la nueva modalidad de acceso se acortan.

- El acceso es sobre un medio no compartido, y por tanto intrínsecamente seguro.

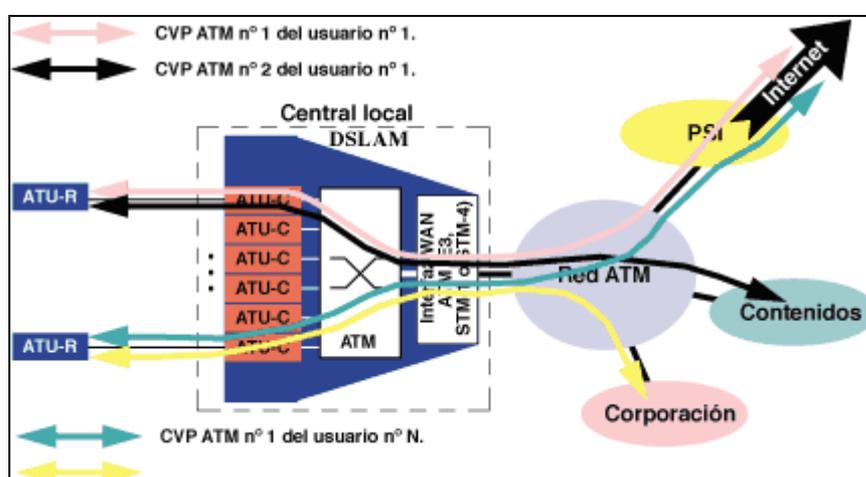
Ahora bien, ¿cómo se puede sacar provecho de esta gran velocidad de acceso? Las redes de comunicaciones de banda ancha emplean el ATM ("Asynchronous Transfer Mode") para la conmutación en banda ancha. Desde un primer momento, dado que el ADSL se concibió como una solución de acceso de banda ancha, se pensó en el envío de la información en forma de células ATM sobre los enlaces ADSL.

En los estándares sobre el ADSL, desde el primer momento se ha contemplado la posibilidad de transmitir la información sobre el enlace ADSL mediante células ATM. La información, sean tramas de vídeo MPEG2 o paquetes IP, se distribuye en células ATM, y el conjunto de células ATM así obtenido constituye el flujo de datos que modulan las subportadoras del ADSL DMT.

Si en un enlace ADSL se usa ATM como protocolo de enlace, se pueden definir varios circuitos virtuales permanentes (CVPs) ATM sobre el enlace ADSL entre el ATU-R y el ATU-C. De este modo, sobre un enlace físico se pueden definir múltiples conexiones lógicas, cada una de ellas dedicadas a un servicio diferente. Por ello, ATM sobre un enlace ADSL aumenta la potencialidad de este tipo de acceso al añadir flexibilidad para múltiples servicios a un gran ancho de banda.

Otra ventaja añadida al uso de ATM sobre ADSL es el hecho de que en el ATM se contemplan diferentes capacidades de transferencia (CBR, VBR-rt, VBR-nrt, UBR y

ABR), con distintos parámetros de calidad de servicio (caudal de pico, caudal medio, tamaño de ráfagas de células a velocidad de pico y retardo entre células consecutivas) para cada circuito. De este modo, además de definir múltiples circuitos sobre un enlace ADSL, se puede dar un tratamiento diferenciado a cada una de estas conexiones, lo que a su vez permite dedicar el circuito con los parámetros de calidad más adecuados a un determinado servicio (voz, vídeo o datos).

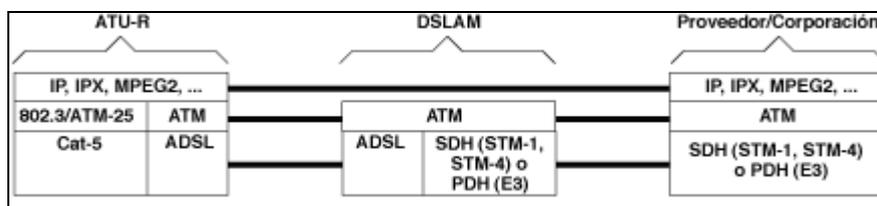


*Figura 3.6 DSLAM ATM*

En los módems ADSL se pueden definir dos canales, uno el canal "fast" y otro el "interleaved". El primero agrupa los CVPs ATM dedicados a aplicaciones que pueden ser sensibles al retardo, como puede ser la transmisión de voz. El canal "interleaved", llamado así porque en él se aplican técnicas de entrelazado para evitar pérdidas de información por interferencias, agrupa los CVPs ATM asignados a aplicaciones que no son sensibles a retardos, como puede ser la transmisión de datos.

A nivel de enlace, algunos suministradores de equipos de central para ADSL han planteado otras alternativas al ATM, como PPP sobre ADSL y frame-relay sobre ADSL, pero finalmente no han tenido mucha aceptación.

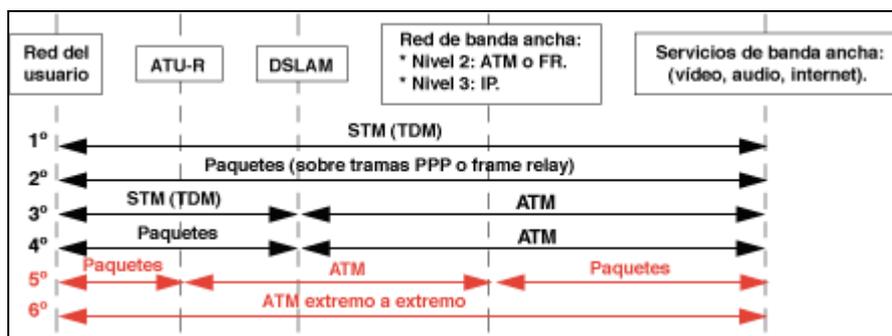
Los estándares y la industria han impuesto el modelo de ATM sobre ADSL. En ese contexto, el DSLAM pasa a ser un conmutador ATM con múltiples interfaces, una de ellas sobre STM-1, STM-4 ó E3, y el resto ADSL-DMT, y el núcleo del DSLAM es una matriz de conmutación ATM sin bloqueo. De este modo, el DSLAM puede ejercer funciones de policía y conformado sobre el tráfico de los usuarios con acceso ADSL. En la Figura 3.7: Torre de protocolos con ATM sobre ADSL se muestra la torre de protocolos con ATM sobre ADSL.



*Figura 3.7: Torre de protocolos con ATM sobre ADSL*

### **Modelos para ofrecer servicios**

Los modelos para ofrecer servicios propuestos por el ADSL Fórum son los que se muestran en la siguiente figura:



*Figura 3.8 Modelos propuestos por el ADSL para la prestación de servicios con acceso ADSL*

### 3.2.2 REQUERIMIENTOS PARA SU IMPLEMENTACIÓN

El usuario debe disponer en su casa o lugar concreto donde se va a instalar el ADSL de lo siguiente:

- Una línea de teléfono analógica fija que posea en su central la tecnología ADSL.
- Equipos para soportar tecnología ADSL.
- Un ordenador (al menos) que deberá ser, como mínimo, de uno de los siguientes tipos:
  - PC con procesador Pentium o compatible Pentium, con velocidad superior a 233 MHz, 32 Mb de memoria y sistemas operativos Windows 95/98/ME/NT4/2000 o XP.

- Es necesario que el usuario disponga de CD con el sistema operativo en el momento de la instalación.
- En el caso de que usuario elija un Router ADSL, como equipo de comunicaciones, necesitará una tarjeta de red Ethernet.
- Apple Macintosh con sistema MacOS 7.5 o superior y tarjeta Ethernet incorporada.
- PC con sistema operativo Linux en las distribuciones más usuales y actualizadas con tarjeta Ethernet incorporada.

Es importante que el usuario que solicite el servicio esté dentro de la zona que cubre el acceso a ADSL, ya que de ser posible la implementación de este servicio para la central telefónica de Pacifictel, existirán ciertas zonas donde no sea posible acceder al mismo.

Nota: No puede contratarse el servicio ADSL desde un teléfono móvil o desde un teléfono fijo de telefonía por cable módem, ya que la tecnología ADSL funciona sobre el cableado "clásico" de una línea telefónica.

### **3.2.3 LIMITACIONES ADSL**

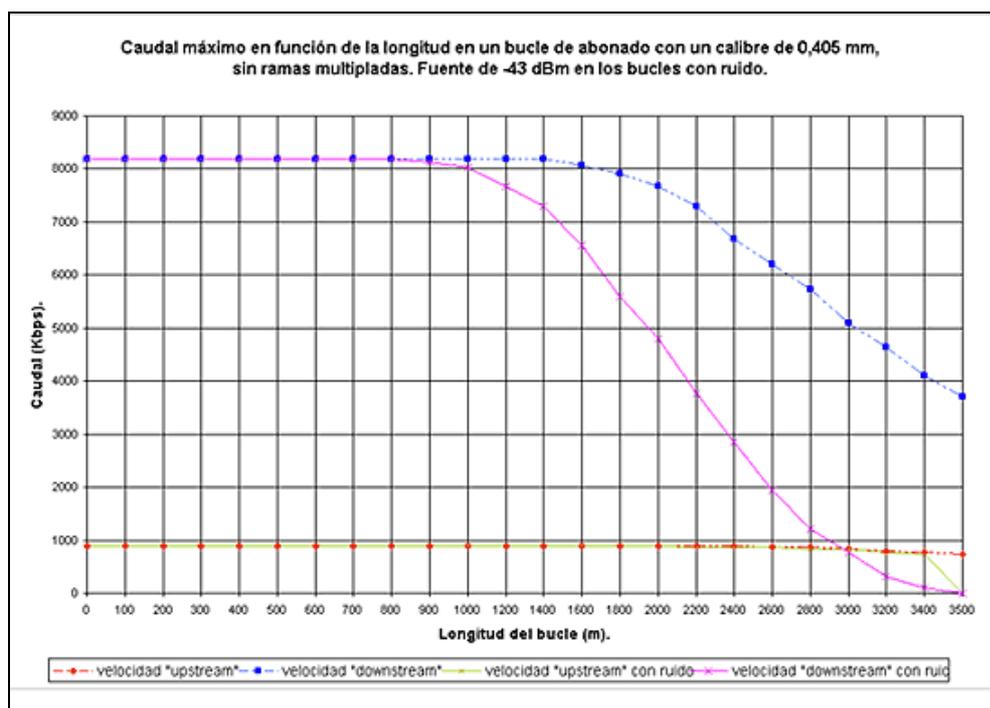
La posibilidad de acceder al servicio ADSL dependerá de las características técnicas concretas de cada línea de abonado, según los aspectos siguientes:

- Una de las principales limitantes es la longitud de lazo del abonado, ya que la tecnología en estudio incrementa el nivel de atenuación en función de la distancia. Es decir, a mientras el abonado esté más lejos de la central, menor será la velocidad de conexión a la que pueda acceder a la red.

En un par de cobre la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas. Y cuanto mayor es la longitud del bucle, tanto mayor es la atenuación total que sufren las señales transmitidas. Ambas cosas explican que el caudal máximo que se puede conseguir mediante los módems ADSL varíe en función de la longitud del bucle de abonado. En la Figura 3.9: Caudal máximo (Kbps) de los módems ADSL en función de la longitud del bucle de abonado se representa la curva del caudal máximo en Kbps, tanto en sentido ascendente como descendente, que se puede conseguir sobre un bucle de abonado con un calibre de 0,405 mm., sin ramas multiplexadas. En la figura se representan las curvas con y sin ruido. La presencia de ruido externo provoca la reducción de la relación Señal/Ruido con la que trabaja cada una de las subportadoras, y esa disminución se traduce en una reducción del caudal de datos que modula a cada subportadora, lo que a su vez implica una reducción del caudal total que se puede transmitir a través del enlace entre el ATU-R y el ATU-C.

Hasta una distancia de 2,6 Km de la central, en presencia de ruido (caso peor), se obtiene un caudal de 2 Mbps en sentido descendente y 0,9 Mbps en

sentido ascendente. Esto supone que en la práctica, teniendo en cuenta la longitud media del bucle de abonado en las zonas urbanas, la mayor parte de los usuarios están en condiciones de recibir por medio del ADSL un caudal superior a los 2 Mbps. Este caudal es suficiente para muchos servicios de banda ancha, y desde luego puede satisfacer las necesidades de cualquier internauta, teletrabajador, así como de muchas empresas pequeñas y medianas.



*Figura 3.9 Caudal máximo (Kbps) de los módems ADSL en función de la longitud del bucle de abonado*

- Que la central telefónica a la que pertenece la línea tenga activado el servicio ADSL.
- Que la calidad de la línea lo permita, dependiendo de la distancia a la central y de la calidad del cable telefónico. Sólo se puede certificar la validez de la línea telefónica realizando las oportunas mediciones desde el domicilio del usuario final por personal especializado.

## CAPITULO IV

### REQUERIMIENTOS TECNICOS DEL COBRE PARA LA IMPLEMENTACION DEL SERVICIO ADSL

La habilidad de proveer un servicio ADSL a un cliente, así como la calidad y la máxima tasa de datos del servicio, depende de la condición del lazo del cobre y la compatibilidad espectral con otros servicios transportados en mencionado lazo. Los factores críticos que afectan el normal funcionamiento del servicio, son el balance de la línea y la carga. Repetidores de voz y las bobinas de carga pueden degradar severamente la transmisión de las señales ADSL de alta frecuencia, colocando restricciones adicionales a la longitud del lazo y compatibilidad con otros servicios en el mismo cable.

- **Pérdida por propagación.**

La limitación primaria para el servicio ADSL es la pérdida por propagación en el cable, la cual puede reducir la tasa de bits máxima.

Las pérdidas por propagación varían impredeciblemente en función de la frecuencia, y son típicamente causadas por empalmes defectuosos, mala calidad del cable o ingreso de agua.

- **Crosstalk o ruido metálico.**

Este ruido consiste de señales que se acoplan a la señal ADSL en el par telefónico. La fuente puede ser otros pares en los alrededores o pares adyacentes. Idealmente si las capacitancias están perfectamente balanceadas entre cada cable en el par y el resto de cableado, todas las señales que causan la distorsión serán igualmente acopladas y la señal resultante será cero.

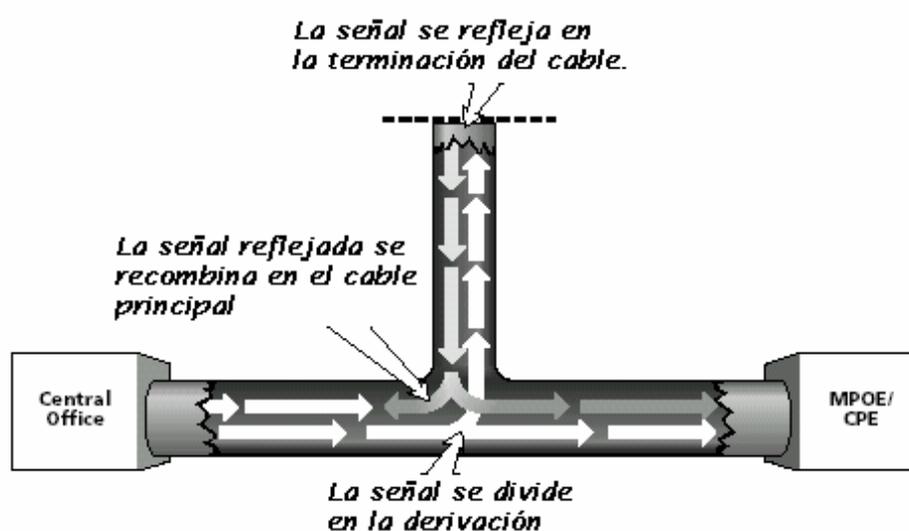
El crosstalk viene de una variedad de fuentes o perturbaciones y la severidad en la que afecta depende mayormente de la codificación de línea que se usa para el servicio específico. En adición a los servicios convencionales, las incompatibilidades por crosstalk también existen entre diferentes servicios DSL .

Sorpresivamente, una fuente de ruido significativa viene de las líneas telefónicas. La señal de voz no causa problema pero el ruido impulsivo creado por la señal generada durante el timbre puede momentáneamente corromper la señal ADSL, requiriendo una resincronización. Este problema es extremadamente difícil de aislar, ya que el

impulso del timbre podría venir incluso de una línea vecina. Con el servicio ADSL, se usan splitters o microfiltros para reducir el impacto de ruido impulsivo.

- **Líneas en Paralelo (derivaciones)**

Las líneas en paralelo o derivaciones, añaden otro problema potencial a los servicios DSL. Las extensiones conectadas al cable principal transportan las mismas señales que se transmiten en este cable, causando una reflexión que se propaga desde el fin de la derivación al cable principal (figura 4.1). A ciertas frecuencias, los efectos aditivos de estas reflexiones pueden reducir significativamente la integridad de la señal DSL. Para ADSL se recomienda menos de 800 m de derivaciones en total y menos de 200 m por derivación.



*Figura 4.1 Derivaciones*

- **Bobinas de Carga**

En lazos largos locales, la calidad de la voz analógica se puede deteriorar debido a efectos capacitivos. Estos efectos capacitivos, alteran la fase de la corriente en relación al voltaje en el lazo . Estos efectos limitan el máximo poder que puede ser desarrollado por el cable. Las bobinas de carga pueden remediar este problema, y mejorar la calidad de la voz analógica .

Una bobina de carga, permite que la inductancia de la línea se ajuste a la cantidad exacta, así la fase entre voltaje y corriente se resincroniza. Mientras esto es excelente para el servicio de voz, las bobinas de carga pueden causar problemas serios para el servicio de banda ancha. La mayoría de las bobinas de carga solo acondicionan el lazo hasta los 3300 Hz . Las señales de más de 4 Khz se atenúan. Además, las señales ADSL que operan en la banda de los 25 Khz a 1100 Khz no pueden pasar a través del las bobinas de carga con suficiente energía, de este modo las bobinas de carga no deben estar presentes en lazos tendidos para servicios ADSL .

- **Interferencia electromagnética externa.**

En adición al ruido producido por otros servicios en las proximidades, existen otros factores externos que incluyen ruido impulsivo como por ejemplo ruido de motores AC o equipo eléctrico localizado cerca del equipo instalado en el domicilio del

usuario. Emisiones de radio como por ejemplo AM, celulares analógicos y radios portátiles, son también una fuente potencial de ruido.

Estas emisiones se acoplan al par como ruido longitudinal (en el par debe existir equilibrio longitudinal, es decir, ambos cables deben ser eléctricamente iguales). Debido a imperfecciones en balance, empalmes o en el cable, algunos ruidos longitudinales se transforman en ruidos metálicos.

Realizar una evaluación de la red de cobre se convierte en una necesidad principalmente debido a que la totalidad de la red utilizada para la transmisión de datos se está incrementando considerablemente. En algunos países, más del 50% del tráfico de telecomunicaciones está conformado por datos. Algunos análisis estiman que para el año 2005 el tráfico de datos conformará el 75% del tráfico de telecomunicaciones. Estas aplicaciones, las cuales envían datos a alta muy altas velocidades, funcionarán solamente en cobre que esté en buenas condiciones y con correcto mantenimiento.

La evaluación y mantenimiento es también importante debido a que los usuarios tienen poca tolerancia a los problemas en su servicio. Los usuarios ahora esperan una alta calidad de servicio. En el pasado, los usuarios con quejas acerca de su servicio simplemente reportaban estas quejas a su proveedor y esperaban se solucionara su inconveniente. Ahora los usuarios toman la decisión de cambiarse de

proveedor si este no cumple con sus expectativas de calidad de servicio. Es por esto que el mantenimiento de la red de cobre es fundamental para proteger las ganancias de los proveedores de servicios de telecomunicaciones.

#### **4.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COBRE NECESARIAS PARA EL FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO DE UNA RED ADSL.**

Existen criterios muy importantes que deben ser tomados en cuenta a la hora de la determinación de la factibilidad de instalar el servicio ADSL. Es muy importante el análisis de las características técnicas y el estado del par de cobre telefónico que se necesita y los niveles técnicos mínimos requeridos para la instalación de este servicio. A continuación se detallan factores que el par de cobre debe cumplir para el óptimo funcionamiento de un servicio de banda ancha.

- El par telefónico básicamente representa a los dos alambres que permiten conectar el aparato telefónico del abonado a la central. En un sistema convencional, el par telefónico proporciona una vía de transporte de la señalización y de la información entre el teléfono y la central. También lleva la energía necesaria para el funcionamiento del teléfono.

- Desde el punto de vista de transporte de energía, la resistencia del par telefónico debe ser tal que, dada la tensión de batería que entrega la central se pueda disponer de aproximadamente 20 mA y 5 V de CC en un teléfono.
- Desde el punto de vista de las señales, la atenuación deber ser  $< 8$  dB para cumplir con los requisitos mínimos de calidad de servicio de transporte de información.
- Los cables telefónicos multipares de distribución utilizados en red urbana y suburbana, para tendido fijo ya sea en ductos subterráneos o aéreos, se especifican según su diámetro de acuerdo a la norma AWG.

**Tabla de Dimensiones de Conductores (Cable Trenzado)**

Identificación	No. De hilos	Diámetro individual de los hilos en pulgadas(mm)	Diámetro en pulgadas (mm)	Área circular en milésimas (mm <sup>2</sup> )
22 AWG	7	0.096 (0.24)	0.029 (0.63)	640 (0.324)
20 AWG	10	0.0100 (0.25)	0.038 (0.97)	1,02 (0.519)
18 AWG	16	0.0100 (0.25)	0.048 (1.22)	1,62 (0.823)
16 AWG	26	0.0100 (0.25)	0.060 (1.52)	2,58 (1.31)
14 AWG	7	0.0242 (0.61)	0.073 (1.85)	4,11 (2.08)
12 AWG	7	0.0305 (0.77)	0.092 (2.34)	6,53 (3.31)
10 AWG	7	0.0385 (0.98)	0.116 (2.95)	10,38 (5.26)
8 AWG	7	0.0486 (1.23)	0.146 (3.71)	16,51 (8.36)
6 AWG	7	0.0612 (1.55)	0.184 (4.67)	26,24 (13.30)
4 AWG	7	0.0772 (1.96)	0.232 (5.89)	41,74 (21.15)
2 AWG	7	0.0974 (2.47)	0.292 (7.42)	66,36 (33.62)
1 AWG	19	0.0664 (1.69)	0.332 (8.43)	83,69 (42.41)

**Tabla 4.1 Dimensiones de Conductores**

En las instalaciones telefónicas se disminuye el efecto de atenuación de la señal de voz para frecuencias altas compensando el efecto capacitivo del par telefónico intercalando bobinas en el lazo de abonado.

El primero en sugerir esta técnica fue M.Pupin en 1894 por lo que se habla de pupinizar el par telefónico cada 2 km con una bobina de 88 mH. Para los servicios DSL es necesario retirar estas bobinas.

#### **CONDICIONES GENERALES PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SERVICIO ADSL**

<b>Condición</b>	<b>Especificación</b>
Norma del par	Menor que AWG 26
Máxima longitud de lazo	5,5 Km sobre cable 24 AWG
Impedancia relativa	Hasta 1300 Ohms
Bobinas de carga	Ninguna
Repetidores	Ninguno
Líneas en paralelo (derivaciones)	Menos de 800 metros en total y ninguna derivación simple de mas de 200 m.
Crosstalk o ruido metálico	Estas fallas pueden comprometer la máxima tasa de bits de la línea durante la sincronización, y son una potencial causa de fallas en el servicio después de la sincronización
Compatibilidad espectral	Se debe tener cuidado de no colocar jumpers cerca de otros servicios de banda ancha. No se debe usar pares del mismo lazo que usan otros servicios de banda ancha.

*Tabla 4.2 Condiciones generales para el funcionamiento de ADSL*

## **4.2 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL COBRE UTILIZADO EN LA RED TELEFÓNICA DE PACIFICTEL**

En una red telefónica, se deben de considerar varios tipos de cable dependiendo del uso o de la aplicación que se le de y del tramo o segmento de red que se cubre, ya que se usan cables de diferentes características para el cableado primario y para el secundario.

El segmento primario está comprendido entre los puntos de conexión que van desde los puntos de las regletas del distribuidor y los puntos de conexión en las regletas del armario telefónico. Este segmento de red es canalizado. Los cables del tramo primario de red, pueden ser de varios tamaños respecto del número de pares que lo conforman.

En el caso específico de PACIFICTEL, para la conexión del segmento primario se usa el cable tipo EKKX multipar de diámetro 0.5mm de marca CENTELSA con gel y protección de acero. A continuación, en la tabla 4.3, se muestra una tabla con los diferentes tipos de cable de la norma EKKX y sus costos referenciales.

Calibre	Precio por Km.
1 x 2 x 0.5	\$130 + IVA
2 x 2 x 0.5	\$181 + IVA
3 x 2 x 0.5	\$243 + IVA
4 x 2 x 0.5	\$327 + IVA
5 x 2 x 0.5	\$394 + IVA
6 x 2 x 0.5	\$439 + IVA
10 x 2 x 0.5	\$796 + IVA
12 x 2 x 0.5	\$910 + IVA
15 x 2 x 0.5	\$1,113 + IVA
20 x 2 x 0.5	\$1,395 + IVA
25 x 2 x 0.5	\$1,743 + IVA
30 x 2 x 0.5	\$1,964 + IVA
50 x 2 x 0.5	\$3,291 + IVA
100 x 2 x 0.5	\$6,350 + IVA

**Tabla 4.3 Dimensiones de Cable EKKX**

Para la selección del tamaño del cable se toma en cuenta el número de líneas telefónicas a instalar dentro del área de cubrimiento del centro telefónico.

En lo que se refiere al segmento secundario, que está comprendido entre los puntos de conexión (regletas de 100 pares) del armario y los puntos de conexión en las cajas de dispersión (10 a 20 pares cada una), este da cubrimiento a un área y no se traslapa con los segmentos secundarios de las demás áreas de cobertura adyacentes.

El segmento de dispersión de la red está comprendido entre la caja de distribución localizada en el poste y el punto de conexión en el predio del usuario. La dispersión se realiza en forma radial a partir de la caja en el poste con cable de cobre de alto

diámetro denominado NEOPREN, la figura mostrada a continuación da una muestra de este tipo de cable.



*Figura 4.2 Muestra de cable Neopren*

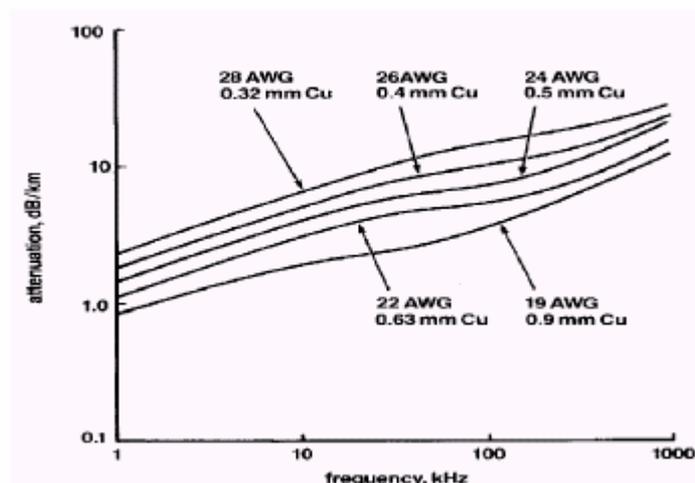
Específicamente, PACIFICTEL utiliza para la instalación de segmento secundario cable tipo **Neopren** con la norma AWG 24.

El cable utilizado por la telefónica PACIFICTEL cuenta también con las ciertas características técnicas, las principales son descritas a continuación:

- **Atenuación**

Los niveles de atenuación según el tipo de cable que se utiliza resultan ser:

## Atenuación del par telefónico.



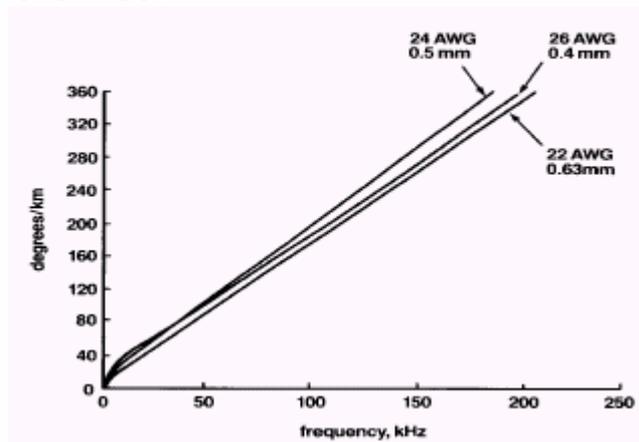
*Figura 4.3 Atenuación del par telefónico*

Analizando el gráfico anterior, la atenuación que el cable telefónico presenta depende del tipo de cable que se utiliza y de la frecuencia a la que se va a trabajar.

Cabe resaltar de este gráfico que a altas frecuencias existen ciertos tipos de cable que presentan una atenuación muy grande, es por este motivo que es muy importante tener en cuenta la clase de cable con la que se trabaja a fin de realizar un correcto análisis de factibilidad para la implementación de una red de banda ancha.

- Respuesta de Fase

### Respuesta de fase del par telefónico.

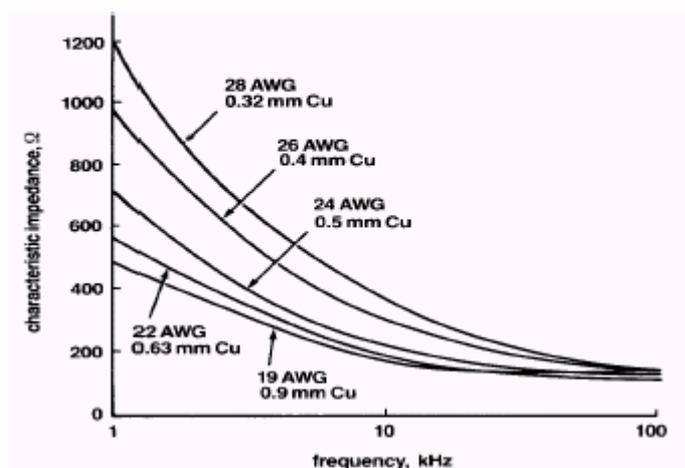


*Figura 4.4 Respuesta de fase del par telefónico*

El gráfico que observamos arriba muestra la respuesta de fase de distintos tipos de cable telefónico en función de la frecuencia de operación. Notamos que a mayor frecuencia la respuesta de fase de cada par se incrementa, casi en forma constante, notándose una pequeña diferencia entre los tipos de cable a los 150 KHz.

- Impedancia

## Impedancia característica



*Figura 4.5 Impedancia característica del par telefónico*

Como es fácil deducir del gráfico anterior, la impedancia del cable de cobre varía dependiendo de la frecuencia de operación y el tipo de conductor con el que se trabaja. Notamos que a muy altas frecuencias prácticamente todos los tipos de cable tienen una impedancia similar, pero a medida que las frecuencias se reducen, la respuesta de impedancia del cobre empieza a variar dependiendo del tipo de cable que se va a utilizar, es por eso que no es muy conveniente utilizar un cable con la norma AWG muy elevado para ponerlo a funcionar con el servicio de banda ancha.

### **4.3 EQUIPOS NECESARIOS PARA EL DIAGNOSTICO DE LA RED DE COBRE**

Como hemos detallado anteriormente , para el análisis de las características del cobre necesario para poder instalar ADSL ,debemos contar con equipos capaces de poder realizar las mediciones de los parámetros adecuados para el funcionamiento óptimo.

A continuación detallaremos algunos de los equipos existentes.

- COMPA , marca: Tempo.
- Módulo TDR , marca : VIP.
- SUNSET
- Módulo ADSL , marca : VIP.

- **EQUIPO: COMPA ( MODELO TEMPO ).**



*Figura 4.6 Equipo de medición Compa*

#### **DESCRIPCION GENERAL.**

- Equipo de prueba portátil, diseñado especialmente para líneas telefónicas.
- Detectar e identificar problemas.
- Mide voltajes, aislamiento y capacitancia.
- La prueba de ESTRÉS mide el equilibrio capacitivo y resistivo del par telefónico, detectando problemas que causan ruido.
- Mide la corriente del circuito telefónico.
- Detecta la presencia de timbres.

## **PRUEBAS QUE REALIZA .**

- Voltaje de corriente alterna (VAC).
- Voltaje de corriente directa (VCD).
- Resistencia del aislamiento en mW.
- Capacitancia del par y/o del conector en nF, convirtiéndolas a longitudes en metros.
- Mide el equilibrio longitudinal del par en dB.
- Corriente del circuito en mA.

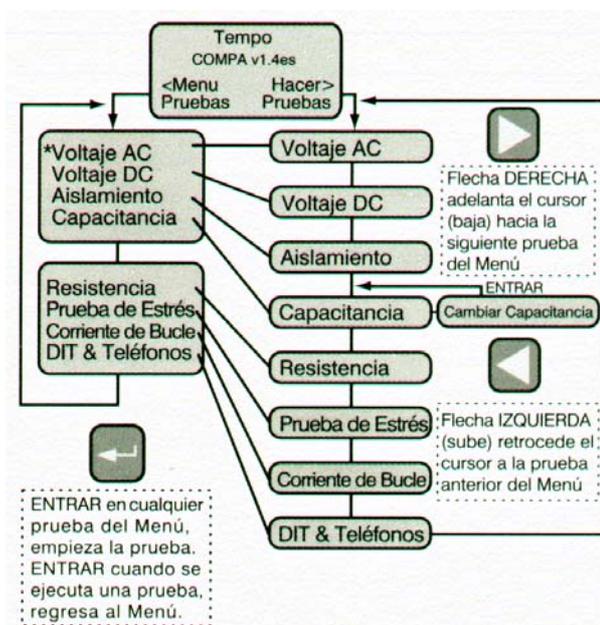
## **CARACTERISTICAS .**

- Secuencia de prueba automática y/o selección consecutiva del Menú de Prueba.
- Tono simplex para identificación.
- Indicador de baterías débiles. Tono simplex para identificación.
- Apagado automático para ahorrar energía.
- Estuche de transporte acolchado, con correa y gancho reversible.
- Cable de prueba fácil de reemplazar.
- Pinzas de conexión resistentes a la corrosión.

## TECNOLOGIA DIGITAL.

- Permite medir sin necesidad de soltar y cambiar las pinzas de conexión.
- Mide entre A y B. Luego mide entre A/Tierra y B/Tierra. Todo con una sola conexión.
- Muestra todos los resultados en la pantalla, permitiendo comparar los resultados.
- Descarga cualquier voltaje de prueba que pueda acumularse en el par.

## MENU DEL EQUIPO COMPA



*Figura 4.8 Menú de pantalla del Compa*

- **MODULO TDR : MODELO VIP, MARCA PANASONIC**



*Figura 4.9: Equipo de Medición TDR, marca Panasonic*

El módulo de prueba VIP TDR utiliza tecnología de reflectometría de pulso para localizar con precisión cualquier falla en cables telefónicos o cables coaxiales. Por medio de la transmisión de un pulso eléctrico en forma de onda, la distancia a la falla puede ser calculada basándose en el intervalo de tiempo transcurrido entre el momento en que el pulso es lanzado y el momento que es reflejado debido a cualquier anomalía en el cable. El pulso reflejado es presentado en la pantalla, identificando y localizando la falla.

El VIP TDR también puede detectar y mostrar simultáneamente múltiples fallas presentes en una sola onda. Las lecturas de distancia a la falla son extremadamente

precisas cuando se utiliza el factor de velocidad correcto, de acuerdo al calibre del conductor que esta probando.

### **CARACTERISTICAS.**

- Pantalla táctil de controles
- Ondas de alta resolución que presentan las fallas detectadas con precisión
- Factor de velocidad y ancho de pulso seleccionados por el usuario para mejorar la precisión
- Captura múltiples fallas en una sola onda
- Mide en metros, pies y segundos.
- Puede medir dos ondas simultáneamente
- Detecta diafonía
- Detecta fallas intermitentes
- Una onda, doble onda, diferencia u onda almacenada en memoria
- Guarda, transmite o muestra la onda
- Pantalla a colores de gran resolución.

- **EQUIPO DE PRUEBA xDSL. MARCA: SUNSET**



*Figura 4.10 Equipo de prueba xDSL, marca Sunset*

El SunSet xDSL ayuda a disminuir el tiempo empleado en probar la calidad de la línea del usuario. Su diseño permite realizar una serie de mediciones de una gran variedad de tecnologías como por ejemplo: ADSL, IDSL, SDSL, HDSL.

El modulo de prueba Subset xDSL tiene un peso de 3 libras y provee increíble versatilidad para realizar pruebas. Además es muy flexible a la hora de realizar pruebas ya que permite personalizar la forma en que los resultados se pueden mostrar.

#### **Pruebas que realiza**

- ADSL
- IDSL
- SDSL

- HDSL
- G.SHDSL
- HDSL2
- T1
- IP
- Reflectómetro por dominio de Tiempo (TDR)
- Multímetro Digital
- Detector de bobinas de carga (Load Coils)
- ISDN BRI
- ISDN PRI
- HSSI (Interface serial de alta velocidad)

- **MODULO DE PRUEBA MARCA PANASONIC. (MODELO VIP)**

El VIP ADSL es un módulo de prueba para líneas digitales de subscritor, diseñado para validar y documentar en forma fácil y sencilla, los resultados obtenidos de las mediciones hechas en un enlace ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Lines).

El módulo VIP ADSL emula al módem Alcatel ATU-R (Módem Dorado), conectándose y sincronizándose con el ATU-C en la Oficina Central (OC). Una vez

que ha logrado sincronizarse, el VIP ADSL adquirirá y reportará el comportamiento de la línea para su evaluación.

Los resultados de las pruebas pueden ser impresos o almacenados con el nombre del cliente, su número telefónico, dirección física, número de reporte/trabajo, número de par, nombre del técnico y compañía. La información almacenada puede ser utilizada para referencia futura y comparaciones.



*Figura 4.11 Equipo de prueba ADSL, Marca PANASONIC*

#### **CARACTERISTICAS.**

- Prueba automática con un solo botón.
- Velocidades de bits máximas, rápidas, entrelazadas y agregadas, margen de ruido, atenuación, potencia de salida y capacidad relativa.

- “Velocímetro” muestra las velocidades de bits.
- Gráfica con zoom que muestra la distribución de los bits por tono. Opera sobre los 256 tonos de 4.3125 kHz cada uno, comunicándose a un máximo de 15 bits por tono.
- Muestra las estadísticas del enlace y medición de errores con reloj contador de tiempo.
- Pantalla a colores fácil de interpretar.

# CAPITULO V

## RESULTADO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

### 5.1 ANALISIS COMPARATIVO Y DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA RED ADSL EN GUAYAQUIL

Las condiciones necesarias para el funcionamiento óptimo del servicio ADSL son las siguientes :

- Norma del par : Menor que AWG 26
- Máxima longitud del lazo : 5,5 Km sobre cable 24 AWG
- Impedancia relativa : Hasta 1300 Ohms.
- Bobinas de carga : Ninguna
- Repetidores : Ninguno
- Líneas en paralelo (derivaciones) : Menos de 800 metros y ninguna derivación simple de más de 300m
- Crosstalk o ruido metálico : Estas fallas pueden comprometer la máxima tasa de bits de la línea durante la sincronización, y son una potencial causa de fallas en el servicio después de la sincronización

- Compatibilidad espectral : Se debe tener cuidado de no colocar jumpers cerca de otros servicios de banda ancha. No se debe usar pares del mismo lazo que usan otros servicios de banda ancha.

Otro factor a tomar en consideración es, el estado técnico o físico de las líneas telefónicas en sí, es decir, determinar si en su trayecto existe algún corto, abierto, desbalance, exceso de ruido, bobinas de carga, líneas en paralelo y excesos de distancias entre la central y el armario, y entre el armario y el domicilio del cliente.

De acuerdo a los datos obtenidos en las centrales telefónicas de Pacifictel, el cable que se usa para el tendido de las redes telefónicas, hasta el domicilio del usuario es el de la norma AWG 24 en la mayoría de los casos. Como la condición técnica (analizada en el capítulo 4) requerida para el funcionamiento óptimo del servicio ADSL indica que la norma del par debe ser menor que AWG 26, concluimos que en teoría debería ser factible instalar ADSL en la ciudad de Guayaquil. A partir de este punto nuestro enfoque se centrará en la demostración práctica de la posibilidad de instalar este servicio en la red Telefónica de PACIFICTEL.

Para comprobar todo lo expuesto anteriormente, se han realizado pruebas físicas sobre el cobre, utilizando para ello el equipo de medición SUNSET xDSL, mencionado en el capítulo 4. En la siguiente figura se muestra una fotografía del equipo utilizado en la prueba que hemos realizado.



*Figura 5.1 Presentación del Equipo SUNSET MTT*



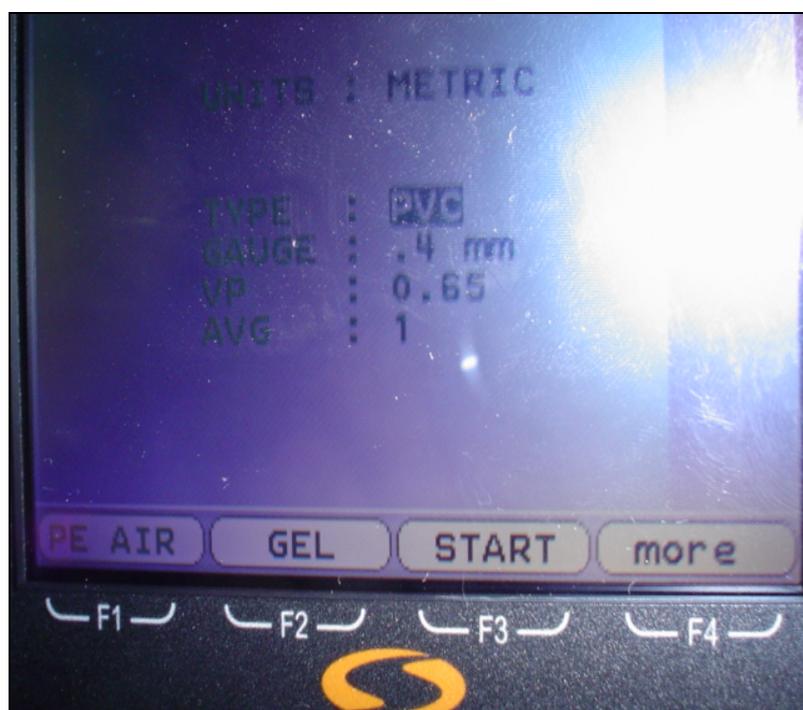
*Figura 5.2 Menú principal del SUNSET MTT*

Realizamos pruebas en primera instancia con una línea de cobre muerta para verificar todos los parámetros que se pueden determinar para comprobar si el estado

del cobre es el adecuado para el servicio ADSL. Como resultado de las pruebas se han obtenido los resultados detallados a continuación:

Primeramente para la utilización del SUNSET como TDR (Time Domain Reflectometer )se deben definir los siguientes parámetros de la línea en prueba (figura 5.3) como por ejemplo:

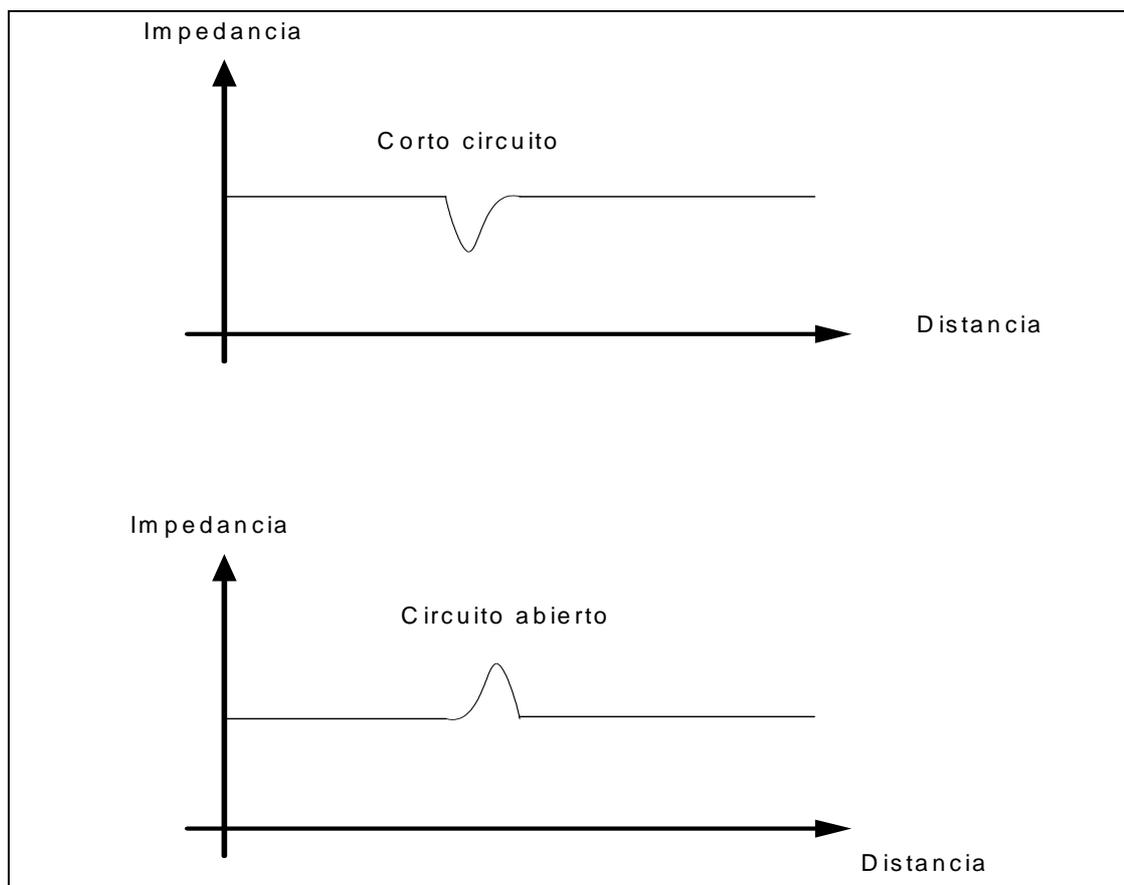
- Type : PVC
- Gauge : 0.4 mm (diámetro del hilo )
- VP : 0.65 ( velocidad de propagación )
- AVG : 1 (número de veces que se hace la prueba)



*Figura 5.3 Parámetros iniciales del SUNSET como TDR*

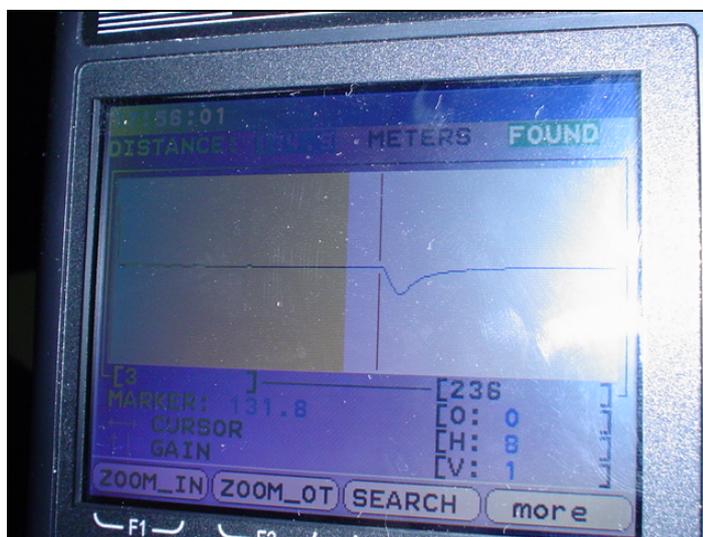
Luego de configurar estos parámetros se debe presionar el botón de **SEARCH** para que el equipo busque la distancia hasta el primer corto o abierto, convirtiéndose esta distancia en la longitud total del cable.

Gráficamente, el SUNSET señala el lugar donde existe el corto o el abierto con una variación de la curva mostrada (figura 5.4). Si se encuentra un corto, la curva se desvía hacia abajo. En caso que se encuentre un abierto, la curva se desvía hacia arriba.

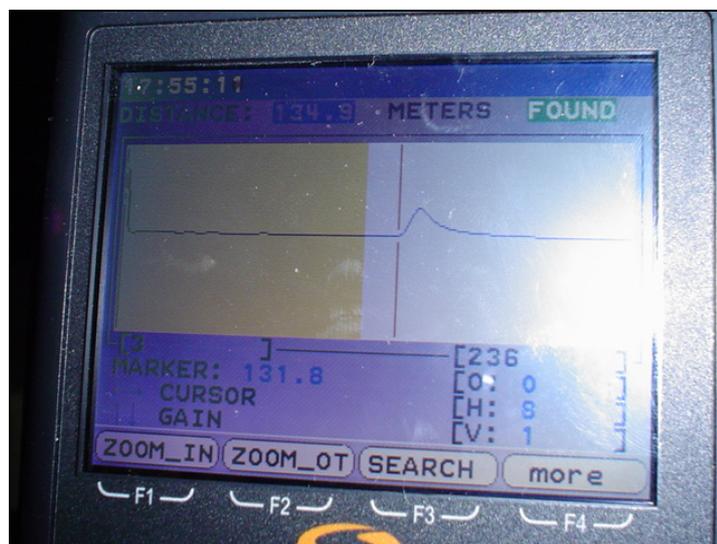


*Figura 5.4 Simulación de un corto y un circuito abierto usando el SUNSET xDSL*

- Resultados prácticos del equipo SUNSET como TDR



*Figura.5.5 Demostración gráfica de un Corto en el trayecto del cable*



*Figura 5.6 Demostración gráfica de un abierto en el trayecto del cable*

- **Prueba de Ruido por interferencia (Background Noise)**

La prueba Background Noise se usa para detectar interferencias de otras fuentes tales como servicios digitales o de radio AM.

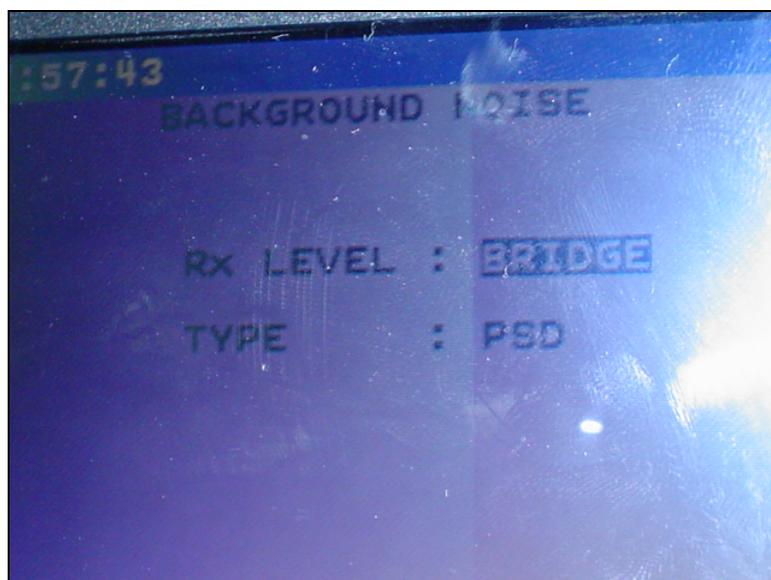
Existen dos parámetros a elegir en el equipo Sunset cuando se realizan este tipo de pruebas: RxLevel y Type.

**RxLevel:** Maneja dos opciones:

- **TERM:** Coloca una terminación de 100 ohms. en la señal que se recibe. Esta opción debe usarse solamente para las pruebas cuando se deja fuera de servicio la línea telefónica.
- **BRIDGE:** Es un modo de alta impedancia que protege la señal que está circulando por el par telefónico. Se puede usar este modo para hacer la prueba cuando la línea telefónica está en servicio.

**Type:** Se refiere al tipo de servicio que se está probando. Maneja 3 opciones: PSD, E, F (figura 5.7).

- **PSD:** Mide el ruido en el espectro ADSL DMT/CAP hasta 2 Mhz.
- **E:** Mide ruido en el espectro de ISDN BRI.
- **F:** Mide ruido en el espectro de HDSL



*Figura 5.7 Menú para prueba de ruido por interferencia*

- **Localización de bobinas de Carga con el SUNSET XDSL**

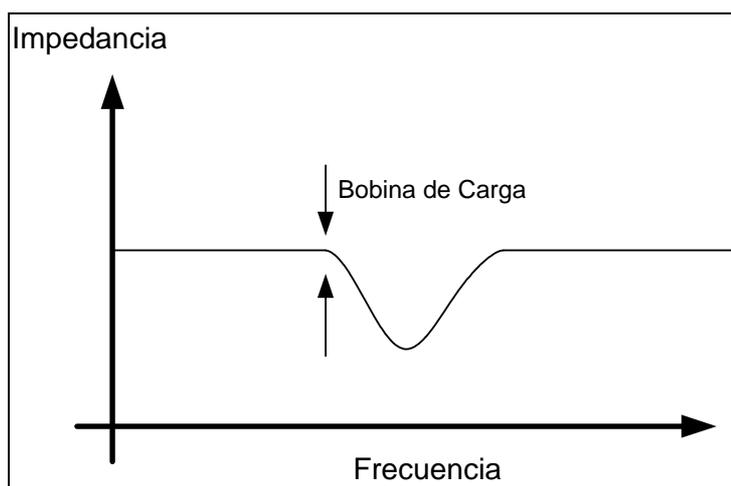
Las compañías telefónicas han colocado tradicionalmente bobinas de carga en lazos de cobre de más de 5.5 km para compensar la atenuación de las señales telefónicas. Estas bobinas se instalan típicamente en intervalos regulares en el par de cobre, apareciendo la primera típicamente cerca de 1 km de distancia de la central, y así sucesivamente cada 2 km. La última bobina de carga se ubica aproximadamente de 1 a 3 km de distancia de los predios del usuario.

El par que tiene bobinas de carga permite la transmisión en el rango de 300 a 3000 Hz a más potencia que el par que no tiene bobinas. Sin embargo, alrededor de los

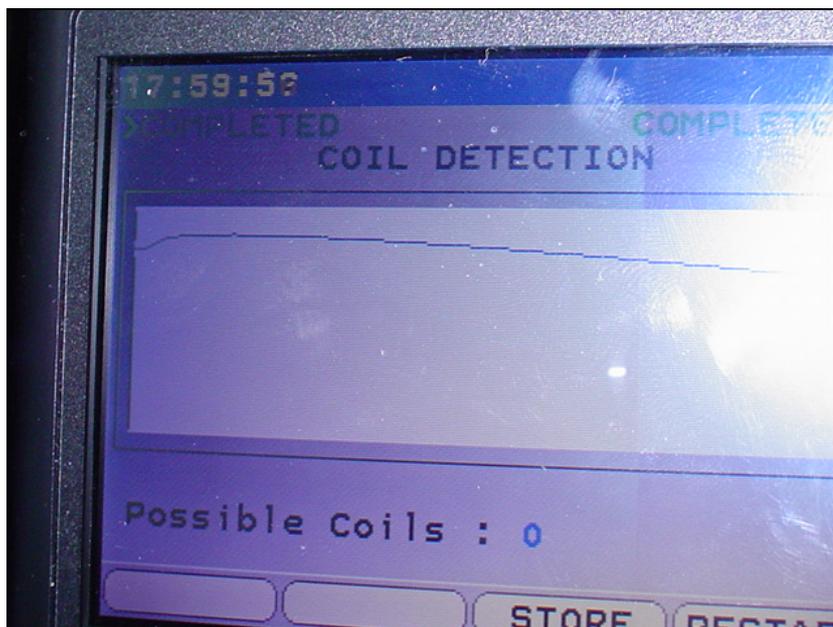
3000 Hz, el nivel de potencia baja más que un par que no tiene bobinas. El resultado es que las más altas frecuencias, ( $>3000$  Hz) se atenúan más fuertemente cuando el par tiene instaladas bobinas de carga. Además, las señales de alta frecuencia, como ADSL no pueden pasar a través de las bobinas de carga.

Es por los motivos expuestos anteriormente que el par telefónico debe estar libre de bobinas de carga o pupinización para que el servicio ADSL funcione adecuadamente.

Usando el equipo Sunset xDSL para probar la presencia de bobinas de carga, el resultado que se obtiene es un gráfico mostrando impedancia en el eje de las Y y frecuencia en el eje de las X (figura 5.8). Las bobinas de carga causan un cambio en la impedancia y además esto se puede observar claramente en un gráfico por una caída de la curva.



*Figura 5.8 Localización de una bobina de carga*

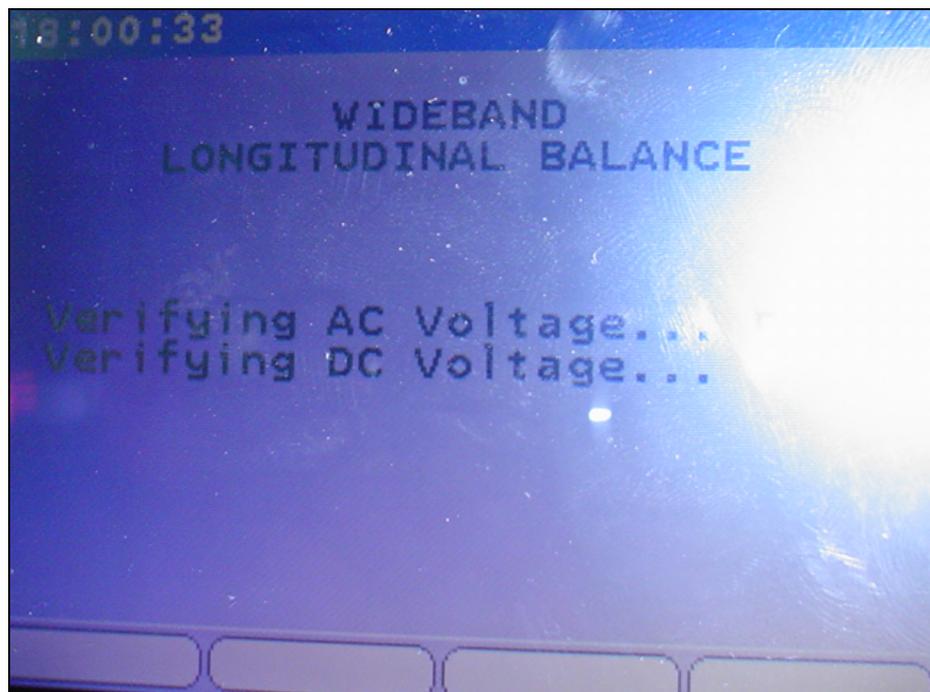


*Figura 5.9 Rastreo de bobinas de carga*

- **Prueba de Balance Longitudinal**

Esta medida se utiliza para determinar si el par de cobre tiene el balance adecuado para ser inmune al ruido crosstalk o metálico. Esta prueba genera un “tono de interferencia” entre el par de cable y tierra. El voltaje resultante de la prueba se mide y se muestra en unidades de Decibeles (db). Ver figura 5.10

El resultado de la prueba oscila entre 20 db y 60 db. El valor obtenido debe ser tan alto como sea posible.



*Figura 5.10 Verificación del balance longitudinal*

## Tabla de Resultados

Longitud Cable	Ruido por Interferencia	Bobinas de Carga	Balance Longitudinal		Estado del cobre
			Verificación Voltaje AC	Verificación Voltaje DC	
131,8 m	-86,9 dbm	Ninguna	OK	OK	Optimo
145,1 m	-90 dbm	Ninguna	OK	OK	Optimo
160,5 m	-91 dbm	Ninguna	OK	OK	Optimo
165,5 m	-91 dbm	Ninguna	OK	OK	Optimo
170,0 m	-91 dbm	Ninguna	OK	OK	Optimo
175 m	-91 dbm	Ninguna	OK	OK	Optimo
182,2 m	-91 dbm	Ninguna	OK	OK	Optimo
187,7 m	-91 dbm	Ninguna	OK	OK	Optimo

*Tabla 5.1 Resultados de las pruebas realizadas*

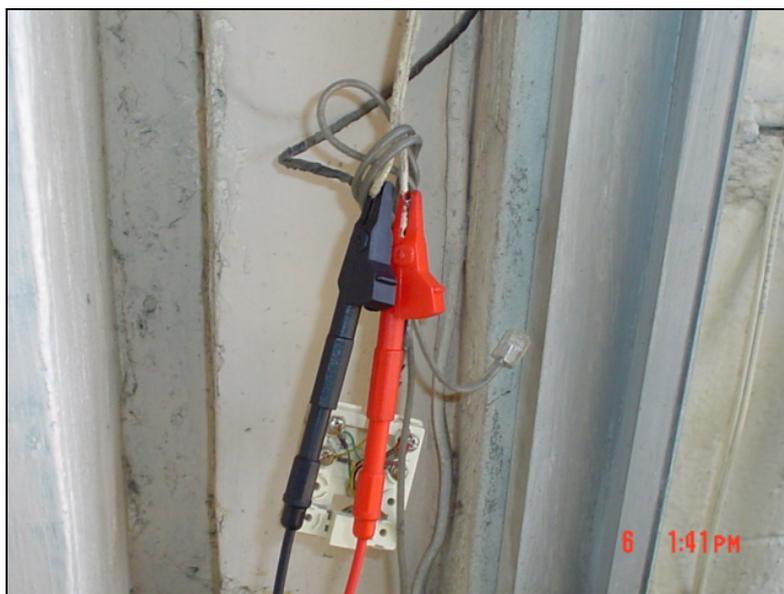
- **PRUEBAS REALIZADAS SOBRE PAR TELEFONICO EN SERVICIO**

Como complemento al análisis realizado sobre un par de cobre fuera de servicio, ahora se efectuarán pruebas sobre una línea telefónica en funcionamiento, específicamente una línea de la Central Guasmo, con número 2432726. Al final de este trabajo se presenta un anexo donde se detallan los pasos a seguir para realizar pruebas que permiten determinar el estado de una línea de cobre.

- **Conexión del par telefónico al equipo de prueba**

Para realizar esta prueba, hemos conectado directamente el equipo de prueba al par de cobre que llega al cajetín telefónico localizado en el predio del cliente.

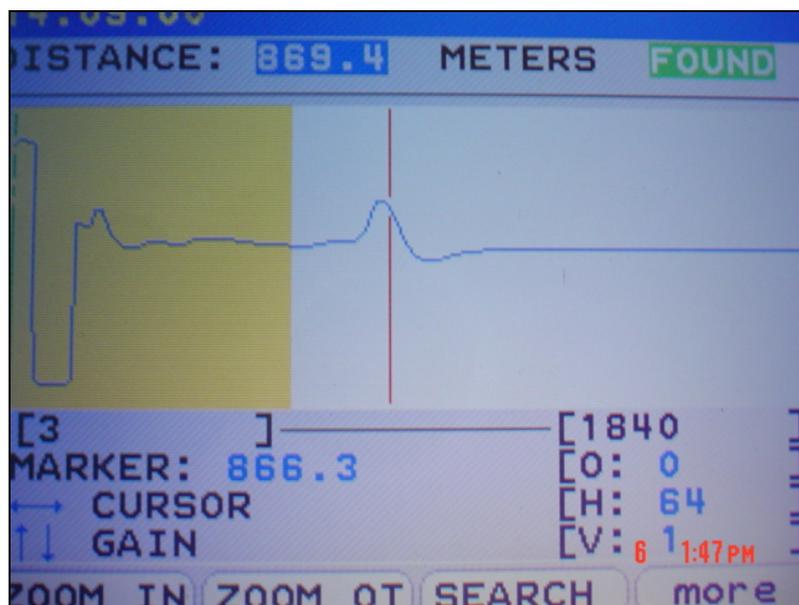
En la figura se observa la conexión de las puntas de prueba a la línea de cobre, asegurándonos siempre de tener una buena conexión a tierra.



*Figura 5.11 Conexión del equipo de prueba al par telefónico*

- **Prueba con el Sunset xDSL como TDR**

En la figura podemos observar una desviación en la curva hacia arriba, lo que nos indica un incremento en la impedancia del par de cobre del abonado, debemos tener en cuenta que este resultado es obtenido hasta la primera falla (corto o abierto) encontrada. En este caso la falla fue un abierto ubicado en el armario a los 869.4 metros del domicilio del usuario (figura 5.12), lo que corresponde al segmento secundario de este abonado.



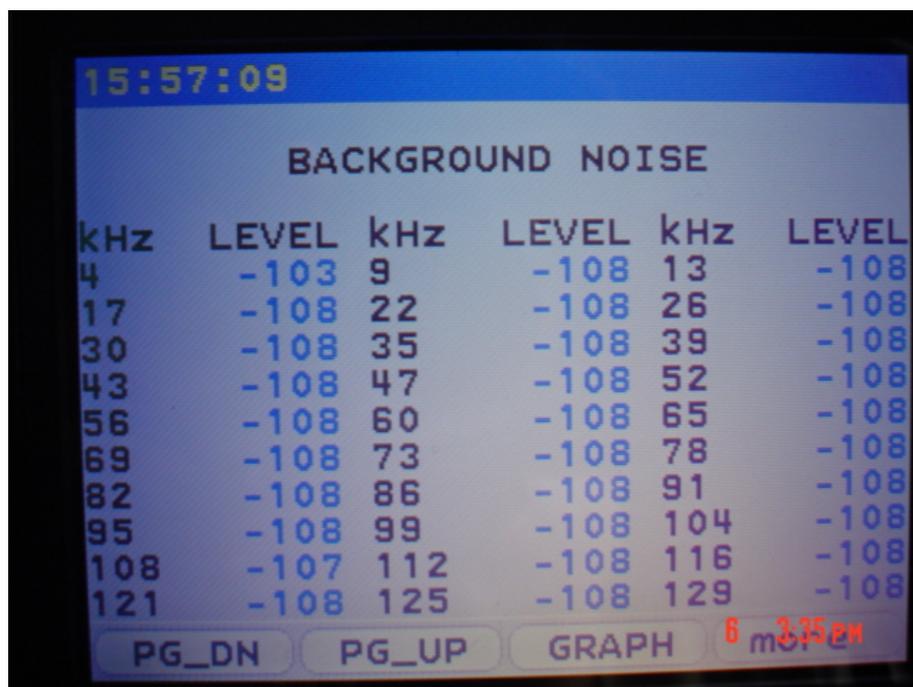
*Figura 5.12 Localización de una falla con el equipo de prueba*

- **Prueba de Ruido por interferencia (Background Noise)**

En esta prueba hemos querido demostrar que la interferencia producida por agentes externos causa un incremento en el nivel de ruido existente en una línea telefónica en servicio.

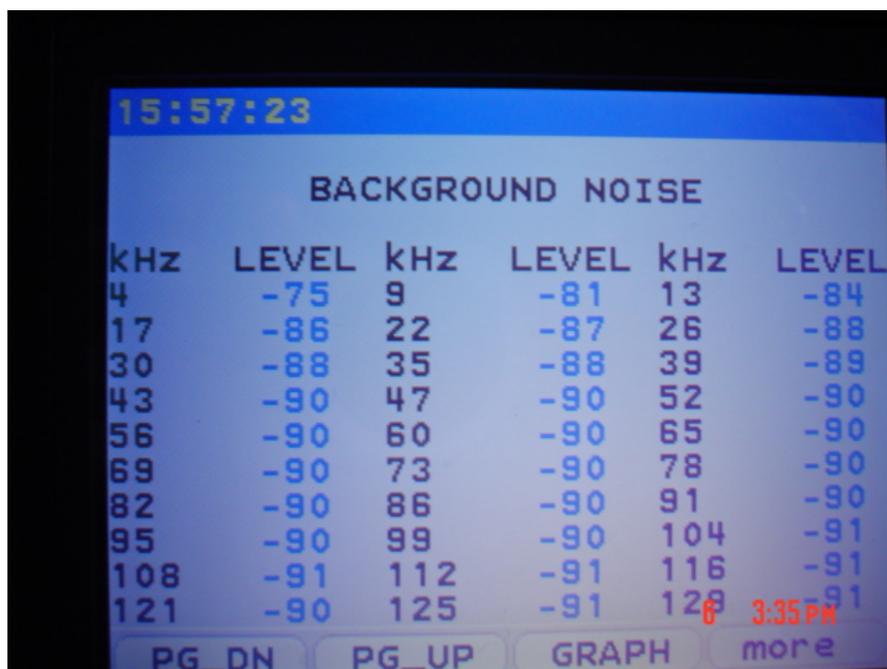
Para la demostración de lo expuesto anteriormente se han ejecutado dos pruebas:

- ***Ruido por interferencia sin la presencia de agentes externos:*** Esta prueba la realizamos conectando directamente el equipo de prueba a la línea telefónica (figura 5.13), obteniendo los resultados siguientes.



*Figura 5.13 Ruido sin la presencia de agentes externos*

- **Ruido por interferencia con la presencia de agentes externos (teléfono celular):** En este caso conectamos directamente el equipo de prueba a la línea telefónica y se genera una interferencia externa con la ayuda de un teléfono celular (con una llamada activa) colocado muy cerca del par de cobre, obteniendo los resultados que se observan a continuación. (Figura 5.14)



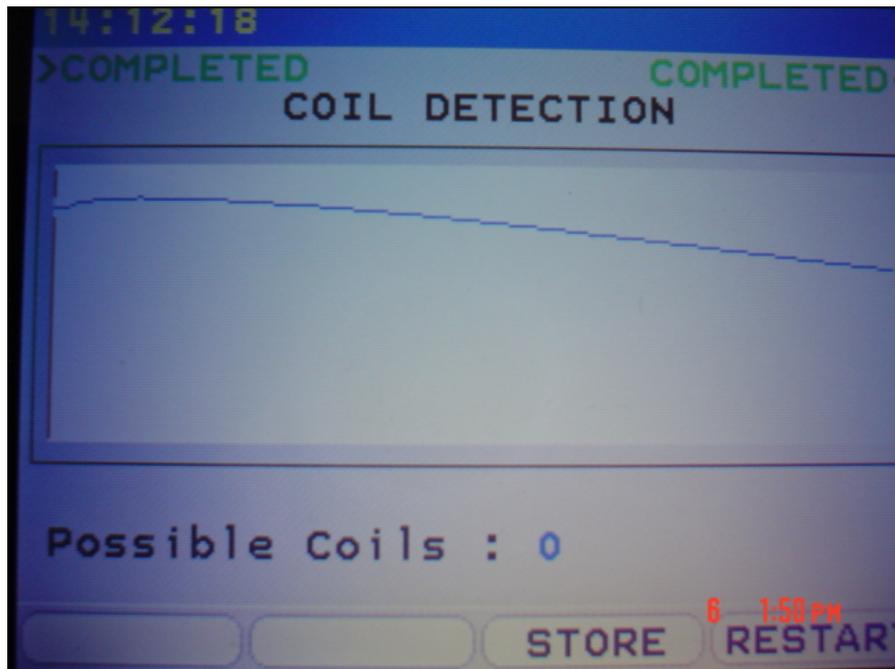
*Figura 5.14 Ruido con la presencia de agentes externos*

De las dos pruebas efectuadas anteriormente, podemos notar una variación en los niveles de ruido a una misma frecuencia de análisis en el par. Con este análisis podemos concluir que al existir interferencias externas se provoca un incremento en el nivel de ruido en el par de cobre.

- **Localización de Bobinas de Carga**

Otro de los análisis realizados al par de cobre propuesto, es la detección de bobinas de carga.

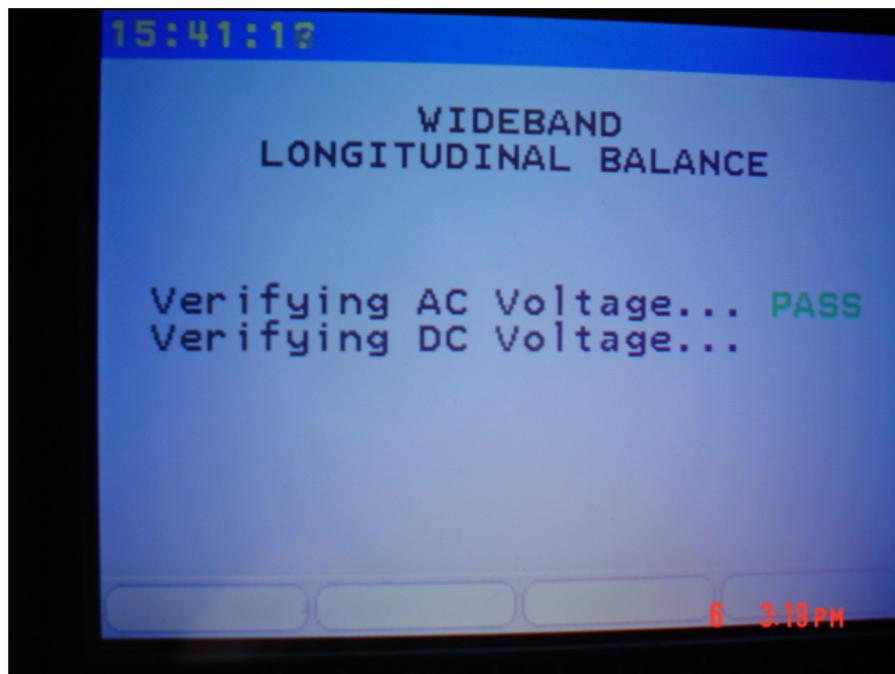
Según los resultados obtenidos podemos darnos cuenta que no se detecta ninguna bobina en el lazo de prueba. Ver figura 5.15.



*Figura 5.15 Ubicación de bobinas de carga en el par de cobre de prueba*

- **Prueba de Balance Longitudinal**

Esta prueba se utiliza para determinar si el par de cobre tiene el balance adecuado para ser inmune al ruido crosstalk o metálico. Se realizan verificaciones en la línea tanto de voltaje AC como DC. (Figura 5.16)



*Figura 5.16 Prueba de balance longitudinal en el par de cobre de prueba*

## TABLA DE RESULTADOS EN PARES TELEFONICOS POR CENTRAL

CENTRAL	LINEA TELEFONICA	DIST. AL ARMARIO (m)	RUIDO POR INTERF. (db/126 KHz)	BOBINAS DE CARGA	BALANCE LONGITUDINAL	ESTADO DE LA LINEA
CENTRO	2320230	1125,3	-80	NO	OK	OPTIMO
	2320261	1115,2	-89	NO	OK	OPTIMO
	2515109	1112,6	-99	NO	OK	OPTIMO
NORTE	2392568	896,5	-75	NO	OK	OPTIMO
	2395654	874,3	-89	NO	OK	OPTIMO
	2297072	985,2	-52	NO	OK	OPTIMO
SUR	2442030	840,2	-80	NO	OK	OPTIMO
	2445562	895,3	-99	NO	OK	OPTIMO
OESTE	2362589	856,1	-85	NO	OK	OPTIMO
	2365623	799,6	-90	NO	OK	OPTIMO
	2452883	1225,2	-12	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
CEIBOS	2352523	1195,3	-85	NO	OK	OPTIMO
	2355112	1178,3	-82	NO	OK	OPTIMO
ALBORADA	2235183	986,3	-87	NO	OK	OPTIMO
	2233202	869,7	-79	NO	OK	OPTIMO
	2274288	799,8	-80	NO	OK	OPTIMO
	2273559	806,2	-79	NO	OK	OPTIMO
MAPASINGUE	2252546	864,1	-20	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
	2650203	903,6	-25	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
FEBRES CORDERO	2402291	905,2	-90	NO	OK	OPTIMO
	2403176	1190,3	-78	NO	OK	OPTIMO
COLINA-CEIBOS	2851215	1100,1	-85	NO	OK	OPTIMO
	2854022	1332,0	-52	NO	OK	OPTIMO
SAMANES	2214022	836,9	-65	NO	OK	OPTIMO
	2212526	853,5	-90	NO	OK	OPTIMO

*Tabla 5.2 Tabla de resultados por central*

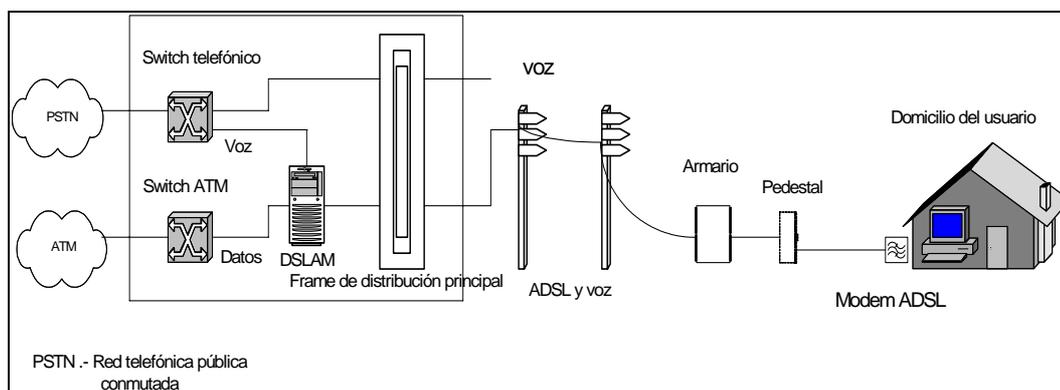
CENTRAL	LINEA TELEFONICA	DIST. AL ARMARIO (m)	RUIDO POR INTERF. (db/125 Khz)	BOBINAS DE CARGA	BALANCE LONGITUDINAL	ESTADO DE LA LINEA
BOYACA	2565623	945,9	-90	NO	OK	OPTIMO
	2300224	845,0	-95	NO	OK	OPTIMO
	2303441	985,3	-100	NO	OK	OPTIMO
	2303443	990,1	-102	NO	OK	OPTIMO
	2303017	1230,5	-10	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
	2314048	985,0	-84	NO	OK	OPTIMO
PUNTILLA	2835654	870,0	-83	NO	OK	OPTIMO
	2836598	789,3	-120	NO	OK	OPTIMO
PRIMAVERA	2670187	852,3	-88	NO	OK	OPTIMO
	2674565	1210,9	-20	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
	2675005	981,2	-15	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
PORTETE	2463312	1125,9	-20	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
	2465698	1245,3	-20	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
	2461232	1202,3	-25	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
	2461559	909,3	-36	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
	2466503	900,6	-36	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
	2472020	847,3	-100	NO	OK	OPTIMO
	2472513	1290,1	-80	NO	OK	OPTIMO
GUASMO	2432726	888,4	-108	NO	OK	OPTIMO
	2438810	900,1	-100	NO	OK	OPTIMO
	2431753	812,2	-99	NO	OK	OPTIMO
	2433556	995,3	-5	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
	2499094	902,4	-20	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
	2421819	899,9	-8	NO	DESBALANCE	NO ADECUADO
URDESA	2842325	856,4	-102	NO	OK	OPTIMO

Tabla 5.2 Tabla de resultados por central

## 5.2 INSTALACION Y PRUEBAS DEL SERVICIO ADSL SOBRE COBRE

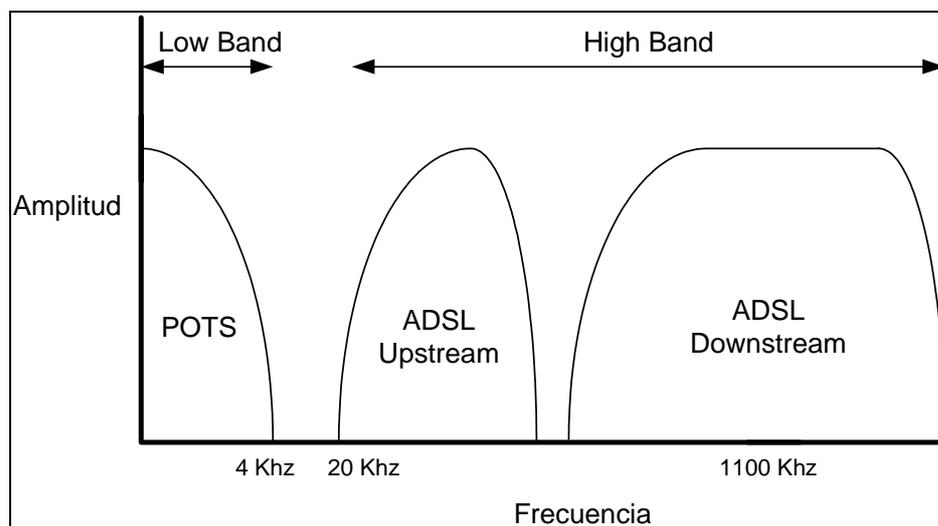
### RED E INFRAESTRUCTURA DE PLANTA EXTERNA

En la planta externa, la instalación del hardware ADSL varía dependiendo de la distancia hacia la central. Por ejemplo con el servicio ADSL la limitación del bucle es de 5.5 km, o un máximo de 1300 Ohms de resistencia. Estas restricciones de distancia e impedancia se deben tanto a la vulnerabilidad del cobre a las interferencias por ruido como a la pérdida de señal por propagación. Para usuarios en los que el bucle es menor o igual a 5.5 km, el servicio ADSL se puede instalar como se ilustra en la figura.



*Figura 5.17 Estructura de planta externa*

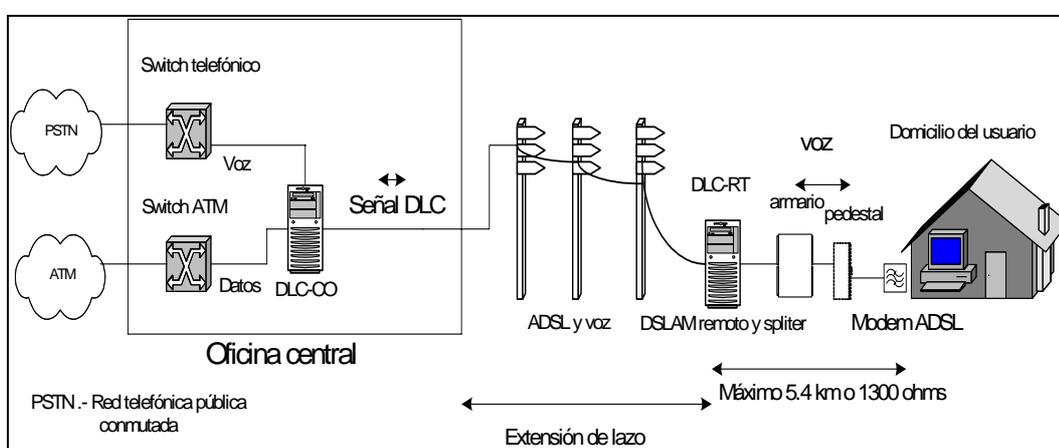
La oficina central debe equiparse con un multiplexor de línea de acceso de suscriptor digital (DSLAM) y su correspondiente tarjeta de línea ADSL. El DSLAM convierte datos entrantes y salientes de la red de modo de transferencia asincrónica (ATM) en señales de alta frecuencia ADSL y viceversa. Además las señales de baja frecuencia de la banda de voz (servicio telefónico) se pueden transmitir sobre el mismo cable de cobre que la señal ADSL sin causar ningún tipo de interferencia. (figura 5.18)



**Figura 5.18 Segmentación del ancho de banda ADSL**

Los clientes ubicados más allá de los 5.5 km de la central pueden tener acceso al servicio ADSL si el vecindario es servido por una extensión DLC (digital loop carrier). De este modo, un splitter DSLAM de voz/datos debe ser ubicado cerca o dentro del gabinete DLC remoto como se muestra en la figura 5.19. Multiplexando

las señales de datos y luego transportándolas a través del DLC, la disponibilidad de ADSL puede cubrir un área mucho más amplia. El DSLAM remoto realiza la misma función que un DSLAM ubicado en la central, excepto que el remoto se puede colocar a algunos kilómetros de la misma. La restricción de 5.5 km y 1300 ohms aun es estrictamente necesaria para el lazo de cobre que va desde el DSLAM remoto hasta el usuario final.

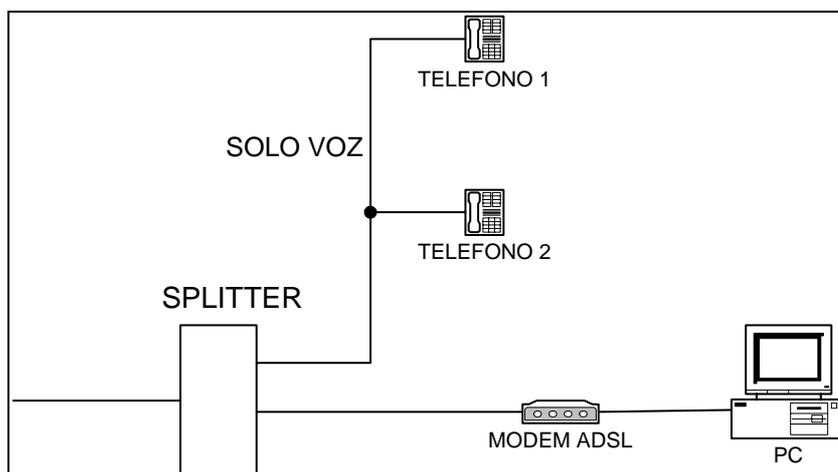


*Figura 5.19 Estructura de planta externa con extensión de lazo*

- **Instalación en el domicilio del usuario**

Entre la central y domicilio del usuario, el lazo de cobre transporta tanto la señal ADSL como la voz. Con G.DMT, la señal combinada puede ser separada en el domicilio del usuario con un splitter, (ver figura 5.20)

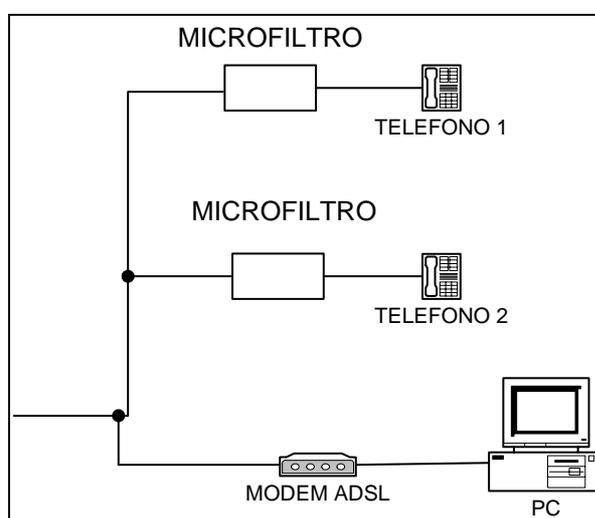
Luego del splitter, las señales ADSL pueden ser transmitidas o recibidas por un módem ADSL, el cual puede ser un dispositivo separado o una tarjeta interna en el PC. Así mismo, la señal de voz se recibe o transmite por un teléfono normal. El splitter regula el cambio de impedancia y capacitancia que inserta el teléfono y también previene desventajosas interacciones entre los ecos de la señal de voz y el MODEM ADSL, y viceversa.



*Figura 5.20 Instalación ADSL en el domicilio del usuario*

La instalación del splitter ADSL requiere que un técnico trabaje en el domicilio del cliente. En adición al costo por la instalación, la colocación del cableado interno puede resultar confuso y tomar tiempo. Una alternativa es el G.LITE ADSL que no requiere un splitter (ver figura 5.21) y es comúnmente llamado ADSL sin splitter.

En lugar de un splitter, G.LITE ADSL requiere la instalación de microfiltros pasabajo entre cada conector telefónico (jack) y el teléfono en sí. Esta tarea puede ser realizada por el cliente. El microfiltro permite el paso de la señal de voz de baja frecuencia al teléfono sin interrumpir el servicio ADSL. La desventaja de este servicio es que cada teléfono requiere un microfiltro.



*Figura 5.21 Instalación ADSL con Microfiltros en el domicilio del usuario*

Algunas instalaciones del servicio G.DMT se pueden convertir a G.LITE realizando una simple actualización de software en el DSLAM y el MODEM ADSL, removiendo el splitter ADSL y añadiendo microfiltros.

- **INSTALACION ADSL**

### **PRE-ANALISIS DEL LAZO DE COBRE**

De ser posible, el proveedor del servicio debe realizar pruebas de análisis previo para asegurarse que el lazo de cobre tiene la suficiente calidad para manejar el servicio ADSL. Estas pruebas generalmente se realizan usando sistemas de prueba de estado de líneas telefónicas, como por ejemplo el equipo Sunset xDSL. Estos mecanismos pueden acertadamente predecir el desempeño del servicio análogo que se puede proveer en una línea dada. Estas pruebas generalmente incluyen: desempeño AC/DC, fallas resistivas, longitud del lazo y detección de bobinas de carga.

Desafortunadamente, los servicios DSL operan a un rango de frecuencias mayor y más amplio que el servicio de voz, esto significa que se requieren pruebas de capacidad adicionales. Algunos sistemas de prueba permiten tests de alta frecuencia, proveyendo una medida y detección segura de pérdidas a alta frecuencia, márgenes de ruido, etc. Estas herramientas permiten a los técnicos precalificar la línea para el servicio ADSL, y predecir ciertamente el desempeño (o la tasa máxima de bits) que se puede lograr.

Una vez que el proveedor ha pre-calificado el par de cobre y verificado que el DSLAM está disponible para brindar el servicio, se debe completar la instalación del

servicio en el domicilio del usuario. Para la correcta instalación del servicio ADSL en el domicilio del usuario se deben seguir los siguientes pasos:

### **Paso 1: Verificación de la línea y el armario**

En el armario, se debe verificar que el par de cobre está correctamente asignado para el servicio. Una vez que se identifica el par, se debe comprobar que es un par balanceado y libre de carga usando un detector de bobinas de carga.

### **Paso 2: Sincronismo con el DSLAM y confirmación de la tasa de transferencia en el armario.**

Se debe terminar la línea telefónica con el equipo seleccionado para el análisis en modo emulación de módem, encenderlo y tratar de establecer sincronización con el DSLAM. Si se logra establecer sincronización, y la velocidad de transferencia es la correcta tanto de subida (upstream) como de bajada (downstream), entonces el DSLAM está operando correctamente y la línea está lista para el servicio. Si el test falla al intentar establecer conexión con el DSLAM, se debe confirmar si en efecto la línea ha sido asignada correctamente al DSLAM. Si existe sincronismo pero las velocidades de subida o bajada son ya sea muy altas o muy bajas para el servicio requerido, se debe comprobar si el DSLAM ha sido configurado correctamente.

**Paso 3: Instalación del Splitter ADSL (solo para el servicio G.DMT)**

Se debe instalar el módem ADSL en una posición conveniente, conectándolo correctamente con la línea ADSL. Entonces se debe terminar el par para el servicio de voz en el puerto de voz y el par para el servicio ADSL en el puerto de datos.

**Paso 4: Evaluación de nivel de voz y acondicionamiento**

En este punto se deben volver a realizar las evaluaciones realizadas en el paso 1. En adición a esto, se debe confirmar que el circuito soportará el servicio ADSL de alta velocidad. Finalmente, se debe verificar el servicio de voz confirmando si la línea telefónica ofrece tono de marcado.

**Paso 5: Confirmación del sincronismo DSLAM y confirmación de la tasa de transferencia en el domicilio del usuario.**

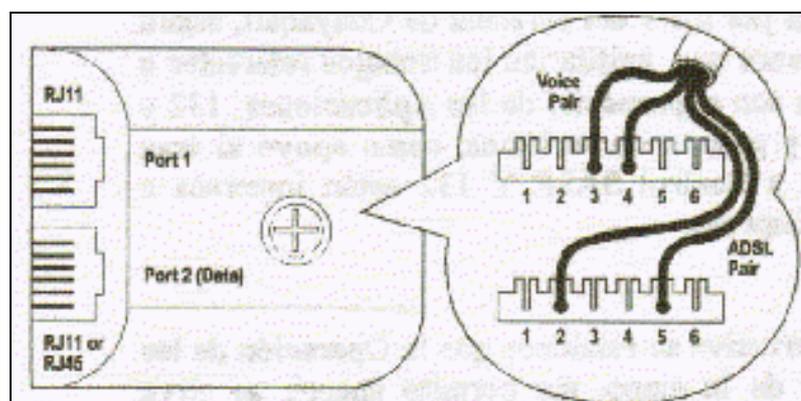
Se debe terminar la toma de datos con el equipo seleccionado para el análisis en modo emulación de módem, encenderlo y una vez más tratar de establecer sincronización con el DSLAM y confirmar la velocidad de subida (upstream) como la de bajada (downstream). Si se logra establecer sincronización, y la velocidad de transferencia es la correcta, entonces el DSLAM está operando correctamente y la línea está lista para el servicio.

- **Instalación en el hogar del usuario**

Se debe determinar el lugar donde el cliente quiere conectar su PC para el servicio ADSL. Es necesario encontrar el lugar de la toma telefónica más cercana y verificar si existe tono.

- **Instalación con Splitter**

Para tener el servicio de voz y datos activado se debe instalar una toma dual de pared (voz y datos) si no existe. Es importante confirmar que el par de voz esté en el puerto 1 y par de datos en el puerto 2. (figura 5.22)



*Figura 5.22 Instalación del par telefónico y par de datos*

- **Instalación sin Splitter**

La línea telefónica lleva tanto el servicio de voz como el de datos, se debe investigar la forma de conexión (pin out) del módem y seguir este estándar usando un patch cord.

- **Instalación del módem ADSL**

En estos momentos existen tres configuraciones comunes para los módems ADSL. Estas incluyen dos externas (Ya sea con la interfaz Ethernet o USB hacia la PC) y una interna con la interfaz PCI. Si el equipo es un módem interno, se requiere algo de conocimiento sobre computadores para completar la instalación.

- **Módem ADSL externo con interfaz Ethernet**

Si el equipo es un módem externo con interfaz Ethernet, una conexión Ethernet libre debe estar disponible en la PC para completar la instalación. Si no es así, se debe instalar una tarjeta de interfaz de red (NIC) en la PC.

Una vez que se tiene listo el puerto Ethernet, se debe verificar que los conectores en la PC sean compatibles con el patch cord Ethernet (Los conectores RJ-45 son los conectores más utilizados para Ethernet en estos días, pero algunas computadoras

antiguas tienen conectores diferentes que requieren un adaptador) Una vez confirmada la compatibilidad de conectores, se debe instalar el patch cord entre el módem y el puerto Ethernet de la PC. Entonces se debe conectar un patch cord entre el módem y el puerto de datos en la toma de pared e instalar el software apropiado en la PC.

- **Módem ADSL externo con interfaz USB**

Si el equipo es un módem externo con interfaz USB, el puerto USB debe estar disponible en la PC. Se debe conectar el cable USB entre el módem ADSL y la PC, y conectar un patch cord entre el módem y el puerto de datos en la toma de pared e instalar el software apropiado en la PC.

- **Módem ADSL interno con interfaz PCI**

Si el equipo es un módem interno con interfaz PCI, el único requerimiento es una ranura PCI libre disponible en la PC. (NOTA: cuando se trabaja dentro de la PC, es importante tener un adecuado procedimiento de aterrizaje, y tener cuidado con descargas electrostáticas. Adicionalmente, antes de abrir un computador se debe asegurar que todos los dispositivos deben estar apagados y con su cable de poder fuera de la toma eléctrica). Luego se debe instalar la tarjeta del módem ADSL en una ranura PCI libre en la PC. Después de esto se debe conectar un patch cord entre el

módem y el puerto de datos en la toma de pared e instalar el software apropiado en la PC.

- **Paso Final: Prueba de extremo a extremo**

### ADSL

Se debe encender el módem (solo externo) y la PC. Luego es preciso configurar el computador de acuerdo a los requerimientos específicos del proveedor del servicio de Internet (ISP). En este punto, una dirección IP permanente o dinámica necesita ser asignada a la PC.

Si el módem externo incluye un led de sincronismo “sync”, este debería indicar que el módem ha establecido una conexión con el DSLAM (en la mayoría de los módems ADSL, el led de sincronismo empieza a titilar con color ámbar al encenderse y luego cambia a verde para indicar la sincronización con el DSLAM). Para módems internos, el software usualmente incluye algún tipo de status en la pantalla que se usa para monitorear la actividad del módem.

Una vez que la dirección IP se configura correctamente, se debe probar la conexión inicializando el navegador de Internet. En este punto, debería cargarse la página por defecto, indicando una conexión exitosa con el ISP.

### **Servicio telefónico**

Después de la verificación del servicio ADSL, es necesario verificar que el servicio telefónico en el domicilio del usuario esté funcionando correctamente. Se debe tener en cuenta que el servicio telefónico no debería afectar el servicio ADSL.

- **RESOLUCION DE PROBLEMAS**

Los problemas encontrados durante o después de la instalación del servicio ADSL pueden requerir un técnico para descubrir fallas ya sea en el equipo instalado en casa del usuario o en el cableado. Cuando se reporta un problema, estos generalmente son muy diversos. Por ejemplo, existen clientes que olvidan encender sus modems. En otras ocasiones, la resolución del problema puede requerir colocar una nueva línea debido a la mala calidad de la original. La siguiente tabla muestra cuatro preguntas básicas que deben ser respondidas antes de intentar solucionar problemas con el servicio ADSL.

<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta afirmativa</b>	<b>Respuesta negativa</b>
¿Está funcionando todavía el servicio de voz?	El problema probablemente se limita al servicio ADSL	El problema es de la línea (Ej. Un circuito abierto)
¿Indica el modem sincronización con el DSLAM?	El problema es probablemente un incorrecta configuración de la PC, o un fallo en la red del ISP (proveedor)	Es necesario realizar un test a la red ADSL
¿Trabaja el modem esporádicamente o a ciertas horas del día?	Puede existir una interferencia periódica de radio-frecuencia (RF) de algún equipo o de fuentes de alta frecuencia. Trate de reconfigurar la línea con un mejor margen de error (esto puede también decrementar la velocidad máxima de conexión)	Es necesario realizar un test a la red ADSL
¿Está el modem correctamente conectado a la PC y encendido? (Sólo para modems externos)	Es necesario realizar un test a la red ADSL	Reconecte el modem y enciéndalo.

**Tabla 5.3 Resolución de problemas ADSL**

- **Fallas Potenciales en el domicilio del usuario**

Una vez que los problemas cubiertos en la tabla anterior han sido descartados, un análisis más detallado se debería llevar a cabo en las instalaciones en el domicilio del usuario. Si el módem mantiene una adecuada conexión con el DSLAM, se debería empezar a buscar algún problema en la PC. El usuario puede haber cambiado algún parámetro o su dirección IP accidentalmente (una aplicación común cuando se instala una aplicación de red usando la configuración por default).

Si el problema con la PC puede ser descartado, se debe desconectar el módem desde la toma de pared, terminar el circuito con un equipo de prueba y realizar un test de emulación de módem. Si el test ADSL está en sincronía con el DSLAM, el módem instalado puede estar defectuoso. Se debe conectar otro módem ADSL y tratar de establecer conexión.

Si al terminar la línea con el equipo de prueba en modo emulación de módem no se logra establecer sincronización con el DSLAM, se trata de aislar la falla entre la toma de la pared y la planta externa. Si el test sincroniza con el DSLAM cuando está conectado a primera toma en el domicilio del usuario, el problema es el cableado interno. Se debe confirmar la severidad de la falla con un equipo de prueba y montar nuevo cable hasta la toma de pared si es necesario.

- **Fuentes potenciales de error en el lazo de cobre**

Si el problema en el domicilio del usuario puede ser descartado, y el test ADSL falla al intentar sincronizarse con el DSLAM, el problema es probablemente en la planta externa. Se debe realizar un test de emulación de módem en cada punto siguiendo el camino desde el domicilio del usuario hasta la central. Desde el punto donde la conexión es exitosa, se debe chequear hacia el domicilio del usuario la carga, derivaciones sin terminar, fallas resistivas o desbalance de capacitancia en el par. Cuando todo esto falla, y la decisión es tomar otra línea para solucionar el problema, hay que asegurarse que la nueva línea ha sido pre-calificada para derivaciones sin terminar y las demás condiciones requeridas, y que no exista además ninguna bobina de carga.

**NOTA:** Un desempeño bajo en la tasa de transferencia se puede deber a un excesivo número de derivaciones de la línea en la casa del usuario. Esto es especialmente común con el servicio ADSL sin splitter. Esto puede ser resuelto reduciendo el número de derivaciones o colocando el servicio de ADSL usando Splitter. Sin embargo, primero se debe comprobar si la limitación no es causado por daños en el cableado interno o por condiciones defectuosas en la planta externa. Solo la tasa de transferencia es mayor en los predios del usuario, entonces el cableado interno o las derivaciones son el problema más común.

### **5.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IMPLEMENTACION DE ADSL**

Las líneas ADSL proporcionan un adelanto tecnológico muy avanzado en comparación con el método tradicional de conexión a Internet. Como se ha explicado anteriormente, ADSL utiliza técnicas de codificación digital que permiten ampliar el rendimiento del cableado telefónico actual.

Las principales ventajas de ADSL son las siguientes :

- Uso simultáneo de Internet y del teléfono, a través de la misma línea telefónica
- Conexión permanente a gran velocidad a Internet (Always on Line).
- Tarifa plana de conexión a Internet
- Acceso a todos los servicios y contenidos que ofrece Internet
- Acceso a servicios y contenidos de banda ancha
- Ahorro de costos debido a que elimina la necesidad de instalar fibra óptica en el bucle de abonado para suministrar servicios de alta velocidad, por lo tanto, no se requiere trabajos de la ingeniería civil para colocar nuevos cables.
- ADSL puede introducirse en base a la demanda por usuario individual; esto es importante a los operadores de la red porque significa que su inversión en

ADSL es proporcional a la aceptación del usuario de servicios de multimedios de altas velocidades.

- Para los nuevos operadores, especialmente los más pequeños, suponen una interesante oportunidad competitiva debido a que carecen de infraestructuras instaladas.
- Para los usuarios, los servicios ADSL aportan nuevas posibilidades de acceso de alta capacidad para soportar una gran variedad de aplicaciones, desde multimedia a interconexión de LAN y acceso a Internet.
- Una de las mayores ventajas de ADSL sobre los módem analógicos, RDSI y HDSL reside en su capacidad para proporcionar soporte de servicio telefónico sin impacto alguno en la capacidad de procesamiento de datos. La razón es que ADSL utiliza tecnología de división de frecuencia, permitiendo separar los canales telefónicos de los otros dos canales. Esto garantiza el suministro de un servicio telefónico ininterrumpido incluso cuando falla el suministro de energía del módem ADSL, una posibilidad que no ofrece la mayoría de las soluciones competidoras, incluidas RDSI y HDSL, que, aunque pueden efectuar conexiones telefónicas, lo hacen consumiendo 64 Kbps de ancho de banda.

La utilización del servicio ADSL también conlleva limitaciones y desventajas como:

- El costo es mucho mas conveniente para usuarios que utilizan Internet por largos períodos de tiempo que para usuarios que se conectan un tiempo limitado diariamente. Es por esto que este servicio resultaría menos provechoso (y por ende más costoso) para usuarios que no tienen alto grado de utilización del servicio de Internet.
- El sistema no es compatible con líneas con servicios especiales, como RDSI. Aunque se están preparando dispositivos para que sean compatibles.
- La distancia desde la central telefónica hasta el domicilio del usuario debe tener un máximo, cuanto mayor sea la distancia menor será la velocidad o incluso no se podrá montar ADSL en los predios del usuario si la distancia es muy elevada.
- Debe contratarse el servicio a la operadora telefónica correspondiente. Esto no sucede con los módem habituales, puesto que basta con conectarlos a la red, sin tener que dar aviso a la operadora.
- Otro inconveniente importante es la saturación de los servidores al conectarse muchos usuarios con ADSL.
- El factor clave en este tipo de tecnología es el estado del cable. Si una comunicación ADSL trata de sacar el máximo partido al par de cobre, utilizando como elemento clave el bajo nivel de ruido de la línea, es necesario

que éste se encuentre en óptimas condiciones debido a que de lo contrario puede darse el caso de no llegar a alcanzar las velocidades estándar.

## CONCLUSIONES

- Como hemos visto la integración de voz, datos y la necesidad de interactividad de los usuarios con los diferentes servicios que prestarán las redes multimedia hace que se incrementen los requisitos en las redes de Telecomunicaciones, para ello es necesario poder introducir los nuevos servicios soportando los ya existentes de una forma que no afecte en mayor costo.
- La red de servicios modificará profundamente nuestra relación con la información. Nos potenciará en la búsqueda de información que nos interese y que no este necesariamente cerca, mejorará nuestras posibilidades de comunicación y trabajo con otras personas mediante una interacción más completa, e involucrando sonido, texto e imagen.
- Este estudio nos muestra también lo poderosa y compleja que es la tecnología ATM, la misma que está revolucionando el mundo de las telecomunicaciones. La técnica de transporte de ATM es ideal para redes de conectividad, sobre todo porque sobre ellas se puede construir todo tipo de redes de servicio.

- Al finalizar este trabajo nos damos cuenta de la conveniencia de la implementación de la tecnología ADSL dado que debido a sus características de subida y bajada de información, es ideal para el mejor aprovechamiento del Internet en aplicaciones comunes.
- También podemos notar que en este servicio se permite la utilización simultánea del servicio telefónico básico y el servicio ADSL lo que amplía el rendimiento del cableado telefónico actual.
- La gestión de una red ATM se realiza en dos niveles uno a nivel local y otro a nivel general. A nivel local significa que cada conmutador ATM que se encuentra en un nodo de acceso o nodo de red, puede controlar lo que es tráfico, asignar dinámicamente ancho de banda. Para gestionar a nivel general se debe escoger un punto estratégico donde se concentre gran tráfico telefónico y además dé acceso a los diferentes nodos sin ningún problema.
- Uno de los principales factores a tomar en cuenta al evaluar pares telefónicos es la distorsión causada por dos clases de ruido: Ruido de Fondo y Ruido Impulsivo. El primero es el que se encuentra de forma permanente en la línea y su valor depende de las diferentes fuentes de ruido presentes en las

cercanías del par. El segundo se genera por la presencia eventual de una fuente de ruido, ( licuadoras, bombas de agua, teléfonos celulares ).

- Cabe resaltar que en este estudio se tomaron algunas muestras por central, es decir se analizó al azar una pequeña parte del total de líneas con que cuenta PACIFICTEL. De estas muestras podemos concluir lo siguiente: De acuerdo a las pruebas realizadas y los resultados mostrados en la tabla 5.2 (pág. 162) es posible notar que de las líneas analizadas el 70% se presenta en óptimo estado para implementar banda ancha, el otro 30% necesita ser cambiado si se desea realizar la instalación de este servicio.
- Como conclusión final, podemos destacar que la implementación de ADSL para Guayaquil es factible debido a que gran parte de las líneas telefónicas cumplen con los estándares exigidos, pero en contados casos se debe cambiar el par de cobre que llega al usuario debido al mal estado en que se encuentran algunos de estos pares. Además la instalación de ADSL se debería realizar de manera progresiva y por sectores, analizando cada línea telefónica en la que se pretenda instalar este servicio y así ir completando la instalación sector por sector de acuerdo a los requerimientos de los usuarios y las factibilidades técnicas del par de cobre.

## RECOMENDACIONES

- Para poder ofrecer una solución a corto plazo de acceso por parte de usuario a Banda Ancha, se recomienda el uso de hilos de cobre de la red existente usando la técnica ADSL, ya que el uso de la fibra óptica hasta el abonado es muy costosa.
- Para poder implementar una red pública ATM en Guayaquil, se recomienda un estudio de potenciales clientes para poder saber si se recuperará la inversión a mediano o largo plazo. Este sería un gran paso para los usuarios de Pacifictel S.A., ya que no solamente tendrían servicio telefónico de alta calidad sino también una gran variedad de servicios que ofrece la tecnología ATM.
- Como pudimos analizar a lo largo de esta investigación existen líneas telefónicas que no se encuentran en estado óptimo para poder ofrecer el servicio ADSL. En estos casos, Pacifictel deberá cambiar estos pares y colocar pares nuevos para que el servicio de banda ancha sea óptimo y no existan errores que luego serían muy complicados de corregir.

## **GLOSARIO**

**ADSL:** Asymmetric Digital Subscriber Line. (Línea de Abonado Digital Asimétrica). Tecnología que permite, usando el mismo cable telefónico que llega a los hogares o empresas (par de cobre), acceder a servicios de datos (Internet) a alta velocidad sin interferir en el uso tradicional del teléfono.

**ANSI:** American National Standards Institute. (Instituto de estándares de Estados Unidos).

**ATM :** Asynchronous Transfer Mode. (Modo de Transferencia Asíncronica) Protocolo de transmisión orientado a conexión basado en celdas de longitud fija (paquetes) de 53 bytes (incluyendo una cabecera de 5 bytes). Actualmente se puede decir que ATM más que un simple protocolo es una tecnología que permite compartir eficientemente canales de comunicación entre múltiples usuarios además de ofrecer el concepto de Calidad de Servicio (QoS), para la creación de conexiones óptimas de acuerdo a la aplicación.

**ATU-C:** ADSL Terminal Unit-Central. Módem terminal que se ubica del lado de la central.

**ATU-R:** ADSL Terminal Unit-Remote. Módem terminal del que se ubica del lado del usuario.

**Bps:** Bits por Segundo. Velocidad de transmisión a una tasa de un bit por segundo.

**BRI:** Basic Rate Interface (Interface de Acceso Básico). Especificación de un servicio de ISDN que provee dos canales digitales (Canales B) de 64 Kbps y un canal digital de control (Canal D), compartiendo el mismo medio físico.

**CAP:** Carrierless Amplitude/Phase. Modulación que almacena partes de una señal en una memoria, luego une estos fragmentos de la onda modulada. Al final la señal de la portadora se suprime.

**CBR:** Constant Bit Rate (Tasa de bit constante). Una de las cinco clases de servicio ATM la que soporta la transmisión de una corriente continua de bits de información donde el tráfico, tal como voz y video, necesita ciertos requerimientos de QoS.

**CCITT:** Consultive Comité for International Telegraphy and Telephony. (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía). Ahora se denomina UIT-T.

**Cell:** Celda. Unidad básica de transmisión para ATM. Es un paquete de 53 compuesto de 5 bytes de encabezado y 48 bytes de datos (Pay Load). En la fuente el tráfico del usuario se segmenta en celdas y el destino se re-ensambla.

**CODEC:** Coder-Decoder (Codificador / Decodificador). El Codec toma una señal análoga en su entrada y la convierte en una señal digital a su salida y también realiza el proceso inverso de señal digital a señal análoga.

**Crosstalk:** Este ruido consiste de señales que se acoplan a la señal ADSL en el par telefónico. La fuente puede ser otros pares en los alrededores o pares adyacentes.

**Derivaciones:** Son extensiones conectadas al cable principal que transportan las mismas señales que se transmiten en este cable, causando una reflexión que se propaga desde el fin de la derivación al cable principal.

**DDF:** Se utiliza para realizar la conexión entre las centrales.

**DMT:** Discrete Multitone. Modulación que emplea múltiples portadoras. Cada una de estas portadoras (subportadoras se modula en cuadratura).

**DSLAM:** Chasis que agrupa un gran número de tarjetas, cada una de las cuales consta de varios módems ATU-C y además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia una red WAN.

**E-1:** Señal digital Europea 1. Estándar europeo para interfase física digital a 2048 kbits por segundo.

**E-3:** Señal digital Europea 3. Estándar europeo para la interfase física digital a 34.368 Mbps. Simultáneamente puede soportar 16 circuitos E-1.

**ET:** Equipo Terminal

**FDM:** Frequency Division Multiplexing. (Multiplexado por división de frecuencia).

**Frame Relay:** Tecnología eficiente de conmutación de paquetes que permite la entrega confiable de paquetes sobre circuitos virtuales (VC). Mucha de la funcionalidad de la capa de red se manipula en la capa de enlace. Algunos de los conceptos usados en Frame Relay han sido incorporados en ATM.

**Gbps:** Giga bits por segundo. Velocidad de transmisión de mil millones de bits por segundo.

**HDSL:** High Bit Digital Subscriber Line. (Línea de abonado digital de alta velocidad). Tecnología que permite aprovechar los pares de cobre que conforman la planta externa telefónica para la transmisión de señales digitales con velocidades de hasta 2.048 Mbps.

**HDSL-2:** High Bit Digital Subscriber Line. (Línea de abonado digital de alta velocidad). HDSL-2 es una nueva versión de la tecnología DSL, también conocida como DSL de alta velocidad.

**IEEE:** Institute of Electrical and Electronic Engineers. (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos). Organización de estándares y especificaciones que cubre actividades en el área de computadoras y electrónica.

**ISDL:** ISDN Digital Subscriber Line. (Línea de Abonado Digital ISDN). Transmite datos digitales a velocidades de hasta 144 kbps en líneas telefónicas existentes. Esta tecnología usa la misma codificación de transmisión que ISDN (Red Digital de Servicios Integrados).

**INTERNET:** Es el sistema global de redes interconectado por TCP/IP que incluye más de 40 millones de usuarios del sector privado, instituciones educativas y del gobierno y de personas independientes.

**IP:** Internet Protocol. Protocolo de red que brinda un servicio no orientado a conexión (Datagrama) al protocolo de transporte más alto. Tiene la responsabilidad de descubrir y mantener la información de la topología de la red y enlutar los paquetes a través de redes homogéneas o heterogéneas.

**ISDN:** Integrate Services Digital Network. (Red digital de Servicios Integrados). Modelo de referencia del protocolo adoptado por la ITU-T para brindar un servicio digital extremo a extremo e interactivo para datos, audio y video. ISDN está disponible como BRI, PRI y B-ISDN.

**ISO:** Internacional Estándar Organization. (Organización Internacional de Estándares).

**ITU-T:** Internacional Telecommunications Union – Telecommunications Estándar Sector. (Unión Internacional de las Telecomunicaciones – Sector de Estándares de Telecomunicaciones). Cuerpo de recomendaciones, especificaciones y estándares internacionales formales, inicialmente conocidos como CCITT. La ITU-T hace parte

de la unión internacional de telecomunicaciones (ITU) fundado en 1948 y auspiciado por las Naciones Unidas para promover los temas relacionados con telefonía y telegrafía.

**Kbps:** Kilobits per second. Velocidad de transmisión de 100 bits por segundo.

**LAN:** Red de Area Local. Una red que hace interconexión entre PCs, terminales, estaciones de trabajo, servidores, impresoras y otros periféricos alta velocidad sobre distancias cortas.

**MAN:** Metropolitan Area Network. Este término describe una red que provee una conectividad digital de un área regional a una metropolitana. La MAN realiza el enlace entre las LAN y las WAN.

**Mbps:** Megabits por segundo. Velocidad de transmisión de un millón de bits por segundo.

**MDF:** Main Distribution Frame. Es una conexión donde por un lado tiene la asignación del número telefónico y al otro lado se tiene el dato técnico o el par.

**Modem:** Modulador/Demodulador. Dispositivo que convierte señales digitales en analógicas adaptándolas al medio de transmisión y viceversa.

**Neopren:** Cable multipar utilizado para el tendido telefónico.

**OSI:** Open System Interconnection. (Interconexión de sistemas abiertos). El modelo de referencia OSI introducido por la ISO contiene 7 campos, estos campos especifican los protocolos y funciones requeridas para la comunicación entre dos nodos usando una infraestructura de red.

**Pay Load:** Parte de la celda ATM que contiene la información que se va a transportar. Ocupa 48 bytes.

**PDH:** Plesiochronous Digital Hierarchy. (Jerarquía Digital Plesiocrónica). Una jerarquía que hace referencia a las interfases DS-1, DS-2 y DS-3 para transmisión digital. Originalmente desarrollada para llevar eficientemente la voz digitalizada por un cableado.

**PSTN:** Red Telefónica Pública Conmutada.

**QoS:** Quality of Service. Este término se refiere a los parámetros que caracterizan el tráfico de una conexión virtual.

**RADSL:** Rate-adaptive Asymmetric Digital Subscriber Line. (Línea de abonado digital de velocidad ajustable). Ofrece velocidades de acceso mayores y una configuración de canales que se adapta mejor a los requerimientos de las aplicaciones dirigidas a los usuarios privados como vídeo bajo demanda o acceso a Internet.

**RDSI-BA:** Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha.

**SDH:** Synchronous Digital Hierarchy. (Jerarquía Digital Sincrónica). Una jerarquía que determina las interfases de señal para una muy alta velocidad de transmisión sobre canales de fibra óptica.

**SDSL:** Single Line Digital Subscriber Line. (Línea de abonado digital simple). Utiliza únicamente un par de cobre, por lo que se sitúa estratégicamente en el segmento de los usuarios residenciales que sólo disponen de una línea telefónica.

**Splitter:** Dispositivo que 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 por el bucle de modo que las señales de baja frecuencia (telefonía) vayan separadas de las de alta frecuencia (datos).

**SS7:** Signaling System 7. (Sistema de Señalización #7). Señalización por canal común. Es un protocolo usado en redes públicas para establecer conexiones entre switches. Conexiones ISDN a switches que soportan SS7 tienen acceso a conexiones de 64 Kbps entre centrales conmutadoras públicas.

**STM:** Synchronous Transfer Mode. Donde el tiempo es asignado para cada canal para transmisiones periódicas.

**STM-1:** Synchronous Transport Module – 1. La ITU-T define para SDH la interfase física para la transmisión digital en ATM a una tasa de 155.2 Mbps.

**Switch ATM:** Es un dispositivo ATM responsable de la conmutación de celdas.

**TCP/IP:** Transmission Control Protocol / Internet Protocol. (Protocolo de control de Transmisión / Protocolo de Internet). Plataforma que combina los protocolos TCP y IP.

**UIT-T:** Unión Internacional de las Telecomunicaciones – Sector de Estándares en Telecomunicaciones.

**VBR:** Variable Bit Rate. (Velocidad Variable de Bits).

**VDSL:** Very High Data Rate Digital Subscriber Line. (Línea de abonado digital de muy alta velocidad). VDSL puede suministrar rangos de datos entre 13 Mbps y 60 Mbps. El rango de datos a que puede ser realizado depende de la longitud de la línea.

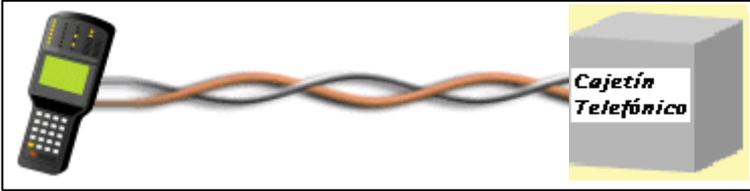
**WAN:** Wide Area Network. Es una red que abarca grandes distancias y usualmente utiliza circuitos telefónicos.

**XDSL:** se define como una serie de tecnologías que permiten el uso de una línea de cobre (la que conecta un domicilio con la central telefónica) para transmisión de datos de alta velocidad y, a la vez, para el uso normal como línea telefónica.

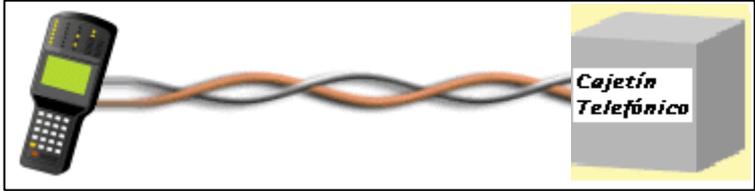
**ANEXO:**

**FICHAS DE PRUEBA**

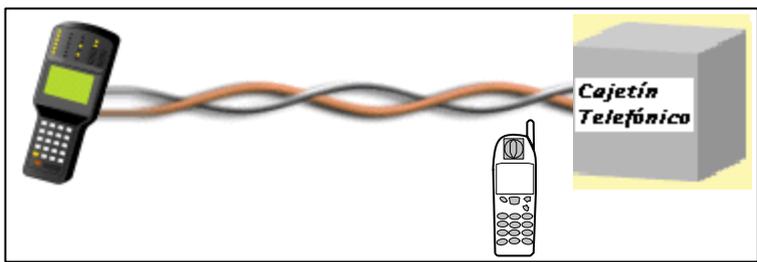
## LOCALIZACION DE UN CORTO CIRCUITO

<b>NOMBRE DE LA PRUEBA</b>	Localización de un corto circuito
<b>NUMERO DE PRUEBA</b>	1
<b>OBJETIVOS</b>	Detectar la presencia de un corto circuito y obtener la distancia a la que se encuentra desde el punto de prueba
<b>DIAGRAMA DE LA PRUEBA</b>	
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<p>01.- Colocar el circuito de prueba como se muestra en la figura.</p> <p>02.- Encender el equipo Sunset xDSL y seleccionar el modo de prueba como TDR.</p> <p>03.- Seleccionar el tipo de cable, el diametro y los parámetros de la prueba</p> <p>04.- Presionar Start y esperar los resultados de la prueba.</p>

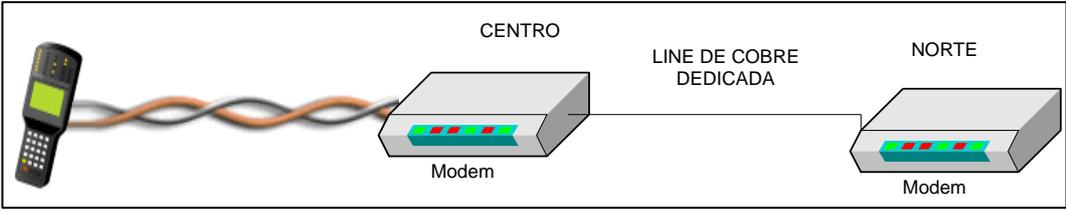
## LOCALIZACION DE UN CIRCUITO ABIERTO

<b>NOMBRE DE LA PRUEBA</b>	Localización de un circuito abierto
<b>NUMERO DE PRUEBA</b>	2
<b>OBJETIVOS</b>	Detectar la presencia de un circuito abierto y obtener la distancia a la que se encuentra desde el punto de prueba
<b>DIAGRAMA DE LA PRUEBA</b>	
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<p>01.- Colocar el circuito de prueba como se muestra en la figura.</p> <p>02.- Encender el equipo Sunset xDSL y seleccionar el modo de prueba como TDR.</p> <p>03.- Seleccionar el tipo de cable, el diametro y los parámetros de la prueba</p> <p>04.- Presionar Start y esperar los resultados de la prueba.</p>

## PRUEBA DE RUIDO POR INTERFERENCIA DE AGENTES EXTERNOS

<b>NOMBRE DE LA PRUEBA</b>	Prueba de Ruido por inteferencia de agentes externos
<b>NUMERO DE PRUEBA</b>	3
<b>OBJETIVOS</b>	Demostrar que el ruido generado por agentes externos (teléfono celular) causa efectos de interferencia en la señal telefónica
<b>DIAGRAMA DE LA PRUEBA</b>	
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>01.- Colocar el circuito de prueba como se muestra en la figura.</li><li>02.- Encender el equipo Sunset xDSL y seleccionar el modo de prueba como LINE.</li><li>03.- Seleccionar la prueba BackGround Noise en el espectro ADSL (PSD)</li><li>04.- Presionar Start, luego realizar una llamada usando el teléfono celular</li><li>05.- Realizar el mismo procedimiento pero alejando el celular del cajetín</li><li>06.- Comparar los resultados</li></ol>

## VERIFICACION DEL ESTADO DE LA LINEA EN UN ENLACE DE DATOS

<b>NOMBRE DE LA PRUEBA</b>	Verificación del estado de la línea en un enlace de Datos
<b>NUMERO DE PRUEBA</b>	4
<b>OBJETIVOS</b>	Demostrar que el estado de la línea o par de cobre es fundamental en la transmisión de Datos . Esto lo obtenemos mediante el cálculo del BERT.
<b>DIAGRAMA DE LA PRUEBA</b>	 <p>El diagrama ilustra el montaje de la prueba. A la izquierda se muestra un teléfono móvil. Una línea de cobre dedicada conecta un módem etiquetado como 'CENTRO' a otro módem etiquetado como 'NORTE'. El módem central está conectado al teléfono móvil.</p>
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>01.- Colocar el circuito de prueba como se muestra en la figura</li> <li>02.- El módem que esta en Norte debe tener un lazo físico</li> <li>03.- El módem que esta en Centro debe ser conectado mediante un módulo al Sunset.</li> <li>04.- Encender el equipo Sunset xDSL y seleccionar el modo de prueba como MODULO</li> <li>05.- Realizar las configuraciones necesarias</li> <li>06.- Presionar Start</li> <li>07.- Verificar la sincronización del Sunset, mediante el led SYNC.</li> <li>08.- Obtener los resultados</li> </ol>

## RESULTADOS

<b>RESULTADOS DE PRUEBAS SDSL</b>
CLIENTE : SONY
<b>DATOS DE PRIMARIO DEL CLIENTE</b>
NUMERO DE LA LINEA (LP) : 301931
NUMERO DE REGLETA ( R ) : 61
NUMERO DEL PAR ( P ) : 11
VELOCIDAD : 256 Kbps
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>
Error Count : 0
Test period (sec) : 43416 sec
Sync Loss Period (sec): 0
Sync : yes
BERT : 8.99X10-11

## BIBLIOGRAFIA

1. COMUNICACIONES WORLD. ADSL: El poder del cobre. Fascículo I. 1999. Págs. 32-92
2. Sunrise Telecom. Load Coil Testing with the SunSet xDSL. Octubre, 2000. Págs 1-3.
3. [www.harris.com](http://www.harris.com). El ABCD de ADSL. Págs. 1-25
4. [www.ericsson.com](http://www.ericsson.com). Testing in the Unbundled Loop. Págs. 1,2
5. [www.adslforum.com](http://www.adslforum.com)
6. [www.adsl4ever.com](http://www.adsl4ever.com). Maintaining POTS in the Hybrid Network. Págs 3,4
7. <http://www.pcc.qub.ac.uk/tec/courses/network/SDH-SONET/SDH-SONET.html>
8. <http://www.monografias.com/trabajos/atm/atm.shtml>. Tesis sobre ATM.
9. <http://www.dslforum.org/>
10. RICHARDSON ELECTRONICS. Broadcast Products. Autor: 2001. Págs 10-50.