



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica-Eléctrica

**COMO MEJORAR LOS FACTORES QUE AFECTAN EL BUEN DESEMPEÑO
DE LOS SERVICIOS DIGITALES HDSL E ISDN 128KBPS. EN UNA RED DE
COBRE**

Mario Leonardo Guillén Murga

Asesorado por Ing. Byron Odilio Arrivillaga

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMO MEJORAR LOS FACTORES QUE AFECTAN EL BUEN DESEMPEÑO
DE LOS SERVICIOS DIGITALES HDLS E ISDN 128KBPS. EN UNA RED DE
COBRE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO LEONARDO GUILLÉN MURGA

ASESORADO POR EL ING. BYRON ODILIO ARRIVILLAGA

AI CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

Guatemala, noviembre de 2003

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Inga. Ingrid Salome Rodriguez de Loukota
EXAMINADOR	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
EXAMINADOR	Ing. Erwin Efrain Segura Castellanos
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

COMO MEJORAR LOS FACTORES QUE AFECTAN EL BUEN DESEMPEÑO DE LOS SERVICIOS DIGITALES HDSL E ISDN 128KBPS. EN UNA RED DE COBRE.

Tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica- Eléctrica con fecha de 11 de octubre de 2001.

Mario Leonardo Guillén Murga

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS	1
1.1 RDSI.....	1
1.1.1 Qué es la RDSI.....	1
1.1.2 Historia de la RDSI.....	2
1.1.3 Estándares de la RDSI.....	4
1.1.4 Ventajas de la RDSI.....	4
1.2 Canales y servicios.....	6
1.2.1 Canales de transmisión.....	6
1.2.2 Tipos de servicio.....	8
1.2.3 Agregación de canales.....	8
1.3 ISDN-128K(BRI).....	9
1.3.1 Interfaces.....	9
1.3.2 Características de las interfaces.....	12
1.3.3 Codificación.....	14
1.3.3.1 Codificación de los <i>bits</i> en la línea telefónica.....	14
1.3.3.2 Circuito de interfaz con la red.....	15
1.3.3.3 Tramas de <i>bits</i> en la línea telefónica.....	16
1.3.3.4 Codificación en las interfaces S/T.....	16

1.3.3.5	Codificación y tramas en un acceso PRI.....	18
1.4	Sistemas xdsl.....	18
1.4.1	Dsl.....	19
1.4.1.1	Arquitectura general de un emisor-receptor.....	23
1.4.2	Hdsl.....	24
2.	RED DE COBRE	29
2.1	Red de cobre y sus componentes.....	29
2.1.1	El cable multipar	30
2.1.2	El par trenzado.....	31
2.2	Definición de los parámetros eléctricos en una red de cobre.....	33
2.2.1	Aislamiento.....	33
2.2.2	Resistencia.....	33
2.2.3	Capacitancia.....	36
2.2.3.1	Capacitancia de un par trenzado de hilos de cobre.....	37
2.2.4	Voltaje inducido A.C.....	38
2.2.5	Voltaje DC.....	38
2.2.6	Atenuación.....	39
2.2.6.1	Efectos de la resistencia y capacitancia del cable en la señal de transmisión.....	39
2.2.6.2	Filtro pasa bajos.....	41
2.2.7	Ruido impulsivo.....	42
2.2.7.1	Perturbaciones	42
2.2.7.2	Tipos de ruido.....	44
2.2.8	Diafonía.....	45
2.2.8.1	Calculo teórico de medir la diafonía.....	51
2.2.9	Influencia de energía eléctrica.....	52

2.3	Requerimientos mínimos de la red para la transmisión con sistemas Hdsl e Isdn-128K.....	52
3.	PROCEDIMIENTO PARA MEJORAR LOS PARÁMETROS.....	54
3.1	Bajo aislamiento.....	54
3.2	Hilos abiertos.....	57
3.3	Voltaje inducido A.C.....	57
3.4	Voltaje DC.....	59
3.5	Ruido impulsivo.....	59
3.5.1	Sistemas de tierras.....	62
3.5.1.1	Capacidad de drenado.....	62
3.5.1.2	Resistencia de tierra.....	63
3.6	Atenuación.....	64
3.7	Diafonía.....	65
3.8	Niveles de influencia eléctrica (PI) aceptable.....	66
4.	MEDICIÓN DE PARÁMETROS.....	67
4.1	Equipo de medición.....	67
4.2	Selección de tramo de red.....	69
4.3	Procedimiento para las mediciones.....	72
4.4	Análisis de resultado obtenidos.....	74
4.4.1	Análisis caso 1.....	74
4.4.2	Análisis caso 2.....	77
5.	IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES.....	79
5.1	Soluciones implementados en el ejemplo 1.....	79
5.2	Soluciones implementados en el ejemplo 2.....	84
5.3	Discusión de resultados.....	86

CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	95
ANEXOS	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Rdsi	2
2	Interfaces y bloques funcionales presentes en una línea Isdn-128K	10
3	Tipos de cable para los interfaces S y T	12
4	Conexión y líneas de los interfaces S y T	13
5	Ejemplo de codificación 4B3T	14
6	Esquema de detección de colisión por eco en el canal D	17
7	Gráfica de velocidades	21
8	Transmisor receptor Dsl	23
9	Transmisor receptor Hdsl	26
10	Distribuidor de cable multipar	30
11	Caja terminal para exteriores con capacidad para 10 pares	30
12	Mufa con empalme aéreo con capacidad de 100 a 200 pares	30
13	Conectores para empalme	30
14	Construcción básica del cable trenzado	32
15	Resistencia de un conductor	34
16	Efectos de la resistencia en la señal de transmisión	34
17	Construcción básica de un capacitor	37
18	Capacitancia de un par trenzado	38
19	Circuito equivalente del par trenzado	40
20	Circuito equivalente filtro pasabajos	41
21	Gráfica de respuesta del filtro pasabajos	41
22	Acoplamiento capacitivo entre circuitos	46

23	Línea de un par de hilos	47
24	Acoplamiento inductivo entre circuitos	48
25	Regla de la mano derecha	49
26	Flujo magnético entre hilos	50
27	Presencia del agua en un par de hilos de cobre	55
28	Fuentes de ruido en una red de servicios digitales	60
29	Cableado caso 1	70
30	Cableado caso 2	71
31	Representación gráfica del par 4 en el caso 1	81
32	Procedimiento para las mediciones	87
33	Conectores para cable multipar calibre 0.4 a 0.9 mm.	97
34	Mufa aérea con puntos de distribución	98
35	Caja terminal externa	99
36	Conectores internos de regletas de distribución	100

TABLAS

I	Patrones para la codificación 4B3T	15
II	Velocidades xDsl	22
III	Características Técnicas Hdsl	25
IV	Resistencia de un conductor	35
V	Valores típicos de capacitancia en cables telefónicos	37
VI	Requerimientos mínimos para la transmisión Hdsl e Isdn 128K	52
VII	Mediciones caso 1	73
VIII	Mediciones caso 2	73

IX	Requerimientos para la transmisión en Hdsl e Isdn 128K	74
X	Mediciones caso 1 después de implementadas las soluciones	83
XI	Mediciones caso 2 después de implementadas las soluciones	86

LISTA DE SÍMBOLOS

Ω	ohm
AC	corriente alterna
dB	decibel (potencia)
dBm	decibel (potencia en relación a 1 mW de potencia de entrada)
dBnc	decibel (potencia de ruido)
DC	corriente directa
G	tierra
Hz	Hertz (cantidad de ciclos por segundo)
Kbps	Kilo bits por segundo
KHz	Kilohertz
Km	Kilometro
KΩ	Kilohm
MΩ	megaohm
mW	miliwatt
nF	nanofaradio
nm	nanometro
tdr	reflectómetro en el dominio del tiempo
V	voltio

GLOSARIO

Analógico	La tecnología analógica se refiere a la transmisión electrónica que se consigue añadiendo señales de frecuencia o amplitud variable.
ANSI/IEEE Std81-1983	<i>(Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System.)</i> Guía para medir resistencia de tierra, impedancia de tierra, y potenciales en las superficies en sistemas de tierra.
Awg	<i>(American Wire Gauge</i> - Calibre estadounidense de alambres). Sistema para especificar diámetros de alambre.
Baudios	Cambios o pulsos que la señal transmitida por una línea o interface físico realiza en un segundo.
BER	<i>(Bit Error)</i> La alteración de la señal recibida que causa un error en el procesamiento del lógico '1' ó '0'. Normalmente un error de <i>bit</i> ocurre cuando la forma de onda del voltaje entrante está comprimido de tal manera que un '1' se transpone a '0' o un '0' se transpone a un '1'. Alternativamente, los <i>bits</i> se pueden perder o agregar a un ciclo transmitido.
Caja terminal	Punto de distribución de abonados.

Cardenillo	Óxido de cobre. También llamado almisadir, flor de bronce, agua palestina, asingar, altingat, asamar, asugar, atingar y azimar
CCITT	<i>Telephone and Telegraph Consultative Committee</i> , Comité Internacional de Consulta de Telefonía y Telegrafía: un organismo de estandarización dependiente de la ONU. Actualmente este comité se conoce como ITU, <i>International Telecommunication Union</i> , y es una organización que crea y coordina estándares internacionales sobre telecomunicaciones.
Código de línea	La información binaria a transmitir por una línea se convierte a pulsos de una señal digital para transmitirla. El código de línea define la relación entre los <i>bits</i> y los pulsos de señal, es decir, como se codifica o decodifica un <i>bit</i> de la señal física en la línea.
CRC	Es una forma de comprobar errores en un mensaje haciendo cálculos matemáticos con el número de <i>bits</i> en el mensaje. Este número, es mandado con la información al receptor que comprueba que ha recibido y repite el cálculo matemático. Si hay alguna diferencia entre los dos cálculos, el receptor solicita que se le mande la información otra vez.

Demodular	En la recepción de una transmisión se llama así al proceso de regresar la onda a su forma original para poder ser interpretada.
Dieléctrico	Sustancia o material con muy baja conductividad eléctrica.
Digital	Tecnología electrónica que genera, almacena y procesa información en dos estados lógicos 1 y 0.
E1	Trama o segmento en la transmisión que consta de 32 canales de 64 Kbps.
Empalme	Unión de dos cables.
ETSI TS 101 135 V141	Norma establecida por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación (ETSI) para Transmisión y Multiplexación (TM) en líneas HDSL y transmisión en sistemas en redes de cobre locales; con especificaciones y aplicaciones para combinar ISDN y transmisiones de 2048 Kbps.
Farad	Unidad de capacidad eléctrica de un conductor que con la carga de un culombio adquiere el potencial de un voltio.
Fdm	Multiplexación por división de frecuencia.

G702, G703	Es un estándar de a ITU (versión de 1984) de transmisión en circuitos digitales. Ahora incluye especificaciones para las velocidades de transmisión de 1.544 Mbps. en EE.UU. y de 2.048 Mbps. en Europa, y circuitos con anchos de banda superiores en ambos continentes. G703 es todavía generalmente usado para referirse al estándar para 2.048 Mbps.
HDSL	<i>Hight Data Rate Digital Subscriber Line</i> , línea de abonados digital de índice de datos alto
Mdf	<i>Main distribution frame</i> , marco de distribución principal.
Meger	Instrumento que ayuda a determinar la magnitud de la resistencia de una tierra física
Módem	Aparato que convierte datos en señales que se pueden transmitir a través de la línea de cobre, o viceversa.
Modulación	Se denomina así al proceso seguido para realizar un cambio en una onda. La modulación viene determinada por la alteración de una onda en para la transmisión de la misma..
Mufa	Caja metálica o plástica para almacenar los empalmes de los extremos de los cables.
Multiplexar	Es una técnica que posibilita el establecer sobre un mismo medio físico varios canales de transmisión.

Nodo	Punto de distribución de servicios.
Ohm	Nomenclatura internacional para designar la magnitud de resistencia.
OSI	<i>International Standars Organization</i> : Organización Internacional de Normas.
Pcm	Modulación por pulsos codificados.
Protocolo	Un protocolo es un conjunto de reglas establecidas entre dos dispositivos para permitir la comunicación entre ambos.
Relé	Es un dispositivo electromecánico con salida de contactos para aplicaciones de control y potencia.
Router	Es un equipo informático conectado a diferentes redes.
RS-232	Es un puerto serial, presente en todos los ordenadores actuales, es la forma mas comúnmente usada para realizar transmisiones de datos entre ordenadores.
Subarmónicas	Ondas transitorias con pequeñas irregularidades.
T1	Trama o segmento en la transmisión que consta de 24 canales de 64 Kbps.

Tdm

Multiplexación por división de tiempo.

Voltímetro

Aparato para medir en voltios la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito

Wan

Es una red que cubre una área geográfica más extensa que una red Local. Ejemplos de **wan** son las redes conmutadas, las redes de información pública.

RESUMEN

En los sistemas de transmisión existe la necesidad de buscar un medio capaz de soportar enlaces con velocidades altas. Se busca la forma de entregar una buena calidad de servicio utilizando el medio adecuado, este debe ajustarse a las necesidades del cliente y el costo de instalación y operación debe ser atractivo para el operador, es decir que se debe buscar la forma de entregar un buen servicio a través de una red en donde los costos de instalación y operación sean lo más económicos.

Además de existir otros medios capaces de transmitir a velocidades mucho más altas como la fibra óptica, las empresas operadoras no han podido abandonar las antiguas redes de cobre, donde los costos de instalación y mantenimiento son mucho más bajos que en las redes de fibra óptica.

Con la evolución en los sistemas de comunicación, y el afán de aumentar los anchos de banda en la transmisión de datos a través de las redes de cobre, se han creado tecnologías capaces de transmitir información a velocidades de 2 Mbps, entre ellas se encuentra la tecnología Hdsl y para servicios de menor capacidad las líneas digitales Isdn que alcanzan una velocidad máxima de 128 kbit/seg.

Actualmente, muchas de las redes construidas en Guatemala, son diseñadas aún con algunos de los mismos criterios para el que eran diseñadas las redes con sistemas análogos, peor aún cuando se han implementado los nuevos sistemas digitales en redes diseñadas originalmente para telefonía, vale la pena mencionar que con las tecnologías digitales los sistemas se tornan mucho más sensibles.

Muchas veces el desempeño de una red de cobre empieza desde en momento que se ésta realizando el diseño, clase de multipar, tipo de accesorios de conexión, puntos de distribución, blindaje de la red. No hay que olvidar que después de un buen diseño de red, es necesario el mantenimiento preventivo, que ayuda a detectar cualquier anomalía que pueda causar problemas en los enlaces.

OBJETIVOS

- **General**

Establecer soluciones y procedimientos para mejorar los parámetros eléctricos que afectan el buen desempeño de los servicios digitales Hdsl e Isdn 128Kbps.

- **Específicos**

1. Estudiar las características principales de los servicios digitales Hdsl e Isdn 128Kbps.
2. Investigar las técnicas de modulación digital de alta velocidad sobre hilos de cobre.
3. Definir y estudiar todos los parámetros eléctricos de una red de cobre.
4. Utilizar los equipos de medición adecuados, para el diagnóstico y calificación de los pares en las redes de cobre.
5. Conocer los estándares internacionales establecidos para el buen desempeño de los servicios Hdsl e Isdn 128K, y compararlos con los obtenidos en el estudio de campo.
6. Establecer soluciones y procedimientos para corregir el bajo desempeño de los servicios digitales Hdsl e Isdn-128K.

7. Mostrar si efectivamente al llevar a cabo estas soluciones aumenta el desempeño de los servicios (medir la red después de realizado los cambios, y comparar nuevamente contra los estándares).

INTRODUCCIÓN

En años anteriores, todo el sistema telefónico de la ciudad de Guatemala estaba compuesto por elementos analógicos, y la voz era transportada por las líneas telefónicas moduladas como una forma de onda analógica. Con el pasar de los años aparecieron las centrales digitales, que utilizan computadoras y otros sistemas digitales, estas permiten controlar más líneas de usuarios y realizar conexiones mucho más rápidamente. En estas centrales la voz se almacena y transmite como información digital.

A la vez que se desarrollan las centrales digitales, también se produce un cambio de comunicación entre centrales, que también pasa a ser digital, lo que permite mejorar en gran medida la calidad de las comunicaciones. Con esto las centrales digitales realizan las conexiones por medio del envío de paquetes de datos. Con la necesidad de transmisión de datos sobre hilos de cobre en las redes actuales, y con la rápida evolución del Internet, surgió la necesidad de crear servicios cada vez más veloces, entre ellos surgieron dos sistemas muy utilizados, éstos serán tratados en este trabajo de graduación, el primero **Hdsl**, capaz de transportar datos con una velocidad de hasta 2Mbps., y segundo **Isdn** de 128 Kbps. creada para aplicaciones en el Internet.

En las redes de cobre, con la implementación de estos sistemas, los servicios digitales se tornan mucho más sensibles que los analógicos, debido a que, cuando se pierde uno o varios *bits* en la transmisión, se pierde la comunicación al estar incompleta la información. Por eso todos los parámetros eléctricos en la red de cobre que afectan el desempeño de un servicio digital son mucho más rigurosos que para un servicio analógico, estos parámetros

son: **aislamiento, resistencia, capacitancia, voltaje de inducción, diafonía, atenuación, ruido impulsivo y aterrizaje de pantalla.** En este estudio se describen en detalle los parámetros y los estándares establecidos por los fabricantes de los equipos. Luego se hará un estudio de campo en una red de cobre, donde se obtendrán datos para ser analizados, y por último, plantear posibles soluciones para mejorar los parámetros que afectan el buen desempeño de los servicios digitales Hdsl e Isdn 128Kbps.

Con la elaboración de este trabajo de graduación, se pretende buscar soluciones para mejorar la calidad de los servicios en una red de cobre con aproximadamente un año de uso, que a pesar de ser prácticamente nueva, se ve afectada, con una calidad inferior no esperada que brindan los servicios, por ejemplo, se bloquean, se mantienen intermitentes o el equipo terminal se daña fácilmente por descargas eléctricas.

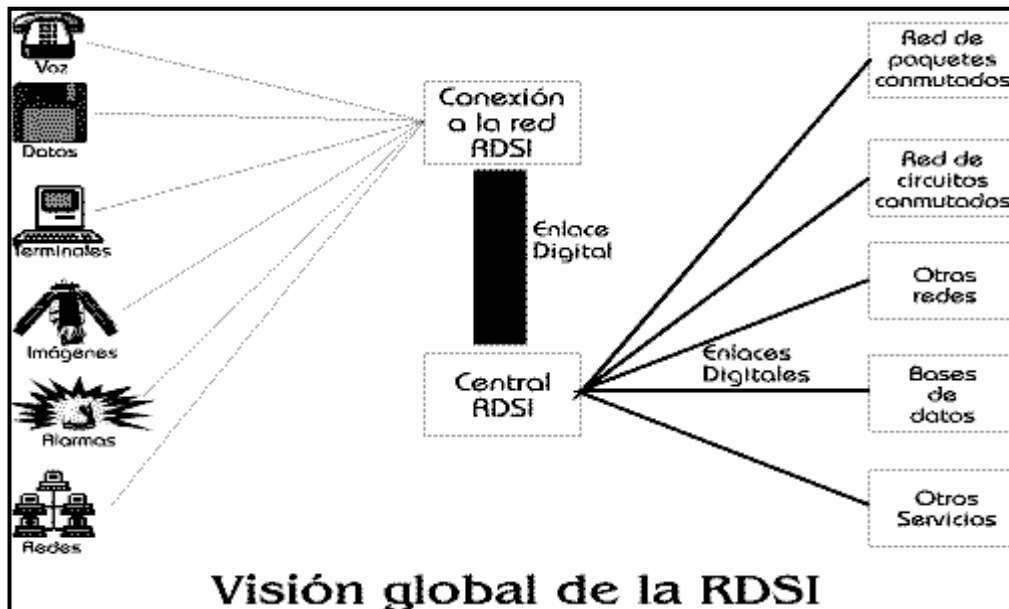
1. RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI)

1.1 RDSI

1.1.1 ¿Qué es la RDSI?

La Red Digital de Servicios Integrados o RDSI es la evolución de las redes telefónicas actuales. Originalmente, todo el sistema telefónico estaba compuesto por elementos analógicos, y la voz era transportada por las líneas telefónicas modulada como una forma de onda analógica. Posteriormente aparecieron las centrales digitales, que utilizan computadores y otros sistemas digitales, además permiten controlar más líneas de usuarios y realizar las conexiones mucho más rápidamente. En estas centrales la voz se almacena y transmite como información digital, y es procesada por programas informáticos. A la vez que se desarrollan las centrales digitales, también se produce un cambio en la comunicación entre centrales, que también pasan a ser digital, lo que permite mejorar en gran medida la calidad de las comunicaciones. De esta forma, en la actualidad una comunicación por una línea telefónica convencional se realiza de forma analógica entre el equipo de un abonado y la central, pero de forma digital hasta llegar a la central donde está conectado el abonado destino. La RDSI supone el último avance: la comunicación digital entre el abonado y su central telefónica. Esto resulta una comunicación digital de extremo a extremo que conlleva un gran número de ventajas y que soporta una gran variedad de servicios.

Figura 1. RDSI



Fuente: GN Elmi España S.A. la red digital de servicios integrados. Pág. 16

1.1.2 Historia de la RDSI

Fue en los comienzos de la década de los 70's cuando las compañías telefónicas de EE.UU. y Europa empezaron gradualmente a convertir sus conexiones internas en sistemas de conmutación digital de paquetes, ya que así se lograba solucionar el viejo problema de la pérdida de calidad de sonido en las llamadas de largas distancias.

En la década de los 80's las grandes empresas empiezan a interesarse en la idea de interconectar sus ordenadores, y las compañías telefónicas deben hacer frente a ese nuevo desafío. Con el CCITT comenzó el movimiento de estandarización de la RDSI, se definieron las líneas iniciales para desarrollar la RDSI, una red basada en líneas digitales capaz de ofrecer cualquier tipo de servicios, convirtiendo la red de telefonía mundial en una red de transmisión de

datos. Se pensó que para solventar el problema de construcción de la RDSI se debía partir de la vieja red telefónica existente y seguir dos fases de desarrollo:

- Sustituir las viejas centrales analógicas basadas en relés eléctricos por centrales digitales basadas en computadores. Estas centrales debían ser compatibles con los sistemas antiguos, pero debían ofrecer los servicios requeridos por la nueva red. A la vez, se debía convertir los canales de comunicación (de larga y corta distancia) en canales digitales. Esto llevó a la Red Digital Integrada o RDI, en la que el único enlace analógico sería el que hay entre el abonado y la central.
- La segunda fase consistiría en cambiar los enlaces con los abonados también por conexiones digitales, completando así la RDSI.
- Durante los noventa, muchos países han concluido la construcción de su RDSI y las distintas compañías de redes telefónicas locales hacen un esfuerzo para comenzar a establecer una implementación específica de la RDSI, con normativas que garanticen compatibilidad entre distintas industrias de equipos.

La proliferación de estándares aceptados, los equipos de conexión gratuitos, junto con el deseo de la gente de tener un acceso a Internet y a otros servicios con un gran ancho de banda a bajos precios han hecho la RDSI más popular en los últimos años.

1.1.3 Estándares de la RDSI

Debido a que cada país ha ido desarrollando la RDSI a partir de sus antiguas redes telefónicas, y a que hay muchos aspectos de la RDSI que todavía no están adecuadamente estandarizados por ser una creación bastante reciente, han surgido incompatibilidades entre las RDSI de distintos países. Actualmente destacan la RDSI americana y la RDSI europea. Salvo que se especifique lo contrario, lo expuesto en este documento hace referencia la RDSI europea.

En cualquier caso la RDSI esta normalizada por los documentos de las series I, G y Q de la ITU, que ha seguido el modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos de la OSI. Algunos ejemplos de normas para la RDSI son estas:

I.120. Algunas guías iniciales sobre la implantación de la RDSI.

I.439. Define la interfaz física entre usuario y la red.

I.430-1. Define el nivel 1 o nivel físico.

I.440/1 - Q.920-23. Definen el protocolo del nivel 2 o de enlace: LAPD.

I.450/1 - Q.930-39. Definen el protocolo de nivel 3 o de red.

1.1.4 Ventajas de la RDSI

La RDSI ofrece gran número de ventajas, entre las que se pueden destacar las siguientes:

- **Velocidad.** Anteriormente el límite de velocidad en las comunicaciones a través de una línea telefónica empleando señales analógicas entre central y usuario mediante el uso de modems estaba alrededor a los

56Kbps. En la práctica las velocidades se limitan a unos 45Kbps debido a la calidad de la línea. La RDSI ofrece múltiples canales digitales que pueden operar simultáneamente a través de la misma conexión telefónica entre central y usuario; la tecnología digital está en la central del proveedor y en los equipos del usuario, que se comunican ahora con señales digitales. Este esquema permite una transferencia de datos a velocidad mucho mayor. Así, con un servicio de acceso básico, y empleando un protocolo de agregación de canales, se puede alcanzar una velocidad de datos sin comprimir de unos 128 Kbps. Además, el tiempo necesario para establecer una comunicación en RDSI es menos de la mitad del tiempo empleado con una línea con señal analógica.

- **Conexión de múltiples dispositivos.** Con líneas analógicas resulta necesario disponer de una línea por cada dispositivo del usuario, si estos se quieren emplear simultáneamente. Resulta muy caro enviar datos (archivos o vídeo) mientras se mantiene una conversación hablada. Por otra parte, se requieren diferentes interfaces para emplear diferentes dispositivos al no existir estándares al respecto. Con la RDSI es posible combinar diferentes fuentes de datos digitales y hacer que la información llegue al destino correcto. Como la línea es digital, es fácil controlar el ruido y las interferencias producidos al combinar las señales. Además, las normas de la RDSI especifican un conjunto de servicios proporcionados a través de interfaces normalizados.
- **Señalización.** La forma de realizar una llamada a través de una línea analógica es enviando una señal de tensión que hace sonar la "campana" en el teléfono destino. Esta señal se envía por el mismo canal que las señales analógicas de sonido. Establecer la llamada de esta manera requiere bastante tiempo. Por ejemplo, entre 30 y 60 segundos para

modems. En una conexión RDSI, la llamada se establece enviando un paquete de datos especial a través de un canal independiente de los canales para datos. Este método de llamada se engloba dentro de una serie de opciones de control de la RDSI conocidas como señalización, y permite establecer la llamada en un par de segundos. Además informa al destinatario del tipo de conexión (voz o datos) y desde que número se ha llamado, y puede ser gestionado fácilmente por equipos inteligentes como un ordenador.

- **Servicios.** La RDSI no se limita a ofrecer comunicaciones de voz. Ofrece otros muchos servicios, como transmisión de datos informáticos (servicios portadores), télex, facsímil, videoconferencia, conexión a Internet y opciones como llamada en espera, identidad del origen, etc.

1.2 Canales y servicios

1.2.1 Canales de transmisión

La RDSI dispone de distintos tipos de canales para el envío de datos de voz e información y datos de control: los canales tipo B, tipo D y tipo H.

- **Canal B.** Los canales tipo B transmiten información a 64Kbps, y se emplean para transportar cualquier tipo de información de los usuarios, bien sean datos de voz o datos informáticos. Estos canales no transportan información de control de la RDSI. Este tipo de canales sirve, además, como base para cualquier otro tipo de canales de datos de mayor capacidad, que se obtienen por combinación de canales tipo B.

La velocidad de 64Kbps permite enviar datos de voz con calidad telefónica. Considerando que el ancho de banda telefónico es de 4KHz, una señal de esta calidad tendrá componentes espectrales de 4KHz como máximo, y según el teorema de muestreo se requerirá enviar muestras a una frecuencia mínima de $2 \cdot 4\text{KHz} = 8\text{KHz} = 8000$ muestras por segundo, es decir, se enviará un dato de voz cada $125\mu\text{seg}$. Si las muestras o datos de voz son de 8 bits, como es el caso de las líneas telefónicas digitales, se requieren canales de $8 \cdot 8000 \text{ bps} = 64\text{Kbps}$.

- **Canal D.** Los canales tipo D se utilizan principalmente para enviar información de control de la RDSI, como es el caso de los datos necesarios para establecer una llamada o para colgar. Por ello también se conoce un canal D como "*canal de control o señalización*". Los canales D también pueden transportar datos cuando no se utilizan para control. Estos canales trabajan a 16Kbps o 64kbps según el tipo de servicio contratado.
- **Canales H.** Combinando varios canales B se obtienen canales tipo H, que también son canales para transportar solo datos de usuario, pero a velocidades mucho mayores. Por ello se emplean para información como audio de alta calidad o vídeo. Hay varios tipos de canales H:
 - Canales H0, que trabajan a 384Kbps (6 canales B).
 - Canales H10, que trabajan a 1472Kbps (23 canales B).
 - Canales H11, que trabajan a 1536Kbps (24 canales B).
 - Canales H12, que trabajan a 1920Kbps (30 canales B).

1.2.2 Tipos de servicio

Un usuario puede contratar dos tipos de servicio diferentes con el proveedor telefónico según sus necesidades. Cada tipo de servicio proporciona una serie de canales:

- **Acceso básico BRI** (*Basic Rate Interface*) Proporciona dos canales B y un canal D de 16Kbps multiplexados a través de la línea telefónica. De esta forma se dispone de una velocidad real para el manejo de la información de 128Kbps. Es el tipo de servicio que encaja en las necesidades de usuarios individuales. **La Línea Digital ISDN-128Kbps es una aplicación de este acceso básico.**
- **Acceso primario PRI** (*Primary Rate Interface*) En EE.UU. suele tener 23 canales tipo B y un canal D de 64Kbps, alcanzando una velocidad global de 1536Kbps. En Europa el PRI consiste de 30 canales B, un canal D de 64Kbps para control y un canal D de 64Kbps para señalización, alcanzando una velocidad global de 1984Kbps. En el segundo caso, los canales B también pueden estar agrupados como 5 canales H0 o un canal H12. Este servicio lo contratan entidades con gran demanda, y una línea telefónica de este tipo suele estar conectada a una pequeña central local. **El sistema HDSL fue desarrollado como una aplicación del acceso primario PRI.**

1.2.3 Agregación de canales

La RDSI ofrece la capacidad de agregar canales para realizar conexiones a mayor velocidad. Así, con un acceso BRI se puede establecer dos conexiones a 64Kbps o una única conexión a 128Kbps, usando siempre una única línea RDSI.

En realidad, una llamada a 128Kbps son dos llamadas diferentes a 64Kbps cada una, existiendo un protocolo por encima que permite ver esa llamada como una sola. Lo que también quiere decir que una conexión a 128Kbps cuesta el doble que otra de igual duración a 64Kbps. Esto es así a pesar de que, en la práctica, doblar el ancho de banda no significa doblar la velocidad de transferencia máxima. La mejora del rendimiento depende de la utilización que el protocolo haga del ancho de banda.

Muchos fabricantes de *hardware* para RDSI permiten la agregación de canales utilizando protocolos propios. De esta forma solo es posible conectar con usuarios que utilicen *hardware* del mismo fabricante. Para garantizar la compatibilidad entre equipos de diversos fabricantes es conveniente que el *hardware* soporte el protocolo MPPP (*Multilink point to point protocol*). Además, el proveedor de la RDSI también debe ofrecer esta posibilidad.

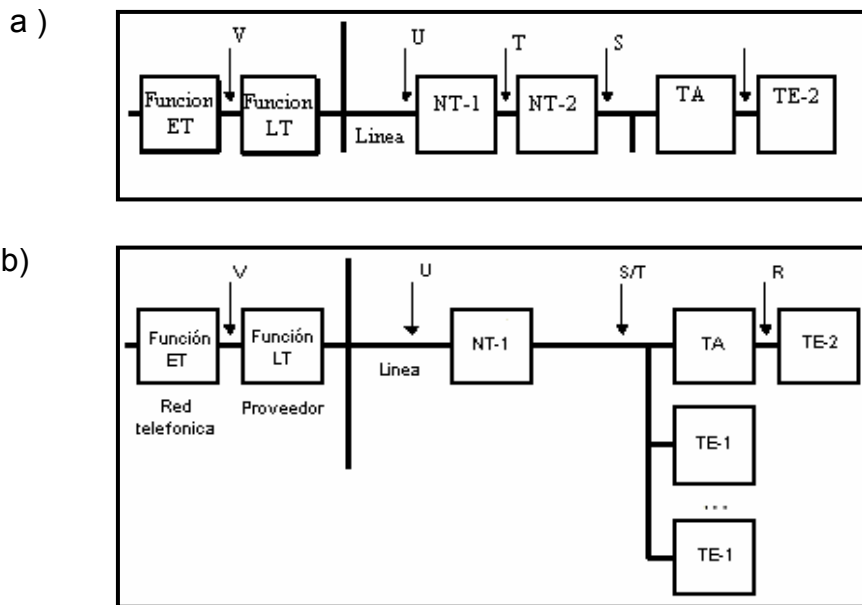
1.3 ISDN-128K (BRI)

1.3.1 Interfaces

La descripción que la ITU hace de los interfaces empleados en la RDSI se basa en el esquema mostrado en la figura 2-a. En la práctica también se emplea muchas veces la simplificación mostrada en la figura 2-b. A continuación se describen los distintos bloques funcionales e interfaces que intervienen en dichas figuras.

Figura 2. a) Interfaces y bloques funcionales presentes en una línea Isdn-128K

b) utilización práctica de los interfaces



Fuente: José M. Caballero. **Redes de banda ancha**. Pág. 112

El bloque **ET** (*Exchange Termination*) engloba los elementos que efectúan la conexión del equipo del proveedor a la red telefónica. El **LT** (*Line Termination*) hace referencia a los equipos del proveedor que suministran al usuario una línea a través de un interface **U**. Los bloques **ET** y **LT** se conectan a través del interface **V**. Las interfaces **V** y **U** son especificadas por las compañías telefónicas y proveedores nacionales o regionales.

En el caso de un servicio BRI, el interface **U** está formado por la línea típica de un par trenzado de hilos procedente de la red telefónica. Este interface permite un intercambio de datos *full-duplex*. A un interface **U** de este tipo solo se conecta un dispositivo **NT-1**. El **NT-1** (*Network Termination 1*) es un dispositivo que básicamente convierte los dos hilos del interface **U** en los cuatro hilos empleados en un interface **T** (o **S/T**) realizando operaciones de

multiplexado y temporización. Así, este dispositivo realiza funciones del Nivel Físico. En Europa el **NT-1** lo debe suministrar la compañía telefónica y al usuario se ofrece un interface **T** (o **S/T**) directamente. En EE.UU. también hay dispositivos RDSI que incorporan el **NT-1** internamente y por ello se pueden conectar directamente al interfaz **U**.

El interface **T** consta de 4 hilos, dos para enviar datos y dos para recibir, permitiendo también una conexión *full-duplex*. Eléctricamente, el interface **S** es muy similar al interface **T**, pero el interface **S** admite hasta ocho dispositivos RDSI conectados en bus.

El **NT-2** es un dispositivo que convierte el interface **T** en un interface **S**. Incluye funciones de los niveles físico, enlace y red de la arquitectura OSI, como por ejemplo multiplexado en las capas física y de enlace, conmutación, y tratamiento de protocolo de las capas de enlace y red.

En líneas PRI, el interface **U** está formado por una línea de cable coaxial o fibra óptica que se suele conectar directamente a una central local de distribución o PBX (*private branch exchange*) que posee la entidad que contrata el servicio y que actúa como **NT-2**. Esta central puede suministrar varios interfaces **S**.

En cuanto a los equipos RDSI, primero se definen los de tipo **TE-1** (*Terminal Equipment 1*). En esta clase de dispositivos se incluyen todos los dispositivos que aceptan RDSI, como teléfonos, FAX, terminales de vídeo conferencia, puentes y routers, computadores, etc. Estos equipos se conectan a una interface **S** (o **S/T**). Como **T** y **S** son interfaces similares eléctricamente, muchas veces no se emplea realmente un **NT-2**, y se considera que este está incluido dentro del **TE-1**.

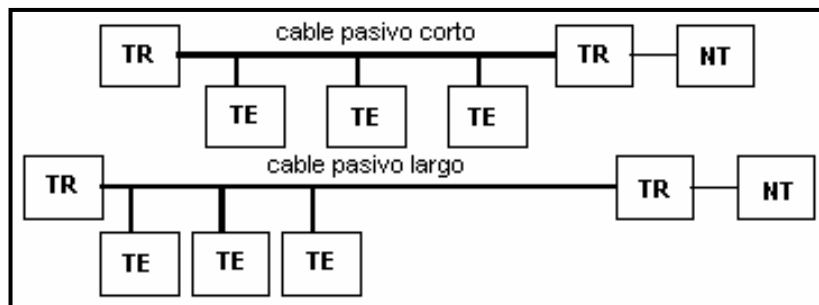
Entonces se dice que el dispositivo emplea un interface **S/T**. Esto ocurre sobre todo en accesos BRI, donde las funciones de **NT-2** son más sencillas. Así, los dispositivos RDSI esperan normalmente una conexión a un interface **S** o a un interface **S/T**. También se definen los equipos tipo **TE-2**, donde se engloban los dispositivos no preparados para RDSI, como teléfonos o fax convencionales. Estos equipos se conectan a un interface **R**.

El interface **R** permite la conexión de dispositivos no RDSI (interface telefónico actual). Puede ser un interface RS-232 o un interface digital X.21. Para proporcionar el interface **R** empleado por los equipos **TE-2** a partir de un interface **S** (o **S/T**) se define el **TA** (*Terminal Adapter*).

1.3.2 Características de los interfaces

Como se ha comentado anteriormente, el interface **U** puede ser una línea telefónica clásica de dos hilos de cable trenzados (conocido como par trenzado) en el caso de un servicio ISDN-128K, o además una conexión mediante cable coaxial o cable de fibra óptica para accesos tipo PRI. De su instalación se encarga el proveedor de RDSI. En el primer caso, el interface **U** opera con tasas de 160kbps y puede cubrir distancias de hasta varios kilómetros.

Figura 3. Tipos de cable para las interfaces S y T

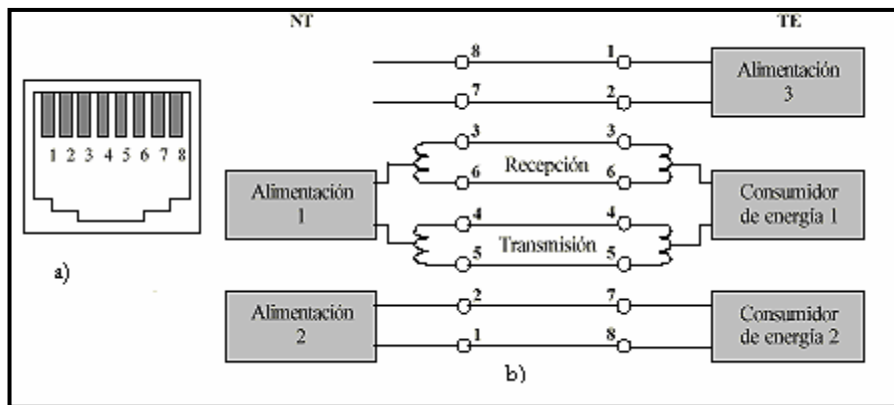


Para las conexiones S y T se utilizan dos tipos de cable (ver figura 3):

- **Canal o bus principal pasivo corto.** Se emplea con configuraciones de una longitud máxima de 100 a 200 metros, según la impedancia del cable.
- **Canal o bus principal pasivo largo.** Se emplea con configuraciones de una longitud máxima de 100 a 1000 metros, según la impedancia del cable. Los equipos terminales deben estar agrupados en los últimos 25 a 30 metros.

En ambos casos se emplean resistencias terminales (llamadas TR en la figura 3) en los extremos del cable.

Figura 4. Conexión y líneas de los interfaces S y T



Fuente: Areitio Javier. **Red digital de servicios integrados: estructura, servicios, acceso y evolución futura.** Pág. 13

Tanto el interface **S** como el **T** emplean el conector telefónico RJ-45 (norma ISO-8877) mostrado en la figura 4-a. En la figura 4-b se puede ver como se utilizan las distintas líneas. El uso de las líneas 1-2 y 7-8, que proporcionan distintas fuentes de alimentación, es opcional. Las parejas de contactos 3-4 y 5-6 se emplean para una recepción transmisión full-duplex (bidireccional

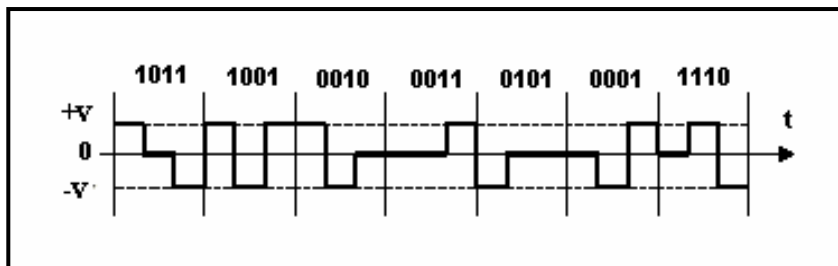
simultánea), además de proporcionar otra fuente de alimentación. Estas son las cuatro líneas utilizadas normalmente.

1.3.3 Codificación

1.3.3.1 Codificación de los bits en la línea telefónica

Con un servicio ISDN-128K, donde el interface **U** es una conexión de par trenzado, se emplean códigos de línea que permiten reducir la tasa de baudios, es decir, en un solo pulso de la señal transmitida se consigue representar más de un bit, con el objetivo de alcanzar altas velocidades de transmisión sobre una línea sencilla y económica. Además, estos códigos de línea reducen la diafonía, o modulación entre diferentes líneas, ya que logran que las señales en la línea tengan variaciones de amplitud más pequeñas entre pulsos adyacentes. Los códigos de línea mencionados se nombran como **mBnL**, lo que significa que una secuencia de **m** bits se transmite como **n** pulsos de señal. Los códigos empleados con RDSI son el 2B1Q en Norteamérica y el 4B3T en Europa. En este punto se hablará de este último.

Figura 5. Ejemplo de codificación 4B3T



Fuente: Areitio Javier. **Análisis en torno a la tecnología xdsi**. Pág. 9

Con el código 4B3T (también conocido como MMS 43) se representa cada grupo de cuatro bits con tres pulsos de señal. Los pulsos pueden tener tres niveles de tensión: positivo, negativo y nulo, representados como **+**, **-** y **0**. Esto permite una tasa de baudios de $3/4$, es decir, una reducción de $1/4$. En la figura

5 se muestra un ejemplo de señal 4B3T. Los códigos o pulsos transmitidos para cada cuatro bits se obtienen según la *tabla I*.

Tabla I. Patrones para la codificación 4B3T

Secuencia Binaria	1		2		3		4	
	Código	Siguiente Código	Código	Siguiente Código	Código	Siguiente Código	Código	Siguiente Código
0001	0 - +	1	0 - +	2	0 - +	3	0 - +	4
0111	- 0 +	1	- 0 +	2	- 0 +	3	- 0 +	4
0100	- + 0	1	- + 0	2	- + 0	3	- + 0	4
0010	+ - 0	1	+ - 0	2	+ - 0	3	+ - 0	4
1011	+ 0 -	1	+ 0 -	2	+ 0 -	3	+ 0 -	4
1110	0 + -	1	0 + -	2	0 + -	3	0 + -	4
1001	+ - +	2	+ - +	3	+ - +	4	- - -	1
0011	0 0 +	2	0 0 +	3	0 0 +	4	- - 0	2
1101	0 + 0	2	0 + 0	3	0 + 0	4	- 0 -	2
1000	+ 0 0	2	+ 0 0	3	+ 0 0	4	0 - -	2
0110	- + +	2	- + +	3	- - +	2	- - +	3
1010	+ + -	2	+ + -	3	+ - -	2	+ - -	3
1111	+ + 0	3	0 0 -	1	0 0 -	2	0 0 -	3
0000	+ 0 +	3	0 - 0	1	0 - 0	2	0 - 0	3
0101	0 + +	3	- 0 0	1	- 0 0	2	- 0 0	3
1100	+ + +	4	- + -	1	- + -	2	- + -	3

Fuente: Areitio Javier. **Análisis en torno a la tecnología xdsI**. Pág. 10.

Los códigos que se obtienen generan una señal con nivel medio de continua nulo. Esto ayuda a separar la transmisión y la recepción, evita errores de interpretación en el receptor, y facilita transmitir una tensión de alimentación por la misma línea. Para un grupo de cuatro *bits* (secuencia), y la columna actual (de 1 a 4) se determina el código a transmitir y la siguiente columna con la que trabajar. Inicialmente se comienza con la columna 1.

1.3.3.2 Circuito de interfaz con la red

En un servicio ISDN-128K, el circuito de interfaz física entre la red y los equipos del usuario. Este circuito estará normalmente incluido en un **NT1**, y posibilita la transmisión full-duplex e los 2 canales B y el D por la línea de dos hilos del interface **U**. Esto se consigue gracias a un transformador híbrido.

Aunque en principio el transformador solo debe permitir el paso de la señal recibida a la sección del receptor, debido a imperfecciones, también parte de la señal transmitida llega al receptor. Este problema se supera con la ayuda del **cancelador de eco**, que elimina la señal transmitida de la señal compuesta recibida. El circuito también realiza la codificación y decodificación 4B3T expuesta en el punto anterior.

1.3.3.3 Tramas de bits en la línea telefónica

Una trama de nivel físico en un interface **U** de un acceso ISDN-128K se compone de un grupo de 8 tramas de menor tamaño, cada una de las cuales incluye los siguiente campos:

- **Sincronización.** Secuencia especial del código de línea que ayuda al receptor a identificar la señal de reloj de la trama.
- **Datos.** 12 grupo de 18 *bits* para los datos de los dos canales B y el canal D. En cada grupo se toman 8 bits para cada canal B y 2 para el canal D.
- **Mantenimiento.** Contiene un valor de CRC para detección de errores en el receptor. También incluye *bits* dedicados a comandos especiales, como los de prueba o test de la línea.

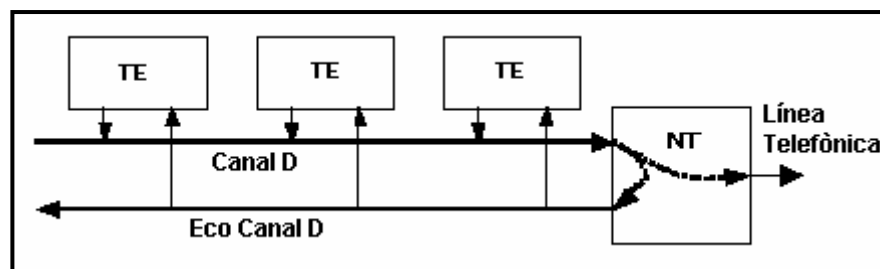
1.3.3.4 Codificación en las interfaces S/T

Anteriormente se ha expuesto la codificación empleada en el interface **U**. Esta es distinta de la forma de codificar los bits en las interfaces **S/T** para los equipos del usuario. En este caso, el código de línea empleado es un código AMI (*alternate mark inversion*), con el que la amplitud de pulso es 100%, y donde un uno binario se representa como un estado de alta impedancia y un 0 binario se representa con impulsos positivos y negativos alternados. Una trama

de *bits* siempre empieza por un impulso positivo, y el primer cero se representa con un impulso negativo. La trama también dispone de unos *bits* **F** de sincronización, cuya representación es especial.

Se definen dos estructuras de trama diferentes, empleadas según el sentido de la información en el bus. En las transmisiones desde **TE** a **NT** se envían tramas que contienen bits para los canales B y D. Por otra parte, en las transmisiones desde **NT** a **TE** envían tramas que además contienen bits de un canal llamado "eco en canal D". Este canal de eco se utiliza para que los equipos conectados al bus puedan detectar colisiones ver figura 6.

Figura 6. Esquema de detección de colisión por eco en el canal D



Fuente: José M. Caballero. **Redes de banda ancha**. Pág. 121

La detección de colisiones funciona de la siguiente forma. Cuando un TE desea acceder al canal D comienza a contar el número de bits de eco libres en las tramas de NT a TE que circulan. Cuando su cuenta llega a ocho (o 10, según uso normal o limitado) el TE puede acceder a los bits del canal D al transmitir. Al acabar de transmitir un mensaje, un TE incrementa el contador una unidad. Después, el TE comienza de nuevo el cómputo de bits de eco libres en tramas de NT a TE, y al llegar a 9 (o 11) puede restituir su contador al valor original (8 o 10). Esto asegura que todos los TE tienen igual acceso al canal D.

1.3.3.5 Codificación y tramas en un acceso PRI

En el caso de un acceso PRI, para el interface **U** se emplea la estructura de trama normalizada para TDM europea descrita en las recomendaciones G702 y G703 de la ITU. El sistema TDM (Multiplexión por división de tiempo) europeo es un sistema digital que permite combinar o multiplexar hasta 30 canales de señales digitales de 8 bits a 64Kbps procedentes de diversas fuentes dentro de una trama de 32 bytes enviados a 2048 Kbps (la trama dura 125 μ Seg.). La trama también incorpora 2 bytes para señalización y sincronización.

Este sistema es ampliamente usado para las comunicaciones de datos, especialmente en líneas digitales entre centrales, y es la base para otras muchas técnicas de transmisión de datos. En Norteamérica se emplea un sistema de TDM distinto, que trabaja a 1544Kbps, y que también está incluido en las recomendaciones mencionadas de la ITU.

1.4 Sistemas xDSL

La convergencia dos mundos voz y datos no es un concepto nuevo, pero la aparición de los servicios basados en xDSL es probable que los acerquen más a la realidad. Cuando se digitalizó por primera vez la voz y los datos para lograr eficiencias en las conexiones en red, los expertos se apresuraron a declarar que los dos medios inevitablemente ocuparían una infraestructura común en la que se unirían las industrias y los servicios de telecomunicaciones y comunicación de datos.

El intento más reciente para fusionar los dos mundos se ve en la creación de la red digital de servicios integrados (*Integrated Services Digital Network - RDSI*). No obstante, hoy la DSI difícilmente integra los dos y se utiliza sobre todo para redes de datos más que para redes de voz.

Dadas estas diferencias, tanto los proveedores de equipos como los de servicios han tenido dificultades para crear y ofrecer productos y servicios que combinen los dos en un solo paquete integrado. Sin embargo, cabe esperar que la integración pueda ocurrir, y en efecto ocurra, gracias a las tecnologías de línea digital de abonado (*digital subscriber line - xDSL*). En términos simples, la xDSL utiliza algoritmos de codificación de línea avanzados para dividir efectivamente el espectro entre voz y datos en alambres telefónicos de cobre.

1.4.1 DSL

La tecnología DSL surge debido a la cada vez mayor demanda de los usuarios de Internet y de los servicios que esta última ofrece (vídeo conferencia, ver imágenes on-line, etc.). Una de las grandes ventajas de la xDSL es que usa las líneas de par trenzado ya existentes para ofrecer el servicio por lo que las compañías de telefonía no necesitan una nueva infraestructura para dar servicio de banda ancha a sus clientes.

Una DSL necesita dos modems, uno en la empresa telefónica y otro en casa del usuario final, bueno el uso de la palabra módem no es del todo correcta ya que no solo hace que modular/demodular como un módem normal sino que, además, multiplexa la señal. Una DSL, además, también ofrece los servicios de telefonía normal (transmisión de voz) y todo ello por el mismo cable por el que se transmiten los datos. Durante años se ha pensado que el límite de la de transmisión de datos de forma analógica era 56 Kbps. Esto era debido a

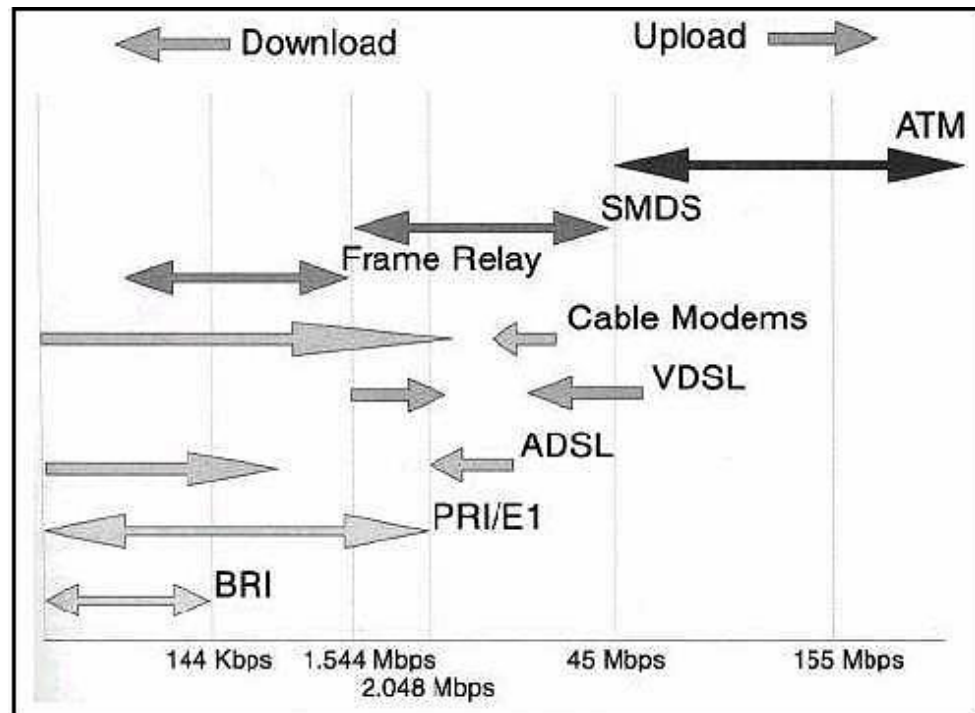
que no se usaba todo el ancho de banda del cobre (del orden de 1Mhz) y no se comprimían los datos (las centrales telefónicas sólo usaban los 4 Khz. necesarios para transmitir la voz).

Las tecnologías xDSL tienen como ventaja el que usan frecuencias superiores para los servicios de datos. Al principio no era posible usar las frecuencias superiores debido a las interferencias que podía causar en las centralitas pero con los avances del procesamiento digital de señales se ha podido eliminar los problemas de diafonía, lo que permite usar anchos de banda superiores para datos.

Las nuevas tecnologías del procesado digital de señales permiten a las centralitas transmitir por los mismos cables de cobre sin que ninguno interfiera con otro, por lo que las tecnologías DSL permiten que la voz y los datos de alta velocidad sean enviados a la vez por la misma línea. Gracias a que el servicio se encuentra siempre 'encendido', los usuarios no necesitan conectarse o esperar para recibir la respuesta a la llamada. Las tecnologías DSL fueron inicialmente probadas con el Vídeo por Demanda y la televisión interactiva, debido a ello les surgió la competencia de las industrias de televisión por cable, por lo que las empresas buscaron otras alternativas para estas tecnologías.

En la siguiente figura se muestra donde más o menos se pueden encuadrar las tecnologías xDSL.

Figura 7. Gráfica de velocidades



Fuente: José M. Caballero. **Redes de banda ancha.** Pág. 209

Dentro del nombre de tecnología DSL (Digital Subscriber Line) o también conocida como xDSL se encuentran múltiples subfamilias; de ellas unas cuantas son:

- HDSL (High-Bit-Rate DSL)
- La SHDSL (Single-Pair High-Bit-Rate DSL) que es una variante de la anterior pero en la que solo se usa un único hilo de par trenzado.
- ADSL (Asymmetrical DSL).
- VDSL (Very-High-Bit-Rate DSL) también conocida por VADSL.

Tabla II. Velocidades xDSL

	VELOCIDAD	MODO	APLICACIÓN
DSL	160 Kbps (2B+D)	Simétrico	Servicio de transmisión de datos y voz
HDSL	1.544 Mbps 2.048 Mbps	Simétrico	T1/E1 Redes WAN
SDSL	1.544 Mbps 2.048 Mbps	Simétrico	Igual que HDSL
ADSL	1.5 a 9 Mbps 16 a 640 Mbps	Bajada Subida	Acceso a Internet. Televisión por demanda, multimedia Interactiva.
VDSL	13 a 52 Mbps 1.5 a 2.3 Mbps	Bajada Subida	Igual que ADSL

Los sistemas DSL se basan en cables de par trenzado entre la central de telefonía y el usuario final, normalmente, la longitud de este cable varía entre varios cientos de metros a unos pocos kilómetros, el tipo de cable que se suele usar es de calibre 19 a 26 AWG.

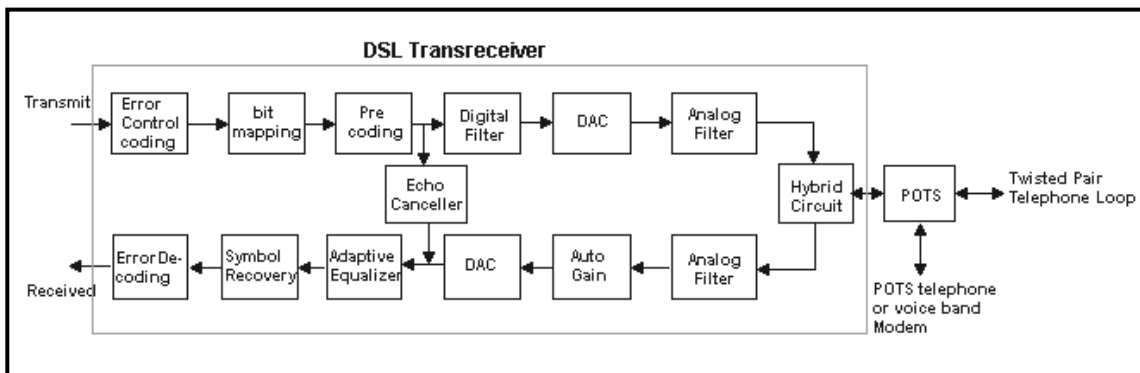
Debido a las distancias es necesario introducir repetidores para amplificar la señal y que de esta forma llegue la transmisión al usuario de forma correcta, esto produce una distorsión en la fase y amplitud de la señal, debido a esta distorsión se produce un deterioro en el ancho de banda de la señal para los sistemas DSL y reflexión en la señal, por ello se hace imprescindible usar equalización adaptativa del canal y la cancelación de eco del canal.

1.4.1.1 Arquitectura general de un emisor-receptor.

En la figura 8 se puede observar la estructura básica de un receptor-emisor. Como sucede en la mayoría de chips DSL existe una parte de analógica y otra digital. La parte analógica cubre a la transmisión analógica, el filtrado que de la señal recibida, los convertidores analógicos-digitales, la amplificación automática de la señal. La parte digital se encarga de las tres principales funciones:

Modulación / Demodulación, Codificación / Decodificación y por último el empaquetado y desempaqueto de bits.

Figura 8. Transmisor receptor DSL



Fuente: Goralski W. J. **Adsl and dsl technologies**. Pág. 134

La función de Modulación / Demodulación contiene la mayoría de procesamiento de la señal digital, incluye:

- La FFT (Fast Fourier Transform) o Transformada Rápida de Fourier y la IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) o Transformada Inversa de Fourier para el caso que se use codificación DMT (Discrete MultiTone).

- El mapeado de constelación (son los puntos que se usan para decidir posibles estados de codificación).
- La precodificación para el caso de usar precodificación Tomlison.
- Filtrado digital para la formación de la señal en los casos de usar la codificación CAP (Carrierless AM/PM) o QAM (Quadrature Amplitude Modulation).
- Eliminador de eco adaptativo.
- Ecuador adaptativo del canal.
- Conversión de *bit* a símbolo.

En sistemas DSL también se puede utilizar codificación Trellis o Reed-Solomon (son algoritmos que se usan para la corrección adelantada de código) como usa ADSL. Cerca de las funciones analógicas y digitales de los existen unos componentes híbridos, los cuales convierten cuatro cables, duales Half-Duplex en 1 interfaz de dos cables Full-Duplex, además también se encuentran los Splitters (se traduce por separador o partidor) de las centralitas de telefonía los cuales separan los canales de voz del espectro de DSL. Estos elementos son parte importante de un sistema DSL.

1.4.2 HDSL

HDSL simplemente es una extensión tecnológica de DSL, basada en la misma codificación 2B1Q o 4B3T en banda base que usa DSL y con el mismo método de cancelación de ecos.

Un emisor-receptor de HDSL opera cinco veces más rápido que uno DSL, por lo que requiere más poder de procesado de señal, que puede llegar a ser hasta de 25 veces más poder que un DSL debido a que los impulsos de eco llegan cinco veces más rápidos y pueden llegar a ser hasta cinco veces más

largos. HDSL es posiblemente la mejor manera de transmitir sobre líneas de cobre de par trenzado T1 o E1, con un menor ancho de banda y sin usar repetidores de señal, lo cual ahorra una gran cantidad de costes.

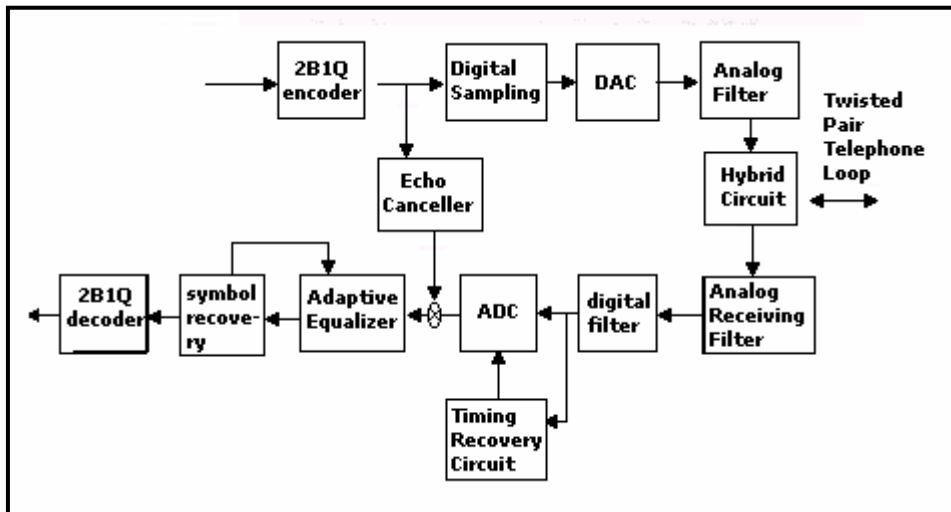
El grupo ANSI T1E1.4 empezó en 1988 a trabajar con una HDSL que trabajaba a 1.544 Mbps que tenía un ancho de banda de 80 KHz. pero existía el problema de que a 80 KHz. se atenúa la señal por debido la diafonía en 57 db. Rápidamente se dieron cuenta que a la velocidad DS1(1.544 Mbps) no se podía usar como estándar de conexión básico para los usuarios ya que no se podía ir más allá del kilómetro pero usando una variante con un solo par trenzado se podía alcanzar la mayoría de enlaces del área a servir (CSA, Carrier Serving Área), aunque se producía un decremento en la velocidad que pasaba a 800 kbps. Se propuso entonces usar la codificación QAM con dos cables para cubrir el área de servicio pero no prosperó debido a que el QAM es un código pasa banda y no se podría usar por encima de la banda de la voz.

Tabla III. Características técnicas HDSL

Codificación usada	2B1Q, 4B3T
Ancho de banda	200KHz
Velocidad de modulación	400KHz
Velocidad de transmisión	800Kbps
Atenuación de transmisión	13.38dBm o 138 ohms

La estructura general de un emisor-receptor es:

Figura 9. Transmisor receptor HDSL



Fuente: Goralski W. J. *Adsl and dsl technologies*. Pág. 142

Como se puede observar en la figura 9, los *bits* de salida se codifican usando 2B1Q y pasan a un filtro digital que dependiendo de que tipo de dato se trata (voz o datos) pasa a un convertidor analógico-digital para que los bits pasen a ser una señal que se pueda enviar por el cable de teléfono. Los bits de entrada hacen el camino inverso pero antes de llegar a ser decodificados primero pasan por un proceso para ecualizar el canal de forma adaptiva.

Los filtros analógicos se usan para minimizar los ruidos que se puedan generar en el medio. El timing recovery circuit se trata de un circuito que se usa para sincronizar ambos emisores-receptores.

Últimamente se han conseguido ciertos avances en HDSL llegando a velocidades de 2.048 Mbps con un ancho de banda de 240 KHz., sobre cables de 3.6 Km de largo y de calibre 24 AWG. La mayoría de sistemas HDSL se usan dentro de las centralitas de telefonía a las cuales los usuarios se conectan.

Las aplicaciones típicas de HDSL son la conexión de redes a través de PBX, estaciones de antenas celulares, intercambio de puntos de servicios, servicios de Internet y redes privadas de datos. Como HDSL es la tecnología más madura de DSL con velocidades por encima de mega *bit*, podrá ser usada como base para la introducción de sistemas como ADSL y VDSL.

2. REDES DE COBRE

2.1 Red de cobre y sus componentes

Antes de entrar en detalle de cuáles son los parámetros eléctricos que deben considerarse en una red de cobre, primero definiremos cuáles son algunos los elementos más importantes que conforman una red de cobre.

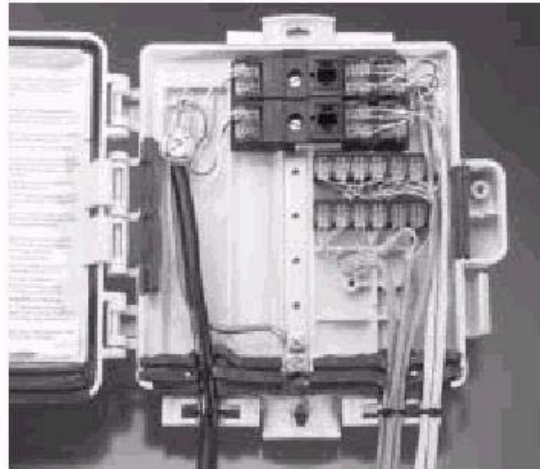
El primer elemento esencial en una red de cobre es el cable multipar que sirve de medio de transporte para los modems que enlazan un punto con otro, entre otros elementos importantes están los distribuidores de cable multipar también conocidos como MDF que se encuentran ubicados dentro de las centrales para realizar las conexiones de forma ordenada entre planta externa y planta interna, cajas terminales son el punto final de conexión del cable multipar, protectores de línea (fusible) que ayudan a proteger los equipos de descargas eléctricas, cable paralelo que se utiliza para la conexión entre la caja terminal y el cliente, mufas estas se utilizan para proteger los empalmes de cable multipar generalmente se utilizan dos tipos: ventiladas para empalmes aéreos, y herméticas que sellan completamente para evitar que entre agua para empalmes aéreos y en pozos, por ultimo tenemos el sistema de tierra para la conexión a tierra de las cajas terminales, protectores de línea, y la pantalla del cable multipar.

Figura10. Distribuidor de cable multipar



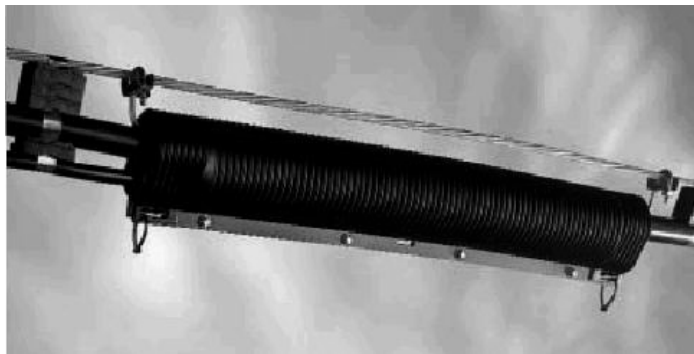
Fuente: Tyco Electronics Inc. **Outside plant**

Figura 11. Caja terminal



Fuente: Tyco Electronics Inc. **Outside plant**

Figura 12. Mufa para empalme aéreo con capacidad de 100 a 200 pares



Fuente: Tyco Electronics Inc. **Outside plant**

Figura 13. Conectores para Empalme



Fuente: Tyco Electronics Inc. **Outside plant**

2.1.1 El cable multipar

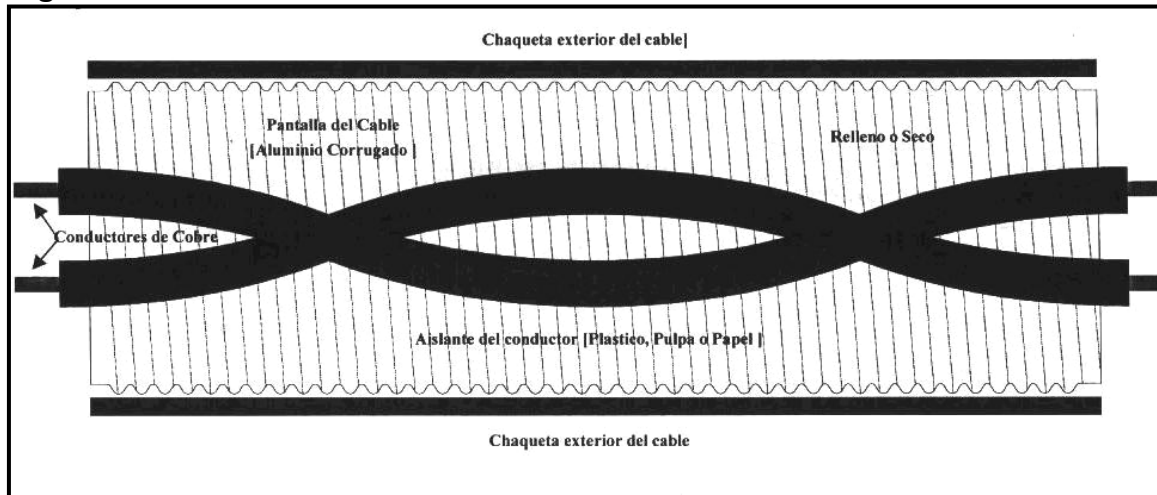
Un par sencillo retorcido de hilos de cobre con un recubrimiento aislante, transporta ambas direcciones (bidireccional) de transmisión para cada cliente (suscriptor o abonado) telefónico conectado a una central local (línea telefónica) o nodo de acceso. El cable multipar está compuesto por cientos de pares de hilos dentro de una misma estructura formando un cable, el cual es tendido al

lado de las calles y carreteras sobre postes o canalizaciones (enterrado) y sirve para la distribución de las líneas telefónicas y como enlace entre los nodos de la red local. Al manejo de los cables y todos los elementos necesarios para dicha distribución es lo que generalmente se conoce como Planta Externa. Los pares de hilos se enrollan o retuercen para reducir la interferencia electromagnética. Las líneas telefónicas (voz) han sido diseñadas para transportar simultáneamente ambas direcciones de la conversación telefónica entre los abonados o subscriptores (clientes), pero su ancho de banda es mayor que el necesario para un circuito de transmisión de voz (0.3-3.4 Khz. = 3.1 Khz.) bidireccional; en los nodos y enlaces se emplean técnicas de multiplexación con sus moduladores y demoduladores para tener normalmente en FDM 12 circuitos (análogos) y en TDM (a través de PCM) 30 o 24 circuitos (análogos) equivalentes a una velocidad digital de 2048 kbit/seg. y 1544 kbit/seg. respectivamente o transmitir $n \cdot 64$ kbit/seg. ($n = 1$ a 32). Aunque está destinado principalmente al tráfico de voz, el par de hilos de la "línea telefónica" puede adaptarse para la transmisión de datos (digital) mediante el uso de MODEM en cada extremo logrando velocidades hasta de 38400 bit/seg. y con técnicas especiales, HDSL y ADSL, llegar a 8 millones de *bit* por cada segundo (8 Mbps). Claro exige que estos cables deben tener muy buenas características en sus parámetros de transmisión y distancias no mayores a tres kilómetros.

2.1.2 El par trenzado

Es uno de muchos tipos o facilidades de comunicación el cual generalmente lo constituye un par de conductores aislados de cobre llamados: Hilo A e Hilo B.

Figura 14. Construcción básica del cable trenzado



Fuente: 3M Sistemas Dynatel. . **Planta externa, pruebas y localización de averías en cable telefónico.** Pág. 5

Durante los comienzos de la telefonía, todos los circuitos usaban el retorno a través de tierra. Pero la calidad de señal era bastante pobre; por ello en 1883 se añadió un segundo hilo como hilo de retorno no basado en tierra. Así se mejoró la calidad de la señal. Pero las señales de ambos hilos se interferían mutuamente. Entonces dos cables de cobre telefónicos se trenzaron en forma helicoidal (para evitar problemas electromagnéticos) permitiendo tasas de transferencia punto a punto de varios Mbps, dependiendo del largo y del grosor. Así, puede variar también su ancho de banda. Pero en general el grosor varía desde 16 AWG (calibre de cable americano) con un diámetro de cable de 1.3 milímetros, hasta 26 AWG, con un diámetro de 0.405 milímetros. Actualmente, cada hilo está aislado con una cubierta aislante; sin embargo, aún existen muchos cables antiguos en los que el aislamiento es de papel. Puede usarse tanto para transmisión analógica como digital. El par trenzado es el medio más usado de comunicación por los sistemas actualmente por su adecuado comportamiento y bajo costo. La distancia que se puede recorrer con estos cables es de varios kilómetros, sin necesidad de amplificar las señales, pero sí es necesario incluir repetidores en distancias más largas.

La mayoría de cables de pares son líneas de transmisión equilibradas. La referencia entre los dos hilos tiene en cuenta las diferencias relativas de potencial de cada uno de ellos, por lo que puede decirse que este circuito está equilibrado con respecto a masa, así se logran transmitir señales más potentes que el cable coaxial; eso sí, el cable de pares debe permanecer alejado de otros conductores, y es necesario instalar aisladores separadores cuando se cruzan varios sistemas de cables. En una línea no equilibrada, uno de los conductores está conectado a masa y el otro es el que transporta la corriente, como es el caso del cable coaxial.

2.2 Definición de los parámetros eléctricos en una red de cobre

Para determinar que el medio físico (red de cobre) cumple con los estándares de calidad para brindar un buen servicio, los parámetros eléctricos a tomar en cuenta en una red de cobre se definen a continuación.

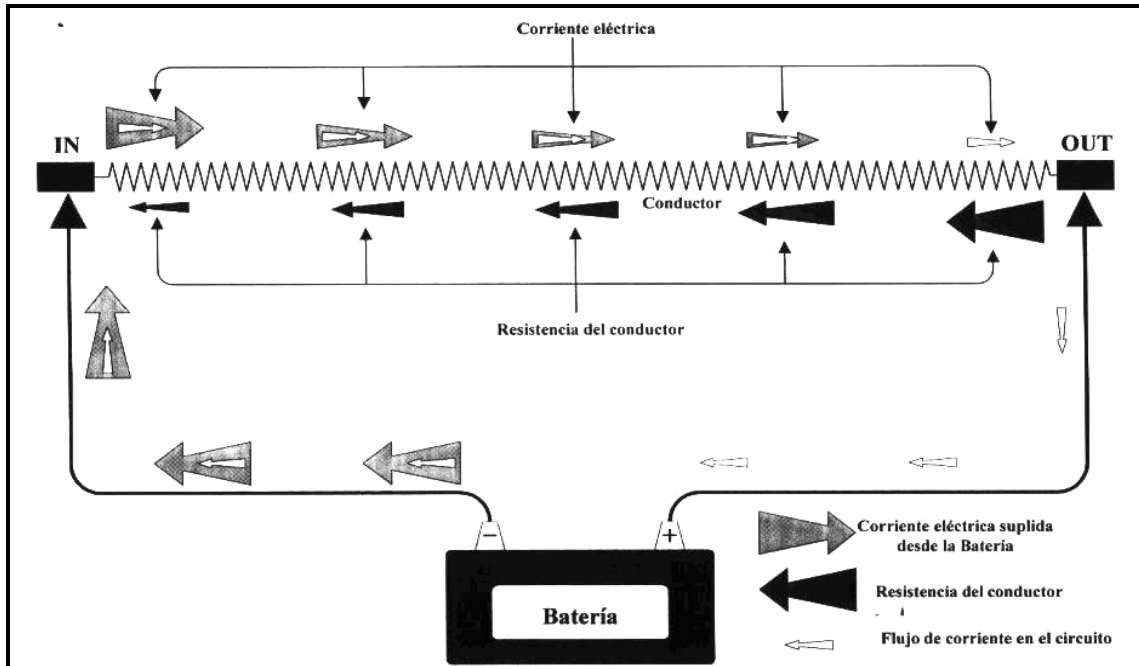
2.2.1 Aislamiento

Es un parámetro que nos establece que tan aislado eléctricamente se encuentra un hilo de un par con respecto a otro. Este parámetro se mide en Ohms, y los valores típicos en una red nueva es mayor a $999M\Omega$. según los fabricantes del cable.

2.2.2 Resistencia

Es una característica natural de cualquier conductor eléctrico, cobre, aluminio, níquel, plata, oro, etc; y representa la oposición a que fluya la corriente a través de él.

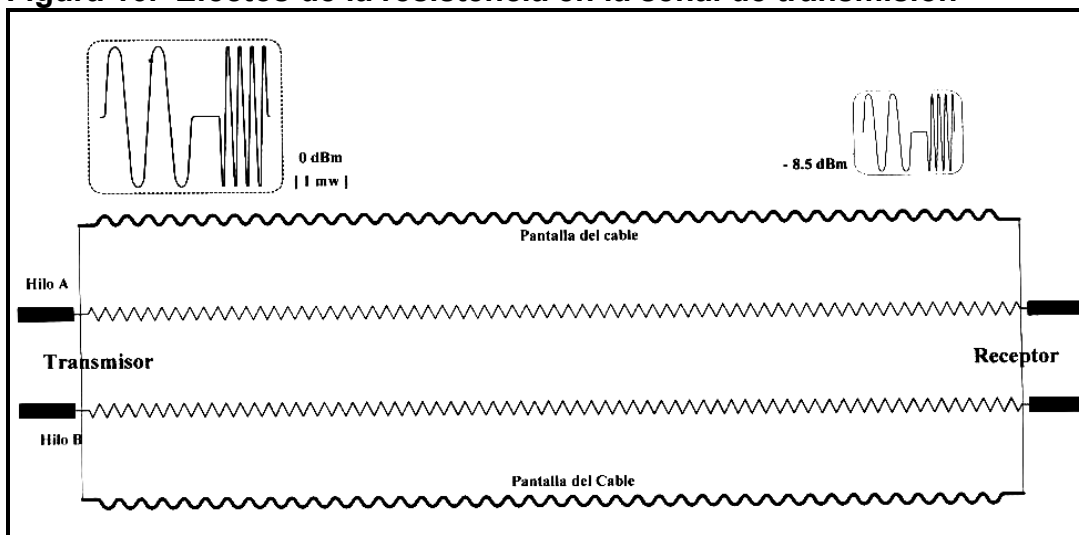
Figura 15. Resistencia de un conductor



Fuente: 3M Sistemas Dynatel. **Planta externa, pruebas y localización de averías en cable telefónico.** Pág. 10

En circuito puramente resistivo, la señal es únicamente atenuada pero mantiene su forma original, la señal no sufre ninguna distorsión.

Figura 16. Efectos de la resistencia en la señal de transmisión



Fuente: 3M Sistemas Dynatel. **Planta externa, pruebas y localización de averías en cable telefónico.** Pág. 8

Tabla IV. Resistencia de un conductor

Resistencia de un conductor	
Calibre AWG (mm)	Longitud de conductor por ohmio
19 AWG (0.91mm)	37.87 m.
22 AWG (0.64mm)	18.82 m.
24 AWG (0.51mm)	11.75 m.
26 AWG (0.41mm)	7.32 m.
28AWG (0.32mm)	4.60 m.

Fuente: 3M Sistemas Dynatel. **Planta externa, pruebas y localización de averías en cable telefónico.** Pág. 14

Factores que afectan la resistencia del conductor:

La Resistencia está determinada por la sección transversal A y la resistividad de los hilos de cobre que es una propiedad intrínseca del material, existe también una dependencia con la longitud ℓ .

La resistencia de un conductor esta dada por la expresión:

$$R = \frac{\ell}{A} \rho$$

La **resistencia de bucle**, también conocida como **resistencia de continuidad**, es uno de los parámetros mas importantes en el diagnostico de fallas de un par trenzado de cobre, esta prueba consiste en poner en corto circuito uno de los extremos del par hilos de cobre y luego con el equipo de medición obtener el valor resistivo (ohms) del hilo A más el Hilo B. Por más sencillo que se vea esta prueba, nos indica si la señal efectivamente llega al otro extremo, indica la continuidad del par de hilos de cobre, además de que podemos determinar que la señal es recibida con la potencia necesaria para que funcione adecuadamente el sistema.

Los límites de la máxima resistencia de lazo admisible han sido fijados en función de los requerimientos de las aplicaciones de red.

2.2.3 Capacitancia

Consideremos dos conductores que tienen una diferencia de potencial V entre ellos, y supongamos que los dos conductores tienen cargas iguales y de signo opuesto. Esto se puede lograr conectando los dos conductores descargados a las terminales de una batería. Una combinación de conductores así cargados es un dispositivo conocido como condensador. Se encuentra que la diferencia de potencial V es proporcional a la carga Q en el condensador.

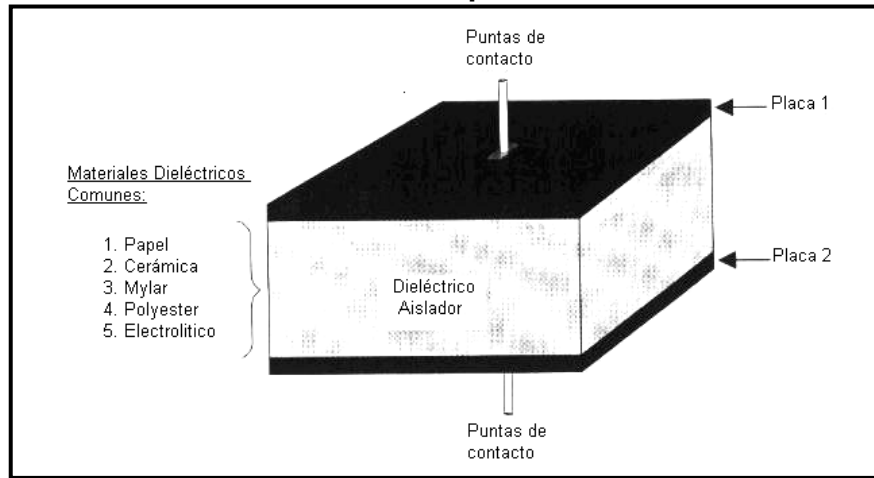
La capacitancia entre dos conductores que tienen cargas de igual magnitud y de signo contrario es la razón de la magnitud de la carga en uno u otro conductor con la diferencia de potencial resultante entre ambos conductores.

$$C = \frac{Q}{V}$$

Obsérvese que por definición la capacitancia es siempre una cantidad positiva. Además, como la diferencia de potencial aumenta al aumentar la carga almacenada en el condensador, la razón Q/V es una constante para un condensador dado. Por lo tanto, la capacitancia de un dispositivo es la medida de su capacidad de almacenar carga y energía potencial eléctrica. Las unidades de la capacitancia en el Sistema Internacional (SI) son el Coulomb por Volt. La unidad en el SI para la capacitancia es el faradio (F), en honor a Michael Faraday.

$$1\text{Farad}(F) = \frac{1\text{coulomb}(C)}{1\text{volt}(V)}$$

Figura 17. Construcción básica de un capacitor



Fuente: 3M Sistemas Dynatel. **Planta externa, pruebas y localización de averías en cable telefónico.** Pág. 23

2.2.3.1 Capacitancia de un par trenzado de hilos de cobre

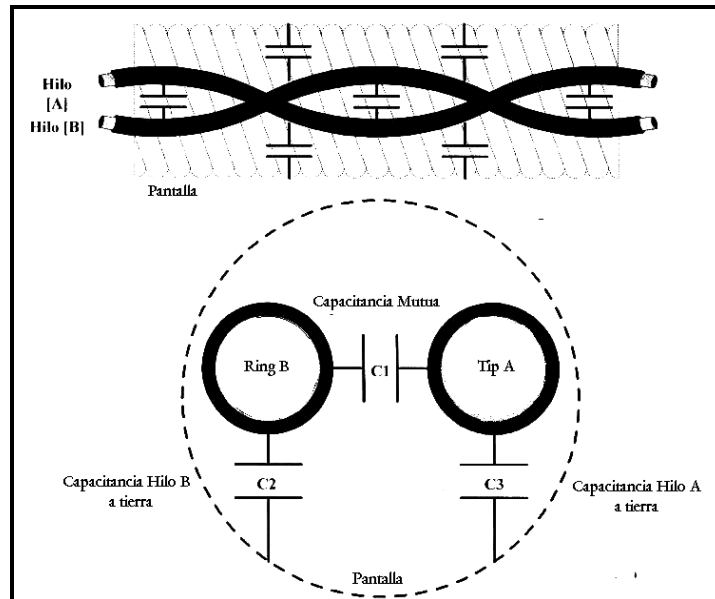
En la construcción física de un cable multipar, se generan efectos capacitivos de un hilo a otro, llamada capacitancia mutua, y de un hilo a tierra (pantalla).

Tabla V. Valores típicos de capacitancia en cables telefónicos

Capacitancia Normalizada en cables Telefónicos		
Tipo	Mutua	Hila A / Hilo B a tierra
Nucleo de aire	52 nF/km	78 nF/km
Relleno	53 nF/km	87 nF/km
Acometida 2 pares	54 nF/km	96 nF/Km
Acometida 5 pares	55 nF/km	93 nF/km

Fuente: 3M Sistemas Dynatel. **Planta externa, pruebas y localización de averías en cable telefónico.** Pág. 31

Figura 18. Capacitancia de un par trenzado



Fuente: 3M Sistemas Dynatel. **Planta externa, pruebas y localización de averías en cable telefónico.** Pág. 28

Algunos equipos de medición utilizan el valor capacitivo de la línea para determinar la longitud de la misma.

2.2.4 Voltaje Inducido AC

La inducción de voltaje (AC) es la medida de voltaje de 60 HZ entre tierra y el conductor “*tip*” (A) o el conductor “*ring*” (B). Estas dos medidas deben ser iguales. Normalmente se hace esta medida con un voltímetro de laboratorio cualquier otro equipo que tenga esta función.

2.2.5 Voltaje DC

Es el voltaje de corriente directa presente en los pares debido a factores ajenos a la transmisión, este puede ser medido con un voltímetro digital.

2.2.6 Atenuación

La atenuación viene determinada por la relación entre la potencia entregada en el punto A y la potencia medida en el punto B, tal y como se expresa en la siguiente relación:

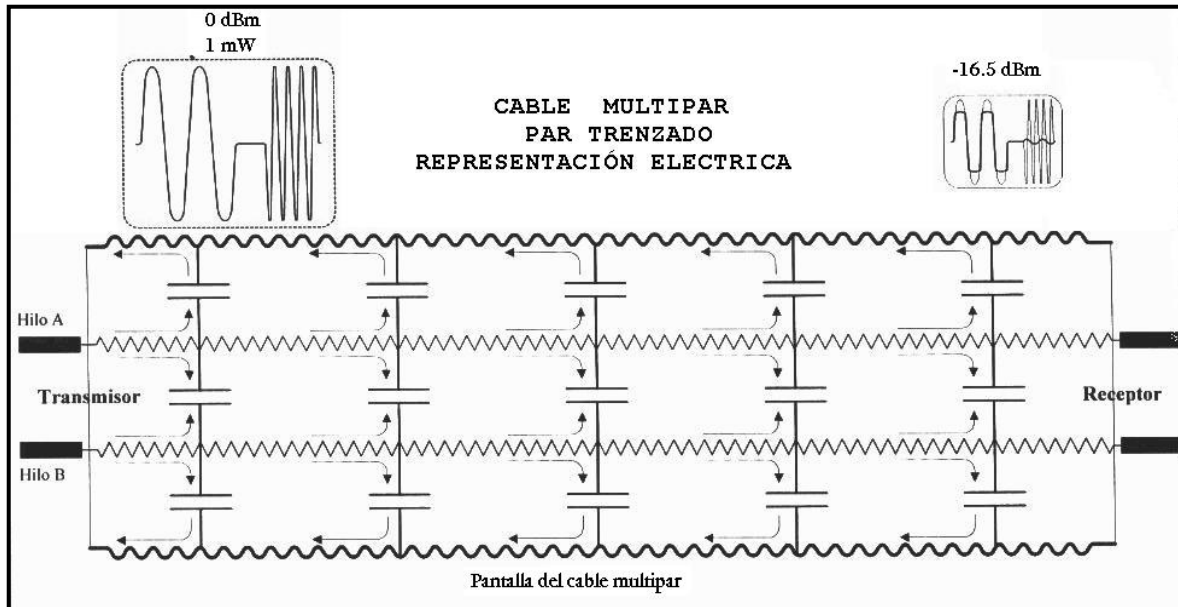
$$a_v [dB] = 10 \log \left(\frac{P_A}{P_B} \right)$$

La atenuación está determinada principalmente por la resistencia y capacitancia del cobre. Para frecuencias altas, la atenuación se ve aumentada sustancialmente por las pérdidas en el material dieléctrico de aislamiento en el núcleo. Una baja atenuación mejora las prestaciones del sistema de cableado. La atenuación de los cables y de los dispositivos de conectorización es acumulativa, si bien el factor dominante es la atenuación introducida por el cable.

2.2.6.1.1 Efectos de la resistencia y capacitancia del cable en la señal de transmisión

Como se observa en la figura 2.10 se tiene la representación eléctrica de un par trenzado, en donde existe un valor capacitivo entre las líneas A y B y de ambas a la pantalla del cable, además del efecto resistivo por la naturaleza del conductor.

Figura 19. Circuito equivalente del par trenzado



Fuente: 3M Sistemas Dynatel. **Planta externa, pruebas y localización de averías en cable telefónico.** Pág. 9

En un circuito telefónico o de datos existen ambas: Resistencia y capacitancia, el tono transmitido se verá **atenuado** y al mismo tiempo, la forma original también se alterará o cambiará. En otras palabras la señal será distorsionada, sin poder ser interpretada o decodificada correctamente la señal en el receptor.

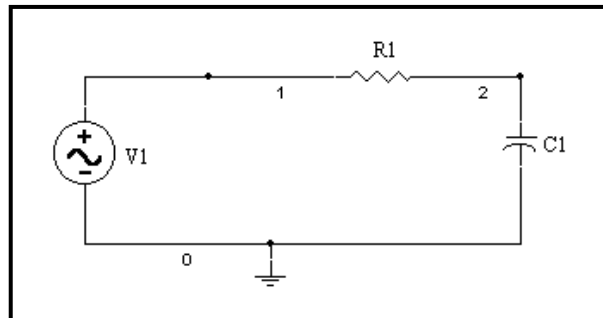
Normalmente son las altas frecuencias las más afectadas debido al filtro que resulta de la combinación del efecto Resistivo-Capacitivo. En la figura 2.10, la señal de alta frecuencia fue casi absorbido en su totalidad por el efecto de la capacitancia distribuida a través del cable.

La combinación del arreglo de la resistencia representada por los conductores y la capacitancia generada entre ellos, genera un filtro del tipo pasa bajos.

2.2.6.2 Filtro pasa bajos

Su funcionamiento es a base de un capacitor y resistencia, este filtro tiene la siguiente configuración:

Figura 20. Circuito equivalente filtro pasa bajos

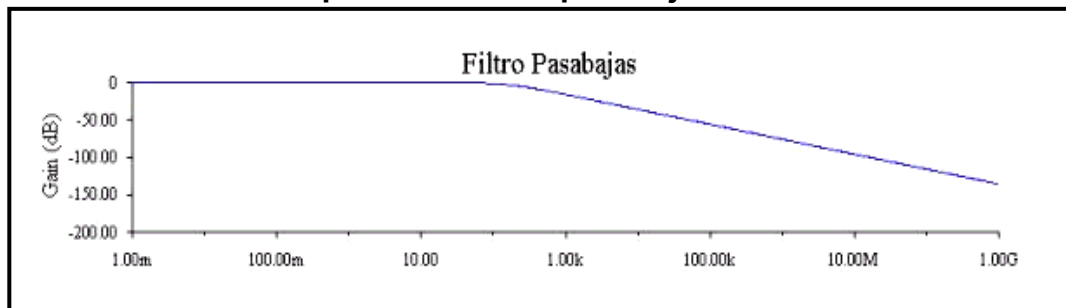


Fuente: Frederick Emmons Terman. **Ingeniería electrónica y de radio**. Pág. 357

El capacitor se comporta como una resistencia dependiente de la frecuencia por la relación de : $X_c = 1 / 2\pi fc$

Es decir, para frecuencias muy bajas el capacitor (por la regla de división de voltaje) al ser una resistencia muy alta, consume todo el voltaje, si se conecta la salida en paralelo al capacitor se tendrá el máximo de voltaje a la salida. Conforme aumentemos la frecuencia de la fuente el capacitor disminuye su impedancia, con lo que el voltaje que disipa disminuye, hasta tender a cero. Este tipo de filtro tiene una grafica de respuesta en frecuencia:

Figura 21. Gráfica de respuesta de filtro pasabajos



Fuente: Frederick Emmons Terman. **Ingeniería electrónica y de radio**. Pág. 360

La frecuencia de corte se define como:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

2.2.7 Ruido impulsivo

2.2.7.1 Perturbaciones

La comunicación a través de cualquier medio se ve expuesta a numerosas inclemencias que afectan al contenido final de la información recibida. El conocimiento de estos fenómenos permite detectarlos, evitarlos o corregirlos. Por tanto, es necesario definirlos y se comienza de la forma más genérica.

Se define como perturbación todo conjunto de actuaciones externas e internas sobre el sistema de transmisión, que provocan que la señal recibida por la fuente colectora no sea exactamente igual a la enviada por la fuente emisora. Una perturbación puede ser generada en el interior del sistema de transmisión (sistema perturbado) o provenir del exterior, de otro sistema, que se denomina sistema perturbador.

Existen varios tipos de perturbaciones, que se pueden clasificar en los siguientes grupos:

1. Distorsión lineal.
2. Distorsión no lineal.
3. Diafonía.
4. Ruidos.
5. Interferencias.
6. Ecos.

En general, tanto las distorsiones como la diafonía son perturbaciones internas, mientras que el ruido y las interferencias son externas. No obstante, algunos tipos de diafonía y ruido pueden considerarse perturbaciones externas e internas, respectivamente.

Las distorsiones se producen siempre en presencia de la señal; las diafonías, ruidos e interferencias existen, en cambio, con independencia de la presencia de la señal.

Existe una diferencia fundamental entre los ruidos y los otros tipos de perturbaciones; en efecto, los ruidos puede decirse que tienen siempre carácter aleatorio, sea en su aparición, sea en sus características de amplitud o de fase.

En cambio, las distorsiones y diafonías tendrán normalmente el carácter de las señales originadas por las fuentes de los sistemas de transmisión perturbado y en su caso perturbador.

Ruido. Se pueden definir como todo tipo de señal que no fue enviada desde la fuente, pero, por estar presente dentro de la banda de la señal transmitida y con niveles perceptibles, perturba la recepción de ésta. Bajo esta denominación general podrían entrar algunas perturbaciones de las ya vistas, aunque, debido a que actúan bajo mecanismos bien diferentes a los otros ruidos, se ha considerado conveniente separarlas. Así pues, una vez excluidas las distorsiones y las diafonías, al resto de las posibles perturbaciones de origen electromagnético que aparezcan sobre la señal se denominarán ruidos.

2.2.7.2 Tipos de ruidos

Ruido térmico: Es una perturbación de carácter aleatorio que aparece de forma natural en los conductores por agitación térmica de los electrones; es dependiente de su temperatura, aumentando la potencia del mismo con ella. Se suele denominar ruido blanco debido a que, en la gama de frecuencias particular de trabajo, se puede considerar con densidad espectral uniforme.

El ruido térmico es independiente de la frecuencia. No obstante en telefonía, al medirlo, se realiza una ponderación dando a cada frecuencia un peso en función del efecto producido en el oído humano. El nivel de ruido se expresa en dBmW, que representa la relación en decibelios entre la potencia de ruido y la de una señal de 1 mW, tomada como nivel de referencia.

Ruido impulsivo: Es de carácter aleatorio en cuanto a su aparición; suele darse como impulsos de corta duración, de amplitud variable, pero comparable con la señal, con un amplio espectro de frecuencias. Es producido normalmente por inducciones, consecuencia de conmutaciones electromagnéticas. Diafonía y **Ruido Impulsivo** son los parámetros que más deterioran la transmisión en sistemas de datos de alta velocidad (Hdsl, Isdn-128K). El ruido impulsivo es energía que se presenta en pulsos cortos de forma aleatoria, causante de errores en la transmisión, y no se puede determinar de forma precisa el origen. El ruido impulsivo en las líneas telefónicas puede ser de importancia secundaria en las comunicaciones de voz, pero es una fuente primaria de errores en una transmisión de datos. A pesar del desarrollo de modelos matemáticos para diseñar y crear sistemas robustos para la transmisión de datos sobre canales con niveles aceptables de ruido impulsivo, es de gran importancia el buen estado de la red de cobre para minimizar el ruido impulsivo que puede aparecer a través de las líneas de pares trenzados.

Ruido de interferencia: Es el tipo de ruido producido sobre una línea de comunicaciones, por otras circundantes o, en general, por cualquier fuente de radiación electromagnética que, por la proximidad, afecta negativamente. Todo el mundo ha sufrido alguna vez la intromisión de ruidos al utilizar el teléfono, producidos por la presencia cercana de una emisora de radio. Habitualmente se evita con un adecuado blindaje de la línea de comunicaciones.

Ruido de cuantificación: Es inherente a los métodos de transmisión de señales previamente cuantificadas, como es el de la codificación de señales analógicas mediante señales digitales.

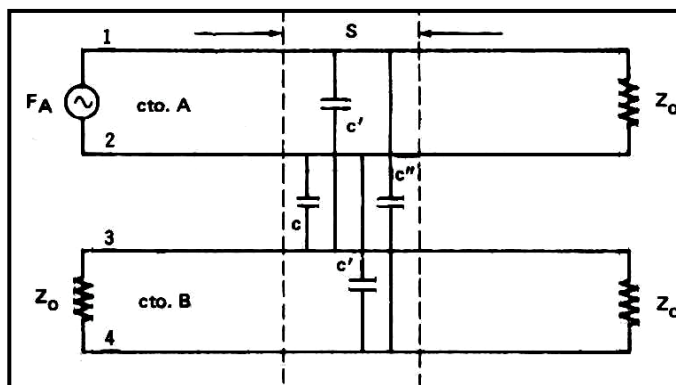
2.2.8 Diafonía

Seguramente alguna vez hemos detectado la presencia de este fenómeno al estar conversando a través de una línea telefónica y percibir con un nivel menor en el mismo canal telefónico la señal de otra conversación. Este fenómeno también puede ser visualizado con señal existente en un conductor durante una medición y verse ésta contaminada con una pequeña porción de señal, conocida, que fluye por otro circuito en la cercanía (física). No se refiere a ruidos (zumbidos y otros provocados por malos circuitos de masa) ni a la recepción de señales de radio, sino sólo a interferencias (mezclas) de señales (otras conversaciones) no deseadas. Esto sucede en pares trenzados adyacentes, y no solo en cables multipares sino también en cables de audio paralelos entre sí, o que transportan señales de muy diferente amplitud (e impedancias), sino también en instalaciones de vídeo, comunicaciones, etc. Este fenómeno es el también llamado "crosstalk" o "diafonía" y depende fuertemente del tipo de aislante de los cables y de la separación entre los mismos (aislamiento).

La **diafonía** es un **acoplamiento entre circuitos electrónicos que da por resultado una interferencia indeseada entre ellos**. El acoplamiento puede ser de tipo capacitivo, inductivo o conductivo (también llamado "directo"). El concepto de acoplamiento significa la interconexión de dos mallas de circuitería por fenómenos electrostáticos (capacidad distribuida), conductivos (conexiones conductoras o resistivas indeseadas) y/o electromagnéticos (inductancia mutua distribuida).

El acoplamiento capacitivo es la transferencia de energía desde un circuito hasta otro a través de la capacitancia mutua entre ellos. Dicha capacitancia mutua es la resultante de la capacidad distribuida en toda la longitud de los conductores, la cual aumenta mientras están más cercanos unos de otros. Es importante aclarar que un capacitor en esta disposición favorece la transferencia de las altas frecuencias; es por muy importante el conocimiento de la frecuencia con la que se realizan la comunicación de datos o voz al especificar La "diafonía".

Figura 22. Acoplamiento capacitivo entre circuitos

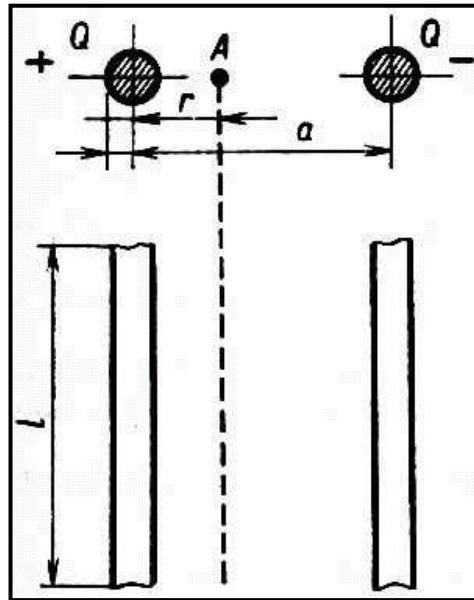


Fuente: Ing. Alejandro Bidondo. **Que es el crosstalk**

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \cdot A}{d}$$

donde C es la capacidad eléctrica de un condensador (capacitor) "plano" donde ϵ_0 ϵ_r son constantes que dependen del medio dieléctrico, A es el área enfrentada de las "placas" y d es la distancia de separación entre las mismas.

Figura 23. Línea de un par de hilos



Fuente: Ing. Alejandro Bidondo. **Que es el crosstalk**

La capacidad C de una línea bifilar (par de hilos) es:

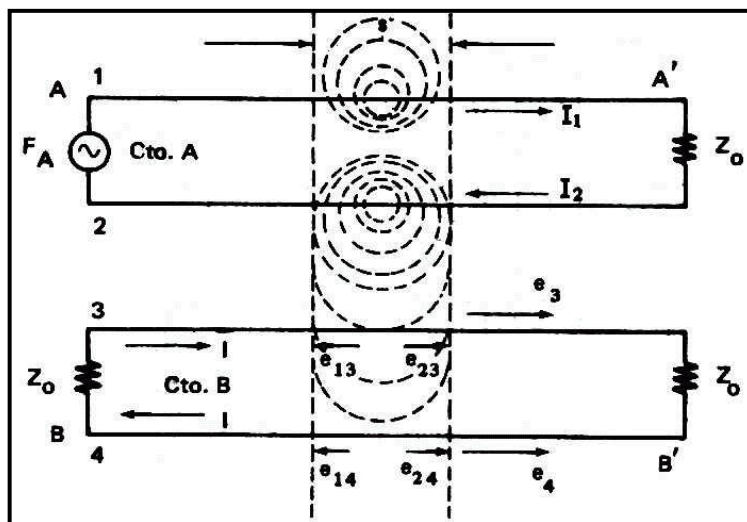
$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot l}{\ln\left(\frac{a}{r_0}\right)}$$

Donde ϵ_0 es una constante del medio dieléctrico, l es la longitud enfrentada de los conductores, a es la distancia entre los mismos y r_0 es el radio de los conductores.

El acoplamiento conductivo es aquel provocado por la conexión directa o contacto físico (conductivo o resistivo) y favorece a todo el ancho de banda en cuestión. Este efecto se produce por contactos inadvertidos o erróneos

mayoritariamente en el armado de cables. El acoplamiento inductivo es aquella transferencia de energía por medio de la inductancia mutua (también conocida como inducción magnética) donde se favorecen frecuencias menores que las del acoplamiento capacitivo. Este es el motivo más común por el cual existe la diafonía. Dicho en otros términos, dos conductores por los que circulan señales eléctricas variables en el tiempo (en ambos o sólo en uno), que posean una cercanía física y permanezcan paralelos un cierto trayecto funcionan como un transformador lineal, induciéndose sobre uno parte de la energía electromagnética irradiada por el otro.

Figura 24. Acoplamiento Inductivo entre circuitos

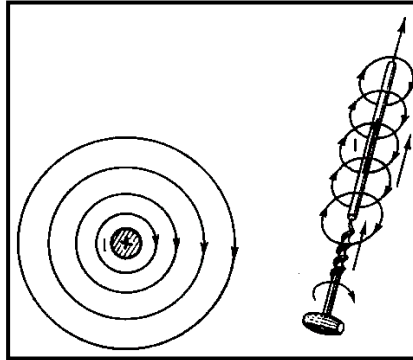


Fuente: Ing. Alejandro Bidondo. **Que es el crosstalk**

Este efecto es generado por un conjunto de fenómenos físicos, a saber:

Una corriente eléctrica genera la radiación de un campo magnético proporcional a la misma a partir del conductor por el cual circula. Dicho campo está compuesto por "líneas de flujo" las que se desarrollan según circunferencias de distintos radios perpendiculares al conductor (por ende centradas al mismo), y su sentido seguirá la "regla de la mano derecha" o "regla del tirabuzón".

Figura 25. Regla de la mano derecha



Fuente: Ing. Alejandro Bidondo. **Que es el crosstalk**

Así como existen circuitos eléctricos, existen circuitos magnéticos, los cuales tienden a concatenar líneas de flujo para aumentar la inductancia asociada o bien para hacer más eficiente la inducción mutua entre dos circuitos, uno que genera el campo magnético y otro que es atravesado por el mismo. El circuito magnético en este caso de la diafonía es el aire.

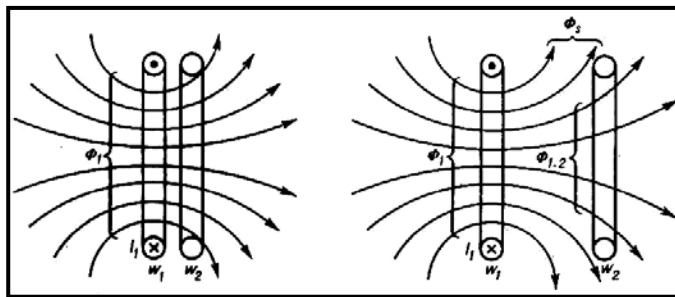
El Sr. Faraday mediante su ley homónima (que data de 1831) descubrió el fenómeno de la inducción magnética, la cual afirma que todo cambio en el campo magnético que afecta a un circuito induce una fuerza electromotriz (*f.e.m.*) en el mismo. Es necesario aclarar que un circuito se ve "afectado" en mayor o menor medida por un campo magnético en función de "cuánto campo está penetrando a través del circuito", o sea del "flujo magnético" de acoplamiento ($F_{1,2}$) asociado (su unidad es el *weber*). Para que esto suceda un conductor debe cortar líneas de flujo. Esto es lo que sucede entre dos conductores de disposición paralela, uno genera el campo y el otro corta las líneas de flujo generadas por el primero.

La f.e.m. inducida será:

$$fem = \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

En conclusión, aparecerá una tensión inducida sobre el segundo conductor directamente relacionada con la del primero. En la figura siguiente vemos que la mayor separación entre conductores es la responsable de que exista flujo magnético disperso o no concatenado (F_s), lo que reduce el acoplamiento entre circuitos y por lo tanto la diafonía.

Figura 26. Flujo magnético entre hilos



Fuente: Ing. Alejandro Bidondo. **Que es el crosstalk**

Un caso de inducción de ruido es la aparición en los conductores de audio de una señal relacionada armónicamente con los 50Hz de la red de alimentación de energía.

La diafonía se define como la relación de potencia o voltaje que existe entre el par interferido y el par interferente. Esta relación se expresa con una potencia de 1mW la cual corresponde a 0dBm. Se entiende por par interferente al que lleva la señal y el par interferido donde se escucha la señal.

2.2.8.1 Cálculo teórico de medir la diafonía

La diafonía, o atenuación de diafonía, se puede expresar, como una relación de potencia entre dos a más pares bajo la siguiente expresión:

$$Ad = 10 \log \frac{P_E}{P_S} = dBm$$

Donde:

Ad = Atenuación de diafonía.

Ps = Potencia del par interferente.

Pe = Potencia del par interferido.

También se puede expresar matemáticamente, en relación a los voltajes, en este caso la fórmula será:

$$Ad = 20 \log \frac{V_E}{V_S} = dBm$$

Donde:

Ad = Atenuación de diafonía

Ve = Voltaje del par interferido

Vs = Voltaje del par interferente

Cuando se mide el parámetro de diafonía, la potencia del par interferente es mucho mayor que la potencia del par interferido, por lo tanto la resultante logarítmica será siempre mucho menor a uno. En consecuencia el resultado será negativo.

2.2.9 Influencia de energía eléctrica (PI)

La PI también llamada inducción longitudinal es el voltaje es la medida del nivel de potencia de las señales de 60 ó 50 Hz. que existe entre la tierra y los pares dentro del cable multipar. Normalmente se mide con algún tipo de medidor de potencia ruido o algún analizador de líneas digitales. La medida de la Influencia de energía eléctrica, aunque la mayoría de señales no contiene frecuencias altas, en general nos indica la calidad de los pares en una red destinada a la transmisión de datos.

2.3 Requerimientos mínimos de la red para la transmisión con sistemas HDSL e ISDN-128K

A continuación se muestra los valores o niveles aceptables y marginales en una red de cobre para un buen desempeño en los servicios digitales Hdsl e Isdn-128K según la norma ETSI TS 101 135 V 141.

Tabla VI. Requerimientos mínimos para la transmisión en Hdsl e Isdn 128K

Parametro	Aceptable	Marginal	Inaceptable
Aislamiento (Mohms)	>999	<900	<100
Resistencia (ohms)	<300	<500	>500
Voltaje DC (volts)	<0.5	-	-
Voltaje AC (volts)	<1.5	-	-
Capacitancia entre "A" y "B"	52nF/Km	-	-
Capacitancia entre "A" y "B" a tierra	78 nF	-	-
Atenuación a 40KHz.	<80dBm	-	-
Atenuación a 150KHz.	<80dBm	-	-
Ruido Impulsivo	<27dBm	<31dBm	>31dBm
Diafonía	<60dB	-	-
Influencia de energía eléctrica	<80dBrc	<90dBrc	<90dBrc

Con la ayuda de esta tabla se pueden definir fácilmente los niveles aceptables para el buen funcionamiento de los sistemas Hdsl e Isdn-128K. Se puede observar que la capacitancia mutua entre los hilos "A" y "B" es de 52 nF, este valor es el que viene con el cable de fábrica con el tiempo puede variar un máximo de más menos 5% en un cable en buen estado (49.4nF a 54.6nF).

La atenuación es medida a dos distintas frecuencias, primero a 40KHz que es a la frecuencia que trabaja un servicio Isdn-128K, y a 150KHz para un servicio Hdsl, la razón como se vio anteriormente es que la impedancia del cable depende directamente de la frecuencia de la señal que esta trabajando. Para estas dos frecuencias la diferencia es muy poca, es por eso que para ambas se utiliza el mismo valor.

3. PROCEDIMIENTOS PARA MEJORAR LOS PARÁMETROS

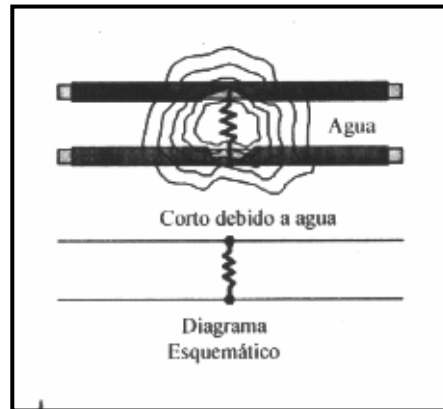
Para optimizar el desempeño de los servicios digitales en una red de cobre, primero fue necesario conocer cuales son los parámetros a mejorar según la norma ETSI TS 101 135 V 1.4.1, descritos en el capítulo anterior; ahora es importante investigar cuales son las principales causas que afectan la variación de estos parámetros que impiden el buen funcionamiento de los servicios, para así establecer procedimientos y soluciones que tengan como resultado la mejora de los servicios a través de la red. A continuación se explicará las causas de la variación de estos parámetros y como mejorarlos.

3.1 Bajo aislamiento

Cuando el valor del aislamiento, esta en el orden de los megaohms, el problema puede ser que el cable multipar contenga agua, más aún en época lluviosa, debido al mal sellado de una mufa o por alguna perforación, resultado de un golpe o roce que haya dañado la chaqueta protectora, el agua provoca que disminuya el aislamiento considerablemente.

Algunas veces no es necesario que el agua entre completamente al cable sino basta con que se quede dentro de la mufa para humedecer los conectores y así lograr cierta conductividad entre los pares.

Figura 27. Presencia del agua en un par de hilos de cobre



Fuente: 3M Sistemas Dynatel. **Planta externa, pruebas y localización de averías en cable telefónico.** Pág. 9

Otro motivo que causa el bajo aislamiento es el prensado de los pares dentro del multipar, puede ser que en momento de la instalación sea mal colocado algún accesorio o herraje de sujeción; también puede afectar que el cable tenga en algún punto del trayecto alguna curva muy pronunciada que provoque que los pares sean presados dentro del multipar afectando el aislamiento entre los pares. Para elevar el aislamiento es necesario inspeccionar la ruta del cable, verificar la instalación de los accesorios o herrajes de sujeción y revisar que no exista alguna curva que pueda causar problema.

Para el caso donde el agua se ha introducido al cable, debe ser necesario detectar con un analizador de traza el tramo para que sea sustituido, y en el caso de las mufas es necesario abrirlas para que se extraiga toda el agua y mejor aún si se cambia la mufa por alguna que cierre herméticamente.

En algunos países desarrollados se presurizan los cables y mufas de la red, para evitar que entre agua o humedad, pero estos procedimientos aumentan significativamente los costos de mantenimiento preventivo y correctivo de la red de cobre.

Cuando el valor del aislamiento esta en orden de los kilohms o incluso ohms nos indica que entre los conductores y/o la pantalla existe un contacto más directo; si durante la instalación no fueron colocados al cable protectores de caucho donde fuese necesario, es decir, donde existían rótulos, paredes, postes, árboles, etc.; es común que el cable se dañe debido al roce con estos obstáculos produciendo a veces que los pares trenzados hagan corto, produciendo continuidad entre sí. Es muy probable que en algunos de estos casos haya una hilo a tierra, es decir que el aislamiento entre el hilo "A" e hilo "B" sea bueno pero entre el hilo "A" y tierra o el hilo "B" y tierra sea bajo, esto causa que en uno de los hilos fluya corriente hacia tierra causando errores en la transmisión. Otra causa a la que hay que poner mucha atención es a las áreas donde el cable puede ser quemado, por algún incendio (arbustos que en épocas seca pueden quemarse fácilmente) o calentado por exposiciones prolongadas de calor por algún elemento que lo genere, esto produce la destrucción del forro aislante de los pares trenzados produciendo corto entre sí, aunque a veces no se note superficialmente en el cable pueden internamente estar dañados los pares trenzados. Para detectar la ubicación de uno de estos daños en el cable basta con inspeccionar la ruta del cable y con la ayuda de un analizador de traza ubicar el tramo para sustituirlo.

3.2 Hilos abiertos

Cuando se hace mención de un hilo abierto esto quiere decir que no existe continuidad en los conductores de un extremo a otro, esto es porque seguramente el par está reventado dentro del multipar, en este caso el par queda inservible y se deberá utilizar otro par para habilitar el servicio.

También existen hilos parcialmente abiertos que pueden ser la causa de una mala conexión, puede estar ubicada en los conectores dentro de la mufa, o un problema muy común es la presencia de cardenillo debido a la humedad o mala conexión en las en las cajas terminales externas, conectores de mufas o incluso cardenillo acumulado en las terminales o bornes de conexión dentro de los distribuidores ubicados en las centrales.

Para mejorar la calidad de las conexiones es necesario que en las mufas se utilicen conectores con gel, cajas terminales con dados de conexión con gel, esta evita que en el conductor se produzca cardenillo. En el caso donde exista cardenillo para evitar la acumulación es necesario limpiar con algún solvente (gas o gasolina) los conductores, aplicarles un poco de grasa y con una buena conexión se evitará que se produzca de nuevo.

3.3 Voltaje inducido AC

La inducción de corriente alterna CA es la medida de voltaje 60 Hz. entre la tierra y los dos conductores hilo "A" e hilo "B". Dicho en otras palabras el cable multipar es susceptible a los campos electromagnéticos que son producidos por las líneas de media y alta tensión, transformadores de distribución, motores eléctricos, etc., produciendo corrientes inducidas.

Los factores que influyen en la inducción de corriente alterna son: la magnitud del campo electromagnético al que el cable es expuesto, la separación entre la fuente y el cable multipar, la longitud tanto del sistema de energía que produce el campo como la del cable multipar, y algo muy importante, el sistema de tierra al que está conectado la pantalla del multipar.

Para minimizar las corrientes inducidas en un sistema de comunicación digital a través de pares de cobre, es necesario tomar en cuenta la ruta al momento del diseño de la red para evitar pasar lo más alejado posible de las líneas de transmisión de media y alta tensión.

Quizá el factor más importante es el sistema de tierras al que es conectada la pantalla del cable, la función que cumple la pantalla del cable multipar es la de evitar que los campos electromagnéticos induzcan corriente en los pares trenzados que se encuentran internamente, es un fenómeno similar al que ocurre dentro del cable coaxial.

Para que la pantalla del cable multipar cumpla con su función debe tener una buena conexión a tierra de un extremo a otro, para que las corrientes fluyan a tierra y así evitar que se induzcan a los pares trenzados causando errores en la transmisión y peor aún causando daños irreparables al equipo. Primero es necesario que del lado del distribuidor principal (lugar donde esta la central o los equipos que brindan los servicios) se conecte la pantalla del cable multipar al sistema de tierras, luego se deben aterrizar todas las mufas y cajas terminales de distribución que existan la red. Es muy importante que en todos los puntos se utilicen accesorios adecuados de conexión (terminales, puentes de continuidad de tierra, etc.) ya que al momento de existir mala conexión, las corrientes inducidas encontraran oposición para fluir a tierra. Es importante el buen mantenimiento del sistema de tierras al que es conectada la pantalla del

multipar, ya que al momento de caer una descarga electromagnética en el cable, las sobretensiones que aparecen en la pantalla buscan fluir a tierra y al momento de encontrar resistencia puede llegar a los pares internos causando serios problemas.

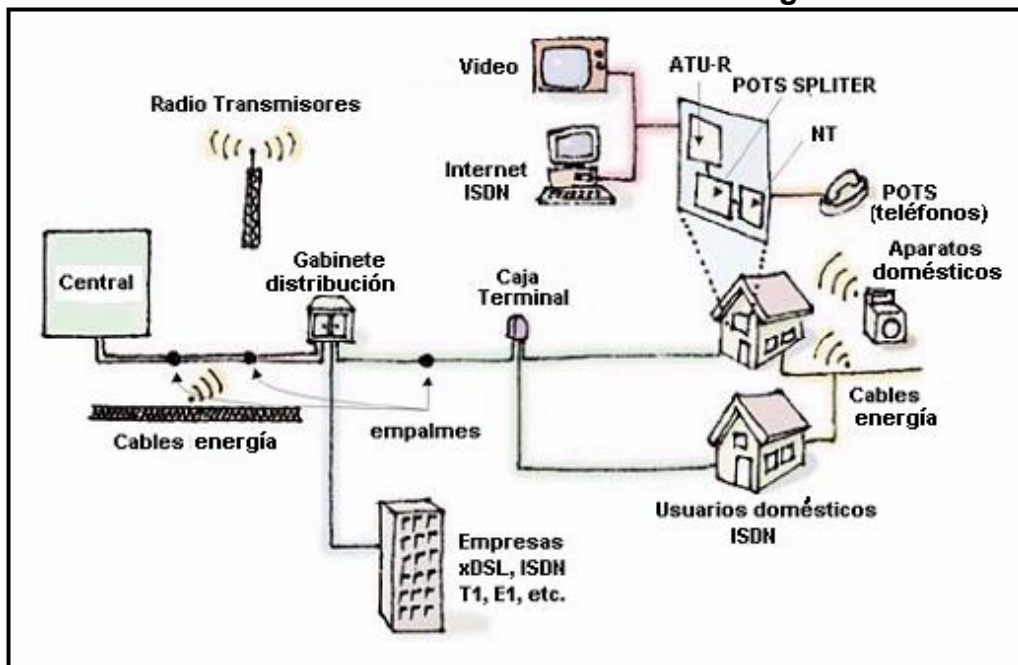
3.4 Voltaje DC

Medir el voltaje directo en el cable nos ayuda a detectar la presencia de algún potencial que puede afectar los niveles de referencia en la transmisión para los equipos, y causar la mala interpretación de un código o símbolo. Es muy rara la presencia de voltaje de corriente directa en el cable multipar. Normalmente son factores ajenos a la instalación o conexiones en el cable.

3.5 Ruido impulsivo

En la figura 26 se muestra el diagrama de una red típica de servicios digitales para distintos usuarios (empresas de negocios, bancos, casas, etc.). Todo aparato eléctrico es una fuente potencial de ruido que genera ondas electromagnéticas que pueden ser acopladas fácilmente a una red de comunicaciones mal diseñada y/o con bajo mantenimiento.

Figura 28. Fuentes de ruido en una red de servicios digitales



Fuente: Jim MacRae. Copyng with noise

Algunos de estos ejemplos son mostrados con los diferentes efectos en cada sección de la red. Se puede notar que existen cables de energía por todos lados, y en muchos casos los cables de comunicaciones son instalados a través de largas distancias y están presentes en todos los lugares donde los usuarios requieran de alguna comunicación. Aparatos domésticos (lavadoras, secadoras, refrigeradoras, televisores, etc.) y equipo industrial (elevadores, maquinaria, etc.) son las grandes fuentes de ruido, particularmente estos elementos cuyo funcionamiento requiere de la operación de un motor eléctrico y que son continuamente encendidos y apagados, generando largos impulsos de energía que es transmitida.

Los radio transmisores siempre generan ruido. Aunque la mayoría de transmisores opera a frecuencias muy arriba de las usadas en los servicios de Banda Ancha (Hdsl, Adsl, Vdsl Isdn, etc.) sub armónicas de estas señales pueden estar presentes, o las señales pueden ser demoduladas por error en frecuencias más bajas por los mismos equipos electrónicos de comunicación.

Posiblemente la mayor fuente de ruido es la misma red de telecomunicaciones. Cada par dentro del cable multipar genera señales que pueden ser inducidas o acopladas en otros pares del mismo cable. La cantidad de energía transmitida y la susceptibilidad de otros cables, trae como consecuencia que la mayor causa de perturbaciones en los servicios digitales son otros servicios digitales.

Muchos elementos generan transientes de ruido el cual aparece por intervalos de tiempo muy corto y a veces tienden a desaparecer por periodos largos. Aunque la mayoría de estos representan un problema menor para muchos sistemas, para las tecnologías Hdsl e Isdn, el ruido impulsivo puede causar que los modems reconozcan mala conexión y examinen otras frecuencias disponibles. En algunos casos, esto puede tomar algunos minutos para completar la transmisión, excediendo este período, el usuario puede perder la comunicación. El ruido impulsivo es el conteo del número de ruidos transientes sobre un período definido.

Eliminar el ruido impulsivo en una red de comunicaciones es casi imposible debido a los muchos factores que contribuyen a generarlo. Para minimizar los niveles de ruido es necesario empezar desde el momento en que se diseña la red, tomando en cuenta las distancias y rutas de los cables y también el uso de transformadores neutralizantes de inducciones (INT) que ayudan a eliminar las perturbaciones presentes en la red. Se debe tomar en

cuenta que se deben realizar recorridos periódicos de la ruta para considerar nuevos elementos que genere ruidos cercanos a la red de comunicaciones.

También es muy importante el sistema de tierras al que es conectada la pantalla del multipar, esta contribuye a que cumpla con eliminar casi todas las inducciones que se presenten en el cable.

3.5.1 Sistema de tierras

La red de comunicaciones por cobre, necesita tierras para drenar corrientes que se pueden inducir en la pantalla. Un mal sistema de tierras provoca que la pantalla no cumpla su función.

3.5.1.1 Capacidad de drenado

Dependiendo del volumen físico de la tierra utilizada, así será la magnitud máxima de corriente que pueda drenar esta en un momento determinado. Entre mayor es su volumen (grosor de la varilla y calibre de los conductores), mayor será la cantidad de corriente que sea capaz de drenar. Este factor de volumen es tomado en cuenta por el diseñador, sin embargo el paso del tiempo provoca que se corroa la tierra, llegándose a quebrar en ocasiones, entonces su volumen decrecerá, cambiando sus características, no solo la capacidad máxima de corriente a drenar sino, como se verá más adelante, también su resistividad variará en una manera perjudicial para el sistema.

En estos casos estudiados, bastantes tierras del sistema fueron instaladas hace mucho tiempo, algunas pueden estar afectadas por la corrosión, esto altera el sistema existente de protección de la red, debido a esto

se da el fenómeno de que, a veces, en lugar de drenarse corrientes por las tierras, se introducen corrientes en el sistema, impidiendo que la pantalla opere correctamente.

3.5.1.2 Resistencia de tierra

Para que opere correctamente una tierra, esta debe tener una resistencia menor a los 4 ohms de acuerdo a los estándares norteamericanos(ANSI/IEEE Std 81-1983).

La determinación de la resistencia de una tierra se realiza por medio de un meger de tierras y la magnitud de esta depende de los siguientes factores: área de contacto y eficiencia del contacto. Analicemos en que consisten éstos:

Área de contacto: Entre más área de contacto exista, menor será la resistencia del electrodo de tierra. Esta área corresponde a la superficie externa de la barra, si se aumenta el diámetro del electrodo, la variación de la resistencia es mínima. Se acostumbra usar varillas con un diámetro suficientemente grande como para que, al clavar la varilla, esta no se quiebre ni se dañe. Si se duplica la profundidad de la varilla de tierra, se disminuye el valor de la resistencia en un 60%. También la corrosión de los electrodos aumenta la resistencia de una tierra, y en los casos donde la varilla se quiebra, esto reduciría su área y, por lo tanto, aumentará la resistencia del sistema.

Eficiencia del contacto: Puede presentarse el caso de que un electrodo con un área determinada, se comporte como si tuviese un área menor, esto depende de otros aspectos como: geología del suelo, composición química, humedad, temperatura, etc.

3.6 Atenuación

Los niveles de atenuación permisibles en una red de comunicaciones por pares trenzados de cobre, depende principalmente de la potencia de transmisión y la sensibilidad del receptor en los equipos. Primero se deben tomar en cuenta las distancias máximas con las que se puede obtener una buena comunicación entre los equipos. En este trabajo se realizarán pruebas con equipos que pueden prestar servicios de hasta 3.8 km con calibre 26 AWG ó 4.8 km con calibre 24 AWG con niveles de ruido aceptables. Se debe tomar en cuenta no exceder las longitudes máximas especificadas por el fabricante de los equipos de lo contrario la potencia recibida en el otro extremo será muy pequeña, impidiendo que el receptor sea capaz de decodificar las señales.

En condiciones donde se tengan niveles altos de ruido e inducción debido a los sistemas de energía o comunicación cercanos al cable, se deben reducir las distancias máximas del cable entre un 10 y 30%, según el criterio y la experiencia del diseñador, para así reducir la atenuación de las señales a través de la red.

Otra de las causas de altos niveles de atenuación a través de la red es la presencia de agua en el cable multipar, se genera un bajo aislamiento, cambia la capacitancia mutua entre los pares y por consiguiente aumenta la atenuación. Como se mencionó anteriormente cuando se tiene la presencia de agua en el multipar es necesario sustituir el tramo de lo contrario los servicios se verán seriamente afectados.

3.7 Diafonía

El concepto de diafonía, también conocido como atenuación transversal, tal como su nombre lo indica, significa dos fonías. Esto quiere decir que la señal transmitida por un par logra pasar a los demás pares adyacentes del cable, produciendo de esta forma interferencias entre las líneas del cable.

Es frecuente cuando se está hablando por teléfono, escuchar otras conversaciones ajenas a la propia. Este efecto que se produce en la comunicación telefónica, se reconoce con el nombre de diafonía.

Las principales causas que generan la diafonía, son los desequilibrios capacitivos y el bajo aislamiento entre los pares del cable, lo que normalmente son producidos al realizar los empalmes.

Es importante llamar la atención en este punto, dado que la diafonía, a diferencia de otros defectos, son muy difíciles de localizar y reparar, por lo tanto los técnicos encargados de realizar los empalmes en los cables deberán tomar todas las medidas pertinentes, con el objeto de evitar que se produzcan desequilibrios capacitivos o bajo aislamiento en los cables.

Este problema genera además acoplamiento de señales en pares usados en transmisión de datos, causando disminución de velocidad de propagación de las señales.

La diafonía se define como la relación de potencia o voltaje que existe entre el par interferido y el par interferente. Esta relación se expresa con una potencia de 1mW la cual corresponde a 0dBm, un buen sistemas de comunicaciones funciona perfectamente con niveles de diafonía abajo de 60 dB.

3.8 Niveles de Influencia de energía eléctrica (PI) aceptable

En la mayoría de las empresas de telecomunicaciones esperan tener una medida de PI menor de 80 dBrnc. En los equipos de medida para ruidos el punto entre aceptable y marginal es 80 dBrnc, una media de 90 dBrnc o más alta es inaceptable.

Algunos de los síntomas de problemas de niveles altos de PI son: timbrados o señales falsos, el equipo deja de funcionar o experimenta daños, en el caso de líneas digitales errores de codificación y decodificación, el equipo se calienta, los protectores o fusibles se queman rápidamente debido a que funcionan más a menudo que lo necesario, problemas temporales que se dan en la transmisión. En el caso de fallas temporales esto resulta porque hay una carga máxima o una condición de sobretensión en el sistema de energía eléctrica. Por ejemplo, las cargas aumentadas a causa del aire acondicionado en el verano puede causar un aumento de PI, tanto como el funcionamiento de una fábrica que requiere una gran cantidad de energía durante ciertos períodos del día para manejar grandes equipos que utilizan motores trifásicos, etc.

Habitualmente este problema de la influencia de energía eléctrica se evita con un adecuado blindaje de la línea de comunicaciones, es decir una buena conexión del sistema de tierras a la pantalla del multipar.

4. MEDICIÓN DE PARÁMETROS

4.1 Equipo de medición

Para obtener datos de los parámetros eléctricos medidos se utilizó un analizador de líneas digitales. Los analizadores de líneas determinan con rapidez y eficacia las prestaciones de las líneas de cobre destinadas a servicios de banda ancha, la función de medida automática permite a los usuarios efectuar múltiples medidas pulsando una sola tecla.. Los resultados de las medidas se comparan automáticamente con máscaras de límites predefinidas, revelando al instante si son posibles los servicios deseados.

Estos límites son definidos según la norma que aplique a las características del tipo de servicio que se brindará. Estos límites también pueden cambiar, según la experiencia del operador basándose en las condiciones de la red, por ejemplo, si la red es relativamente nueva pueden modificarse para que la prueba sea más rigurosa.

Estos instrumentos, son diseñados para minimizar el tiempo de medida, son la herramienta ideal para la calificación, mantenimiento y reparación de líneas de cobre. Son adecuados tanto para las medidas desde uno de los extremos como para las medidas de extremo a extremo. Los conjuntos de parámetros y límites predefinidos aceleran las medidas, evitan errores de operación y cuando se completan las medidas, permiten averiguar inmediatamente si la línea estudiada cumple los requisitos especificados.

Estos analizadores incorporan una función muy útil para las medidas de extremo a extremo, la comunicación automática entre el instrumento del extremo cercano y el del extremo lejano, lo que permite efectuar todas las medidas desde uno de los extremos. Casi todas las funciones de medida son útiles también para las pruebas desde uno de los extremos.

Para la medición de los parámetros se utilizó un analizador de líneas digitales marca 3M modelo Dynatel 965 DSP, el cual cuenta con las funciones de ohmetro, capacitometro, voltímetro, medidor de potencia. Para medir diafonía se utilizó un equipo marca *Wandel Goltherman* modelo SLT-22.

Los datos obtenidos en un analizador de líneas nos ayudan a realizar un diagnóstico de una línea de cobre, es decir que por medio del equipo se obtienen mediciones de los parámetros y con límites predefinidos se puede calificar la línea pero en el caso donde la línea no cumple con los parámetros predefinidos el equipo no dirá exactamente cual es la falla, simplemente obtendremos datos de los cuales el operador del equipo tendrá que interpretar para saber cual es la falla y donde está ubicada. Es aquí donde nos damos cuenta que el equipo es una herramienta útil para el diagnóstico y mantenimiento de las líneas de cobre, siempre y cuando exista un operador capaz de interpretar los resultados para mejorar el estado de la línea de cobre y así calificar para el buen funcionamiento de los servicios digitales

Además, para la representación gráfica del estado de un par de cobre se requirió de un Reflectómetro en el dominio del tiempo (TDR.) . Un TDR trabaja con el mismo principio de un radar. Un pulso de energía es transmitido a través del par trenzado; cuando el pulso encuentra el final de la línea o encuentra un evento(empalme, mala conexión, hilo abierto, etc.) parte de la energía del pulso es reflejada hacia el equipo de medición. El TDR mide el tiempo que le

toma al pulso de energía viajar a través del par trenzado, detecta el evento con la cantidad de energía que es reflejada. El TDR convierte este tiempo a distancia y despliega la información como una forma de onda donde pueden ser localizados fácilmente los eventos.

Donde fue necesaria la representación gráfica de los casos a exponer se utilizó un TDR marca *Riserbond* modelo 6000.

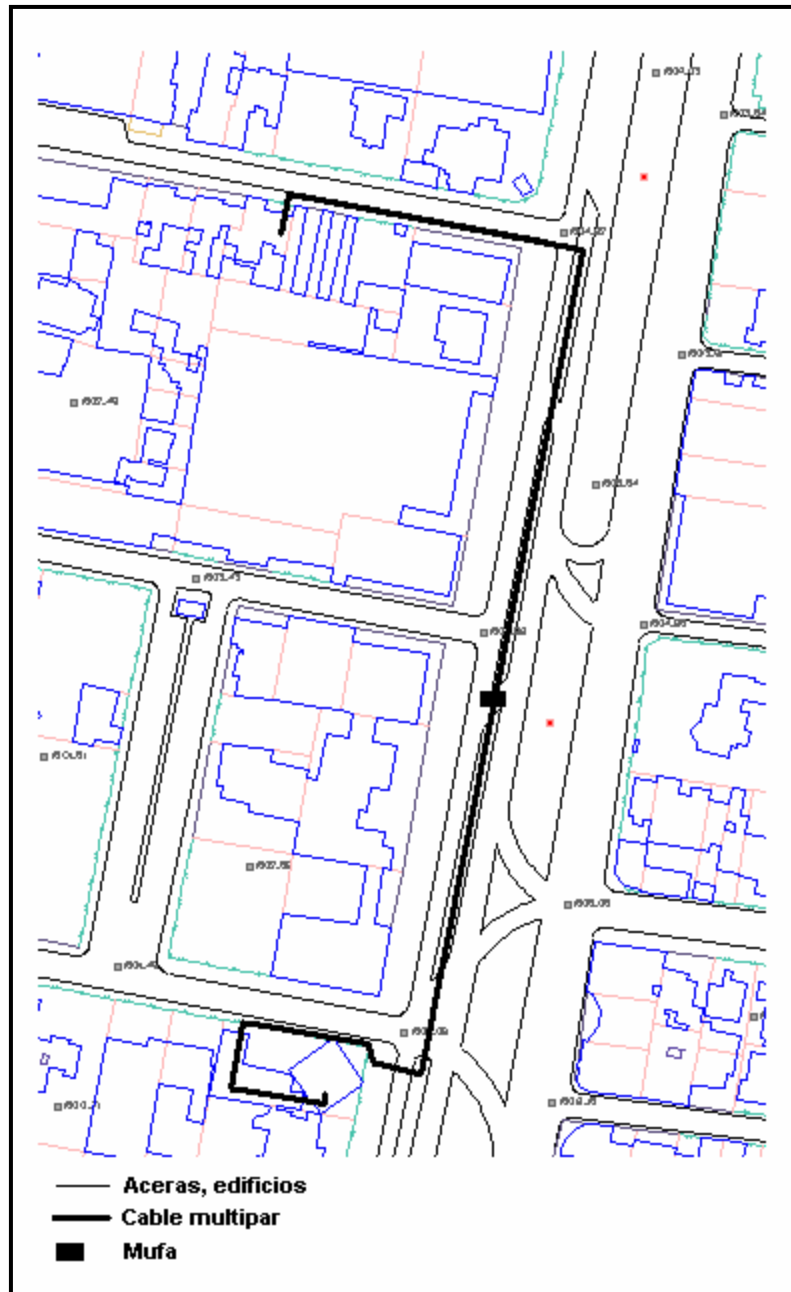
4.2 Selección del tramo de red

Este trabajo de graduación se enfoca en plantear soluciones para mejorar el desempeño de los servicios Hdsl e Isdn-128K en una red de cobre. Por lo tanto, para que las soluciones propuestas tengan validez se escogieron dos tramos en donde ha sido evidente el mal funcionamiento de los servicios a través de éstos. Luego se llevó a cabo un estudio de campo donde se realizó una medición de los parámetros eléctricos para determinar las causas y plantear las soluciones respectivas en cada caso.

Las fallas presentes en los dos tramos seleccionados eran errores CRC y BER, estos causaban que el servicio sea lento y cuando estos errores se repetían muchas veces ocasionaban que los equipos perdieran la comunicación. A continuación se dará una breve descripción de estos dos casos.

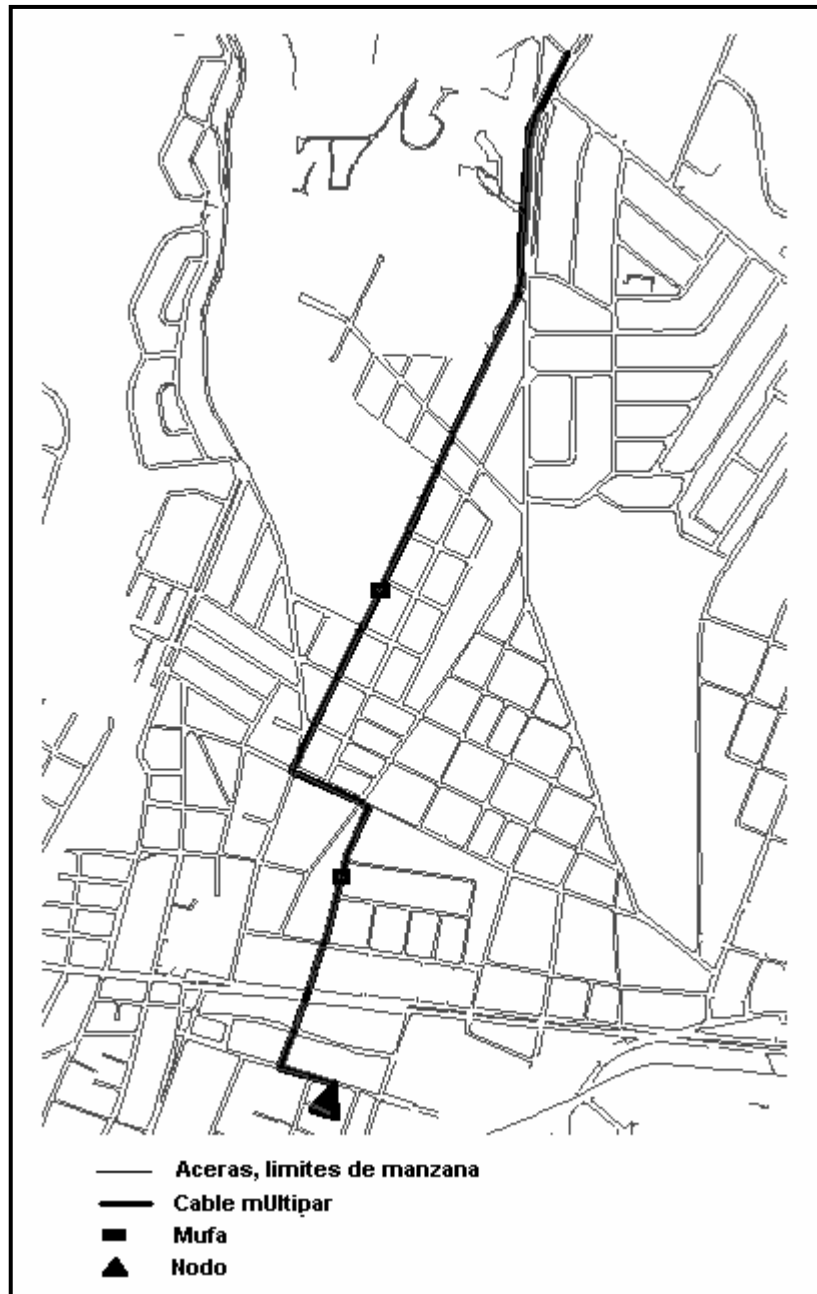
Para el primer caso se tiene un tramo de cable de 12 pares, calibre 26 AWG, la longitud del tramo es aproximadamente 750 metros. A continuación se muestra una figura donde se observa con claridad el diagrama de red.

Figura 29. Cableado caso 1



Para el Segundo caso se tiene un tramo de cable de 12 pares, calibre 26 AWG, la longitud del tramo es aproximadamente 1250 metros. A continuación se muestra una figura donde se observa con claridad el diagrama de red.

Figura 30. Caso 2



4.3 Procedimiento para las mediciones

Para realizar las mediciones, fue necesario suspender los servicios, es decir, desconectar el equipo multiplexor ubicado en una central o nodo cercano y desconectar el equipo terminal ubicado en el cliente. Para ciertas mediciones, algunos equipos son capaces de medir en presencia de los equipos pero para pruebas más completas como diafonía y atenuación fue necesario interrumpirlos.

A continuación se muestra 2 tablas con los resultados de las mediciones para el Caso 1 y Caso 2 respectivamente.

Tabla VII. Mediciones caso 2

Longitud de tramo: 750 m. Calibre: 26 AWG

Capacitancia nominal según longitud del tramo: 39 nF

Par	Aislamiento (MΩ)			Voltaje AC (volts)			Voltaje DC (volts)			Ruido Impulsivo (dBm)	Atenuación (dB)	Capacitancia (nF)			Diafonía	PI
	A-B	A-G	B-G	A-B	A-G	B-G	A-B	A-G	B-G			A-B	A-G	B-G		
1	100	516	570	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	79	40.30	51.00	51.40	40.00	< 40
2	110	516	470	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	76	40.39	52.65	52.68	39.00	< 40
3	147	89	75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	73	46.56	52.29	52.62	36.00	< 40
4	18	51	47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	< 3	82	45.92	60.98	61.10	35.00	< 40
5	>999	>999	>999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	< 0	32	62.50	71.47	71.49	38.00	< 40
6	>999	>999	>999	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	36	61.00	69.50	69.75	34.00	< 40
7	>999	>999	>999	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	< 0	35	61.33	70.35	70.03	38.00	< 40
8	>999	>999	640	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	42	62.03	70.89	70.94	38.00	< 40
9	>999	530	>999	0.30	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	< 0	41	61.29	70.21	70.20	36.00	< 40
10	>999	>999	690	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	39	62.08	71.08	70.91	42.00	< 40
11	>999	200	>999	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	< 0	47	61.87	70.57	70.49	41.00	< 40
12	790	>999	140	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	< 0	69	70.22	70.92	61.19	43.00	< 40

Tabla VIII. Mediciones caso 1

Longitud de tramo: 1950 m. Calibre: 26 AWG

Capacitancia nominal según longitud el tramo: 101 nF

Par	Aislamiento (MΩ)			Voltaje AC (volts)			Voltaje DC (volts)			Ruido Impulsivo (dBm)	Atenuación (dB)	Capacitancia (nF)			Diafonía	PI
	A-B	A-G	B-G	A-B	A-G	B-G	A-B	A-G	B-G			A-B	A-G	B-G		
1	> 999	> 999	> 999	0.00	0.40	0.30	0.00	0.20	0.10	38	58	109.30	151.00	151.10	35.00	62
2	> 999	> 999	> 999	0.00	0.40	0.40	0.00	0.10	0.10	27	52	102.35	152.00	152.34	34.00	62
3	> 999	> 999	> 999	0.00	0.20	0.20	0.00	0.10	0.00	33	53	102.69	151.21	152.01	36.00	61
4	900	> 999	950	0.20	1.60	1.70	0.00	0.00	0.10	20	54	101.02	153.74	153.26	37.00	60
5	> 999	> 999	> 999	0.00	1.60	1.65	0.00	0.10	0.20	37	53	99.80	152.40	151.40	36.00	64
6	> 999	> 999	> 999	0.00	0.40	0.10	0.00	0.10	0.00	40	55	101.21	152.60	152.90	37.00	61
7																
8	> 999	> 999	> 999	0.00	0.40	0.40	0.00	0.00	0.00	8	48	102.54	151.02	151.29	37.00	60
9	> 999	> 999	> 999	0.00	0.40	0.30	0.00	0.00	0.00	6	51	103.02	151.11	151.89	38.00	60
10	> 999	> 999	> 999	0.00	0.40	0.50	0.00	0.00	0.00	<0	50	102.11	150.29	150.39	34.00	61
11																
12	> 999	> 999	> 999	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	<0	50	102.02	151.09	151.00	35.00	58

Nota: en los pares 5 y 7 no se pudieron obtener datos debido a que se encontraban en servicio.

4.4 Análisis de resultado obtenidos

Después de realizadas las mediciones, fue necesario analizar e interpretar los resultados obtenidos en las dos tablas anteriores.

Como primer paso, se comparó cada valor obtenido en la tabla con los parámetros mínimos establecidos según la norma ETSI para la transmisión con tecnología Hdsl e Isdn en líneas de cobre.

Tabla IX. Requerimientos para la transmisión en Hdsl e Isdn 128K

Parametro	Aceptable	Marginal	Inaceptable
Aislamiento (Mohms)	>999	<900	<100
Resistencia (ohms)	<300	<500	>500
Voltaje DC (volts)	<0.5	-	-
Voltaje AC (volts)	<1.5	-	-
Capacitancia entre "A" y "B"	52nF/Km	-	-
Capacitancia entre "A" y "B" a tierra	78 nF	-	-
Atenuación a 40KHz.	<80dBm	-	-
Atenuación a 150KHz.	<80dBm	-	-
Ruido Impulsivo	<27dBm	<31dBm	>31dBm
Diafonía	<60dB	-	-
Influencia de energía eléctrica	<80dBrc	<90dBrc	<90dBrc

Para facilitar la comparación, en las tablas se muestran sombreados los valores que no cumplen con los requerimientos mínimos según la norma.

4.4.1 Análisis caso 1

Luego de observar detenidamente los resultados obtenidos en las mediciones del primer caso, se empezó por analizar las tres primeras columnas. Si observamos los resultados correspondientes al aislamiento, El aislamiento fue medido entre hilo "A" e hilo "B" (A-B), hilo "A" y tierra (A-G) y por ultimo entre

hilo "B" y tierra (B-G) . Es evidente que tenemos un bajo aislamiento en la mayoría de los pares, los pares más afectados son del 1 al 4.

Los voltajes AC y DC presente en el cable, medido entre hilo "A" y "B", hilo "A" a tierra y por último entre hilo "B" a tierra se pueden notar que los valores en la mayoría son cero o cercanos a cero, eso quiere decir que no se tiene ningún problema de inducción en el cable multipar. Es muy importante tener en cuenta medir el voltaje presente entre la pantalla y ambos hilos, aunque aparentemente no tenga ninguna relación, se podría pensar esto debido que no existe algún circuito entre la pantalla y los pares, pero recordemos que la pantalla es la única protección o blindaje de los pares contra campos electromagnéticos que estén presentes alrededor del cable, en el caso donde hay potenciales o voltajes altos presentes en la pantalla puede ser esta una indicación de una mala conexión o falta de continuidad de tierra en la pantalla del cable multipar. La importancia de medir voltajes directos DC presente en las líneas es debido a que al existir estos voltajes los niveles referencia cambian para los equipos causando errores en la transmisión debido a la mala interpretación de un código o símbolo, recordemos que la codificación utiliza niveles de voltaje para diferenciar un estado lógico de otro.

El ruido impulsivo presente en el todos los pares del cable multipar es menor que 27 dBm, es decir que no existen perturbaciones que afectan la transmisión.

En la siguiente columna se puede verificar los resultados obtenidos en las pruebas de atenuación, si se pone atención, la atenuación es mayor donde el aislamiento de los pares es bajo, esto era de esperarse debido a que un aislamiento bajo representa una valor resistivo en serie entre los hilos "A" y "B" dicho de otra forma esto equivale a un circuito donde una resistencia es

colocada en serie entre los dos conductores causando un flujo de corriente a través de ella donde es disipada cierta una cantidad de potencia que ya no es recibida por el receptor, causando errores en la transmisión.

En muchos de los pares la capacitancia presente en el cable no cumple con los parámetros aceptables, estos valores se ven más afectados donde los valores de aislamiento son bajos, esto es debido a que cuando el aislamiento es bajo se entiende que los conductores están menos aislados eléctricamente, una causa puede ser que los conductores estén muy pegados o incluso aplastados uno con el otro disminuyendo la distancia de separación entre los Hilos "A" y "B" y también hacia la pantalla, incluso a pesar que el forro aislante de los conductores no se dañe, cambia el valor capacitivo entre los conductores, causando a la vez una mayor atenuación en la transmisión.

En la siguiente columna tenemos los valores de diafonía, la forma en que fue medida es con respecto a su siguiente par, es decir, que para obtener la diafonía en el par uno fue medida con respecto al par dos, para el par dos, fue medida con respecto al par tres, y así, sucesivamente, esto es debido a que para determinar la diafonía es necesario que se inyecte una señal en un par y medir la inducción causada por esta señal en uno adyacente. Los valores obtenidos en esta tabla está muy por debajo de 60dB, no se tienen problemas de diafonía para este caso.

En la última columna tenemos los valores de la influencia de energía eléctrica (PI) presente en los pares, todos los pares tienen abajo de 80 dBnc estos valores son bastante aceptables esto indica que no existen voltajes armónicos (50 o 60Hz) entre los conductores y la pantalla del cable multipar,

4.4.2 Análisis caso 2

Los valores obtenidos en las tres primeras columnas, que indican el aislamiento entre los pares y la pantalla del multipar para este caso No. 2, son muy buenos, vemos que solo el par 4 tiene un aislamiento mayor a $900\text{M}\Omega$ y $950\text{M}\Omega$, son valores bastante aceptables, que no causan ningún error en la transmisión.

Los voltajes inducidos en la pantalla exceden el límite en los pares 4, 5, y 10; este voltaje inducido no causa mayores problemas debido a que es el medido entre el hilo "A" y la pantalla y/o entre el hilo "B" y la pantalla, además de que los valores se exceden apenas en un voltio. En cambio hay que poner especial atención a los voltajes inducidos cuando están presentes entre el hilo "A" y el hilo "B", es decir medidos entre "A" y "B", ya que son estos pares los que llevan las señales entre los equipos de transmisión.

Las siguientes columnas nos muestran los voltajes de corriente directa DC, se observa que en todos los valores tenemos como valor máximo 0.2 voltios y en la mayoría no se tiene ningún voltaje DC en los pares.

En la siguiente columna tenemos los valores de los resultados obtenidos en la medición de ruido impulsivo, en comparación con el primer ejemplo vemos que en la mayoría de los pares existe ruido impulsivo, y en cinco pares de estos se exceden mucho más arriba de los de los límites permitidos por la norma ETSI. Es de notar que los altos niveles de ruido impulsivo en el cable multipar es uno de los principales causantes del mal desempeño de los servicios a través de este. Vemos que los pares más afectados son 1 y 6 con 38 y 40 dB_{rnc} de ruido impulsivo.

La atenuación medida para este ejemplo se encuentra abajo de los límites, podría pensarse que la potencia que recibe el equipo en el otro extremo es la necesaria o suficiente para que pueda establecer una comunicación.

Seguramente las señales llegan con la potencia necesaria pero han perdido su forma original debido al ruido que se introduce en los pares, entonces el equipo no logra reconocer los símbolos o códigos de la transmisión, esto causa que se generen intervalos de tiempo de espera hasta que una señal pueda ser reconocida, si estos lapsos exceden el tiempo máximo de espera se interrumpe la transmisión, es ahí donde el servicio se puede mantener intermitente. Muchas veces este ruido puede causar también que los paquetes lleguen incompletos, entonces el módem se ve en la necesidad de solicitar varias veces que sean reenviados. La velocidad de transmisión de una aplicación en un sistema digital depende siempre de que los paquetes de datos lleguen realmente a su destino final. Fallas en los paquetes, que aparecen como *bits* caídos o corruptos o errores en la secuencia del *bit* reconstruido, resultan en retransmisión de datos. Los intentos repetidos de re-transmisión son los que aumentan el tráfico en la red y disminuyen seriamente la eficiencia de la red

En las siguientes tres columnas se tiene la capacitancia medida en el cable multipar, los valores se encuentran muy buenos alrededor de los 101nF, se puede asegurar que no existe ninguna falla capacitiva como la presencia de agua o el deterioro del aislante en los conductores.

En las últimas dos columnas se tiene los datos de diafonía e Influencia de energía eléctrica, estos están por debajo de los límites, es decir que no representan problema alguno en la transmisión Hdsl e Isdn-128K para este caso.

5. IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES

Después de haber analizado cada uno de los parámetros medidos en los ejemplos estudiados, este último capítulo, se describen las soluciones implementadas que llevaron a mejorar los parámetros que exceden los límites establecidos para el buen funcionamiento de los servicios de banda ancha.

Para la validez de este trabajo de graduación después de aplicadas las soluciones en un trabajo de campo, se procedió a tomar de nuevo una muestra de los parámetros medidos para ser comparados con los anteriores y verificar que las soluciones hayan cumplido con los resultados esperados.

5.1 Soluciones implementadas en el caso 1

En el análisis descrito en la sección 4.4.1, se definió claramente que el problema era el bajo aislamiento entre la mayoría de los pares del cable multipar, pero con los datos obtenidos en las mediciones no teníamos lo más importante, a que distancia se encontraba la falla. Para ubicar la falla, se utilizó un equipo capaz de representarnos gráficamente el estado de la línea. La razón es simple, el valor resistivo de la línea no nos indica a que distancia puede estar una falla, entonces es necesario acudir a una herramienta muy útil, un reflectómetro en el dominio del tiempo (TDR), la gráfica que nos muestra este equipo nos facilita el análisis, representando los eventos más importantes a través de la línea, como mufas, cajas terminales, etc. o alguna anomalía como la que en este caso tratamos de identificar.

Para identificar la ubicación de la falla en el cable, se tomó una muestra del par 4 que, según la tabla VII, es el que se encuentra en peores condiciones, esto ayudó a que resaltara más el evento que nos provoca el bajo aislamiento. La siguiente gráfica representa el estado físico de la línea.

Figura 31. Representación gráfica del par 4 en el caso 1

Al observar detenidamente la gráfica, al comienzo tiene dos formas de onda senoidales de regular tamaño, no hay que confundirlas con algún evento que muestre alguna anomalía; estas dos formas representan la zona muerta del equipo de medición. Es decir, que la distancia que ocupan estas formas al inicio es la zona donde el equipo no puede representar ningún evento debido a la duración del ancho del pulso de energía que es enviado.

Por ejemplo, si enviamos un pulso con una duración de 25 nseg., quiere decir que durante los primeros 25 nseg. se está enviando el pulso de energía, entonces el equipo no es capaz de detectar algún evento en la línea, si se quiere trasladar este tiempo a distancia, basta con multiplicar el tiempo por la velocidad de propagación a través del conductor (para conductores de cobre calibre 26 AWG, se tiene un 66.4% la velocidad de la luz), para este ejemplo se tiene una zona muerta de 4.28 metros. El ancho del pulso de energía depende de la longitud de la línea que va ser medida, entre mayor es la longitud de la línea, mayor debe ser la duración del pulso.

Continuando con el análisis de la gráfica, después de la zona muerta se observa un pequeño valle, este indica que existe un bajo aislamiento entre los pares, si el valle es más pronunciado puede llegar a indicar que el par está parcialmente en corto, es decir, que tendríamos un aislamiento de unos cuantos kilohms, el valle se encuentra a los 369.29 metros según el equipo.

Para ubicar el lugar físico de la falla en el recorrido del cable se tomó la lectura del metraje del cable en el nodo se sumo la distancia de 369m. y se ubicó el sitio exacto de la posible falla. Con la inspección física del lugar se constató que se encontraba una mufa intermedia ubicada a 374 metros aproximadamente.

Se revisó los cables alrededor de la mufa, sin encontrar problemas, luego se procedió a abrir la mufa, y se encontró residuos de agua en la mufa, esta era definitivamente la razón del bajo aislamiento en los pares. Para resolver este problema se procedió a cambiar la mufa, por una que sellara correctamente, pero existe la posibilidad que halla quedado humedad en un pequeño tramo (de uno a cinco metros) dentro de los dos cables, si es así será necesario cambiar una tramo del cable que este defectuoso. Eso se podrá determinar claramente después de las mediciones, también se verificará si efectivamente con el cambio de la mufa se mejora o no el aislamiento en los pares.

En la tabla X, se muestran las nuevas mediciones tomadas después de haber finalizado los trabajos mencionados en el párrafo anterior. Se ve claramente la mejora del aislamiento entre los pares, se observa que tres pares tienen un aislamiento no menor de 750 mega ohmios, esto puede ser debido a la presencia de pequeñas cantidades de humedad en el cable, estos valores de aislamiento son aceptables en la transmisión de datos.

Tabla X. Mediciones caso 1 después de implementadas las soluciones.

Longitud de tramo: 750 m. Calibre: 26 AWG
 Capacitancia nominal según longitud del tramo: 39 nF

Par	Aislamiento (MΩ)			Voltaje AC (volts)			Voltaje DC (volts)			Ruido Impulsivo (dBm)	Atenuación (dB)	Capacitancia (nF)			Diafonía	PI
	A-B	A-G	B-G	A-B	A-G	B-G	A-B	A-G	B-G			A-B	A-G	B-G		
1	> 999	> 999	750	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	28	40.30	70.20	71.30	40.00	< 40
2	850	910	> 999	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	38	43.50	71.05	71.20	39.00	< 40
3	> 999	> 999	> 999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	28	39.62	71.10	71.10	36.00	< 40
4	870	> 999	> 999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	< 3	39	46.92	69.00	70.12	36.00	< 40
5	> 999	> 999	> 999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	< 0	22	41.12	71.47	71.52	38.00	< 40
6	> 999	> 999	> 999	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	26	42.26	69.50	69.61	34.00	< 40
7	> 999	> 999	> 999	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	< 0	25	39.60	70.35	70.03	38.00	< 40
8	> 999	> 999	> 999	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	32	41.12	70.70	70.86	37.00	< 40
9	> 999	950	> 999	0.30	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	< 0	31	40.00	70.21	70.22	36.00	< 40
10	> 999	> 999	900	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	29	39.27	70.50	70.10	42.00	< 40
11	> 999	> 999	> 999	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	< 0	37	40.13	70.57	70.49	41.00	< 40
12	> 999	> 999	> 999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	< 0	31	41.52	70.92	69.30	43.00	< 40

5.2 Soluciones implementadas en el caso 2

En la sección 4.4.2 se analizaron los resultados del caso No. 2, donde el parámetro que causa los errores en la transmisión y la inestabilidad de los enlaces es el ruido impulsivo. Se observó que en el par 6 se tiene la mayor cantidad de ruido impulsivo, 40dBm.

Cuando se tiene niveles altos de ruido impulsivo o influencia de energía eléctrica, primero se tiene que investigar cual es la posible fuente que los genera. Para este caso se hizo un recorrido de la ruta del cable, se constató que el cable no se encontraba cerca de alguna fuente que pudiera generar ruidos, como alguna planta industrial que utilizará motores eléctricos, o alguna estación con equipo de radio transmisión, además que se encontró que la mayor parte de la zona donde se ubica el cable es residencial. Muchas veces son instalados rótulos que son iluminados con lámparas de gas neón, el balastro o transformador que utilizan, generan interferencia que puede llegar a los cables. En este caso el ruido impulsivo está presente de forma aleatoria, los enlaces muestran errores de transmisión de igual forma. Estos rótulos encienden solo por las noches por lo tanto para este caso hay que descartar este tipo de fuentes.

También encontramos que en la mitad del recorrido, el cable multipar se encontraba cerca de una línea de transmisión de 69,000 voltios, es por eso notable la presencia de niveles de influencia de energía eléctrica un poco altos, que están alrededor de 60 dBnc. Los cables se encuentran a una distancia prudencial que permiten que los niveles de PI sean aceptables.

Continuando con los altos niveles de ruido impulsivo, durante el recorrido no se encontró alguna fuente notable que estuviera contribuyendo con este.

Sin embargo, los niveles de ruido nos indica la presencia de campos o interferencias al rededor del cable, posiblemente generadas por fuentes no cercanas al cable. Como se mencionó en la sección 3.5, existen muchas fuentes de ruido, como los mismos sistemas de comunicación, estos niveles de ruido se pueden minimizar con un adecuado blindaje de las líneas de comunicación, es decir una buena conexión a tierra en la pantalla del multipar.

Primero se comenzó por revisar la conexión de la pantalla del multipar en el nodo. Aparentemente la conexión era buena, pero como medida preventiva se cambiaron las terminales de conexión en ambos extremos, el lagarto de conexión y terminal del cable que conecta la barra de tierra. Luego se procedió a medir la resistencia de tierra, y se obtuvo un valor de 1.8 ohms, este valor cumple con la norma **ANSI/IEEE Std 81-1983**, que establece como una buena tierra un valor de 4 ohms máximo.

Entonces ahora que se sabe que el sistema de tierra al que esta conectado el multipar está en perfectas condiciones, fue necesario verificar en las dos mufas que tiene el cable, que existiera una buena continuidad de tierra, y fue así como efectivamente en la primera mufa (mufa más lejana al nodo) encontramos mala conexión en una de las pantallas de los dos cables que entran a la mufa. El accesorio de conexión o lagarto estaba flojo, bastó con apretarlo para conseguir una continuidad de tierra en la primera mufa. Luego se procedió a abrir la segunda mufa y encontramos que no existía continuidad de tierra, posiblemente esta mufa fue producto de la reparación a causa del reventón que tuvo el cable en un accidente, el metraje de los dos cables que ingresaban a la mufa tenían continuidad, también la segunda mufa estaba más cerca al nodo, esto hizo suponer que esta segunda mufa fue hecha en una reparación.

Con los procedimientos descritos se pudo dar continuidad a la tierra en la pantalla del multipar, en todo el recorrido del cable. Para verificar que las soluciones implementadas en este caso lograrían reducir los niveles de ruido impulsivo en la red, se tomo de nuevo una muestra de los parámetros medidos en la tabla XI.

Tabla XI. Mediciones caso 2 después de implementadas las soluciones.

Longitud del tramo: 1950 m. Calibre: 26 AWG
 Capacitancia nominal según longitud del tramo: 101 nF

Par	Aislamiento (MΩ)			Voltaje AC (volts)			Voltaje DC (volts)			Ruido Impulsivo (dBm)	Atenuación (dB)	Capacitancia (nF)			Diafonía	PI
	A-B	A-G	B-G	A-B	A-G	B-G	A-B	A-G	B-G			A-B	A-G	B-G		
1	> 999	> 999	> 999	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	51	109.41	151.00	151.10	35.00	56
2	> 999	> 999	> 999	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	< 0	49	102.33	152.11	152.34	34.00	54
3	> 999	> 999	> 999	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	< 0	51	102.67	151.24	152.04	36.00	52
4	900	> 999	950	0.10	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	9	53	101.00	153.64	153.25	37.00	52
5	> 999	> 999	> 999	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	< 0	49	100.00	152.38	151.40	36.00	46
6	> 999	> 999	> 999	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	54	101.26	152.54	152.87	37.00	58
7																
8	> 999	> 999	> 999	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	7	48	102.60	151.20	151.29	37.00	55
9	> 999	> 999	> 999	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	5	50	103.03	151.10	151.88	38.00	56
10	> 999	> 999	> 999	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	< 0	50	102.14	150.30	150.38	34.00	56
11																
12	> 999	> 999	> 999	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	< 0	51	102.09	151.08	151.02	35.00	49

En la tabla XI se muestra que efectivamente las soluciones lograron reducir los niveles de ruido impulsivo.

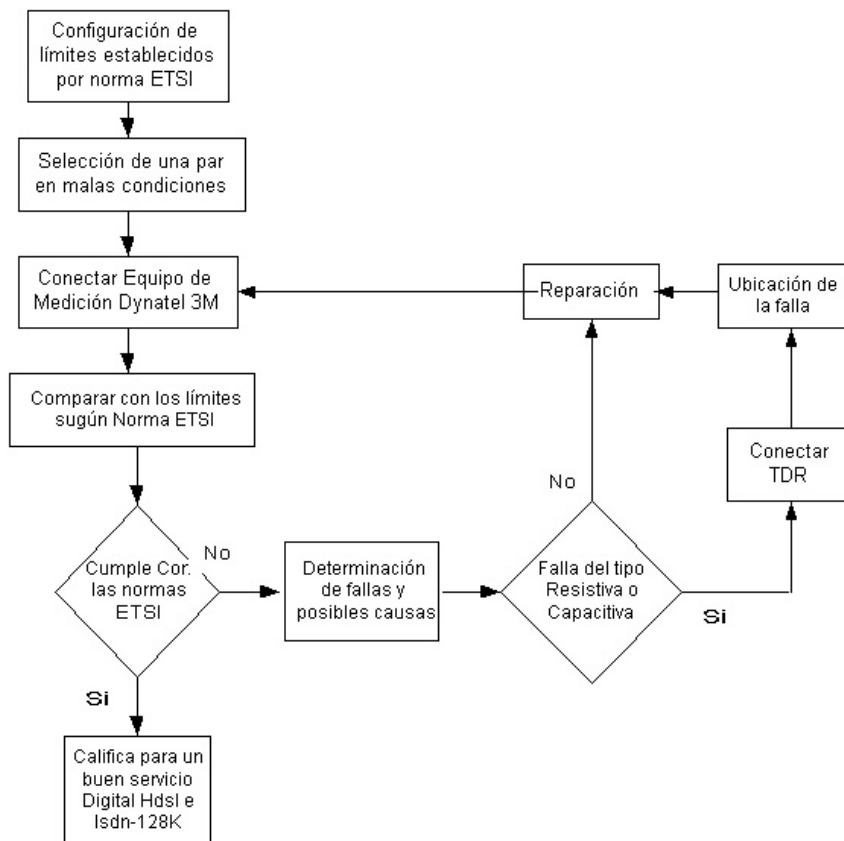
5.3 Discusión de resultados

Después de observar claramente los resultados obtenidos en la tabla X, se puede asegurar que los procedimientos descritos en la sección 5.1 cumplieron con los resultados esperados. El bajo aislamiento que afectaba la mayoría de los pares mejoró en todos.

Para el caso No. 2 , la tabla XI nos indica que los niveles de ruido impulsivo están todos por debajo del límite permitido, incluso, se puede observar que los niveles de PI bajaron un promedio de 5 dBnc. Ahora, que se está seguro de tener una buena conexión a tierra con la pantalla del multipar, podemos asegurar que los servicios Hdsl e Isdn-128K no se verán afectados por el ruido impulsivo o cualquier otro campo electromagnético alrededor del cable.

Para simplificar los pasos que se siguieron para conseguir la mejora de los parámetros eléctricos en la red, a continuación se muestra una figura.

Figura 32. Procedimiento para las mediciones



CONCLUSIONES

1. Hdsl es una tecnologías basadas en una red digital de servicios integrados, capaz de dar una conexión punto a punto de voz, vídeo y datos, a una velocidad de 2Mbps, utilizando técnicas de codificación digital, a través de dos pares de cobre. Sus aplicaciones más comunes son enlaces para plantas telefónicas, interconexión entre radio bases de telefonía celular y la central, interconexión de redes lan.
2. Isdn-128K es una tecnología que utiliza la misma codificación que Hdsl, capaz de enviar y recibir voz, vídeo y datos, a una velocidad de 128Kbps, fue creada principalmente para dar enlaces de Internet a pequeños usuarios que requieren un ancho de banda no mayor a 128Kbps, a veces es usado para enlaces punto a punto.
3. El desempeño de un servicio Hdsl e Isdn-128K depende principalmente de que los parámetros eléctricos(aislamiento, resistencia, capacitancia, voltaje inducido, atenuación, diafonía e influencia de energía eléctrica) cumplan con los requerimientos mínimos establecidos por la norma ETSI TS 101 135 V 1.4.1., en cada uno de los pares.

4. Las dos razones por la que el estado de los parámetros eléctricos no garantizaban un buen servicio a través de la red, a pesar de que era relativamente nueva, como se mencionó a un principio, son: primero, un mal diseño de red, como accesorios de sujeción, mufas y cajas terminales de distribución no adecuados; segundo, falta de mantenimiento preventivo, principalmente al sistema de tierra o blindaje del multipar.

5. Las soluciones y procedimientos planteados para mejorar los parámetros eléctricos pueden ser utilizados en cualquier red de cobre en donde la calidad de los servicios Hdsl e Isdn-128K es mala, ya que en los dos casos expuestos en capítulos anteriores, cumplieron con los resultados esperados, mejorando la calidad de servicios a través de la red.

6. Los equipos para el diagnóstico y calificación de pares de cobre, son una herramienta muy útil para garantizar un buen servicio a través de ellos, sin embargo, se requiere de un operador, que sea capaz de interpretar analizar los resultados para detectar exactamente cual es la falla y que pueda ser reparada.

7. Las redes de cobre siguen siendo un medio importante en las comunicaciones actuales, a pesar de su susceptibilidad al ruido y su limitado ancho de banda. Actualmente existe la comunicación a través de fibra óptica, la cual tiene un excelente desempeño para la comunicación entre centrales, redes de datos, etc, sin embargo, las redes de cobre no se han podido abandonar, debido a que son, generalmente usadas para dar enlaces menores a los 2 Mbps. Dar servicios con un ancho de banda pequeño (menor a 2 Mbps) a través de fibra óptica no es factible para las empresas operadoras, debido a que los costos de instalación y operación son mucho mayores que en comparación de las redes de cobre. Además de que se estaría desperdiciando la capacidad de la fibra debido al ancho de banda que es capaz de manejar (en la actualidad hasta 1.9 Tbps).

RECOMENDACIONES

1. Es importante que para un buen desempeño de los servicios digitales a través de una red de cobre, se empiece con un buen diseño de la red, estas redes deben tener una vida útil de por lo menos 20 años. Por eso es muy importante, al momento del diseño, tomar en cuenta: tipos de cable, herrajes de sujeción, accesorios de conexión, puntos de distribución.
2. Al momento de diseñar la red se debe tomar en cuenta la ruta del cable, para evitar tener líneas de transmisión de energía eléctrica muy cercanas o cualquier otro elemento que genere ruido, incluso evitar la ubicación de postes cerca de esquinas o cruces peligrosos, donde sean propensos a accidentes automovilísticos.
3. Un plan de mantenimiento preventivo reduciría la posibilidad de falla de los servicios a través de la red, es importante revisar el estado de los accesorios de conexión para verificar que no exista corrosión, que las mufas y puntos de distribución tengan un buen sello para evitar filtraciones de agua, medir el sistema de tierras, y muy importante, un recorrido periódico de la ruta del cable para revisar que no existan elementos que rocen el cable y con el tiempo pueda causar problemas.

4. Que los mantenimientos correctivos sean bien realizados para no dejar conexiones falsas o provisionales, muchas veces no se le da continuidad a la pantalla del multipar, quedando parte del cable sin la protección contra ruidos, entre otros.

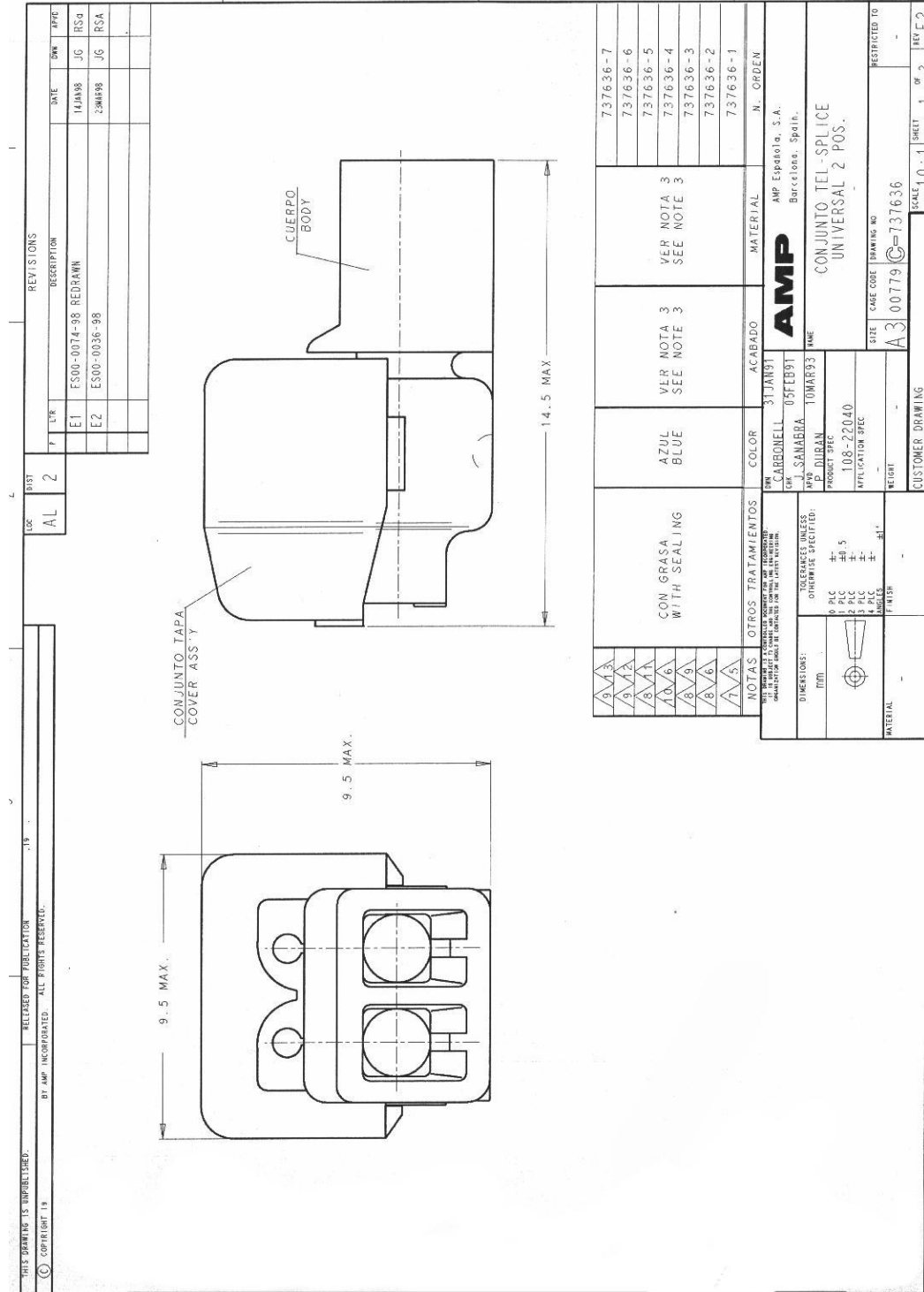
BIBLIOGRAFÍA

1. José M. Caballero. **Redes de banda ancha**. 1ª. ed. España: Ed. Marcombo, 1999. 256 pág.
2. Marta Guísela Villatoro Perdomo. **Estudio sobre la modernización y técnicas de diseño de redes de datos por conmutación de paquetes**. Usac 1990.
3. Juan Francisco Orellana Albizurez. **Redes de telecomunicaciones de transportes de banda ancha**. Ufm. 2000.
4. Goralski W. J. **Adsl and dsl technologies** 1ª. ed. New York: Ed. Mc Graw Hill, 1998. 289 pág.
5. Areitio Javier. **Red digital de servicios integrados: estructura, servicios, acceso y evolución futura**. Ael. No. 70. Enero 1997.
6. Areitio Javier. **Análisis en torno a la tecnología xdsl**. Conectronica. No. 97. Noviembre 1999.
7. Torben Holm Pedersen. **Impulse noise**. Working report No.1. Danish EPA. Julio 2001.
8. David Middleton, **statistical-physical models of electromagnetic interference**, IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol. "9, no.3, pp."06-"27, August "977.i

9. B. Vucetic **impulse noise and intersymbol interference in high speed data transmission over telephone channels**. Abril 2000.
10. GN Elmi España S.A. **la red digital de servicios integrados**.
Revista Española De Electrónica, Marzo 1994.
11. **Cominucation test solutions**. Wantel & Goltermann. Sde.
12. Tyco Electronics Inc. **Outside plant**. Noviembre 2001.
13. 3M Sistemas Dynatel. . **Planta externa, pruebas y localización de averías en cable telefónico**. Junio de 2001. 65 pág.
14. Frederick Emmons Terman. **Ingeniería electrónica y de radio**. 4ta. Edición. Arbo Editores, 1953. 1071 pág.
14. **RDSI**. Red De Servicios Integrados. www.cyberecursos.com mayo de 2001.
15. **Digital subscriber line (DSL)**. www.cisco.com 24 de abril 2001.
16. **Technical isdn information**. www.isdnzone.com
23 de abril de 2001.
17. Jim MacRae. **Copyng with noise**. Spirentcom.com Magazine. Octubre 2001.
18. Ing. Alejandro Bidondo. **Que es el crosstalk**. Octubre 2001.

ANEXOS

Figura 33. Conectores para cable multipar calibre 0.4 a 0.9 mm



Fuente: Tyco Electronics Inc. Outside plant.

Figura 34. Mufas aérea con puntos de distribución
 Fuente: Tyco Electronics Inc. Outside plant

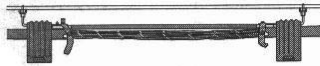
D Terminator 2 ICT/ICX/ICP

Integrated Closure Terminal

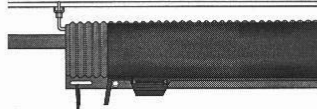
Product Information

- Raychem's unique IIDC (inverted insulation displacement connector) accommodates 18 - 24 AWG (1.02 - .51 mm) drop wires without requiring wire stripping or special tools.
- Factory-tested, field-proven systems provide reliable, sealed connections with intuitive, easy-to-install, craft-friendly modules.
- Raychem's patented GelGuard gel technology provides superior sealing performance in environmentally demanding terminal applications. This minimizes housing sealing requirements since the modules themselves provide complete terminal sealing.
- Gel-protected test ports in the top of each driver module facilitate fast, easy testing with standard test clips.
- Special circuit markers are available for easy identification of special lines.
- An audible click informs the craftsman when the driver is ready for wire insertion.
- A single bolt terminates each pair into a driver module through which the connection is visible.
- A single drop wire port further simplifies installation by eliminating the chance of placing the drop wire in the wrong port.
- UL Listed D Terminator 2 products are available in a wide range of pair counts. Protected and unprotected blocks of the same pair count are the same size, leaving plenty of room to store wirework in the compact housings.
- D Terminator 2 products are available in an upgradable design, allowing for protection to be added when needed, saving unnecessary cost.
- Additional blocks may be field installed in the terminal housing in the future. For example, the ICT could be purchased with a 5-pair block and two more 5-pair blocks could be added or the ICT could be purchased with a 10-pair and an additional 10-pair could be added.
- Extension kits are available for both the ICT-A and the ICT-B.
- Molded into the housing, side-entry grommets provide built-in strain relief and can accommodate multi-pair drop wire.
- D Terminator 2 products are compliant with Telcordia specification TR-NWT-000975 or TR-NWT-001305.

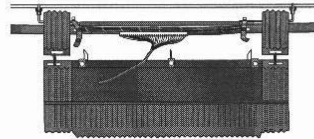
Installation Summary



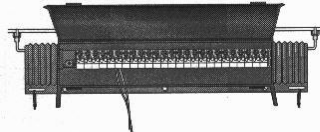
1. Install hanger bracket, bond cables, and place end-pieces.



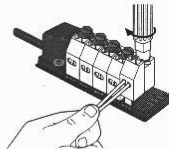
2. Place central body over end-pieces. Secure with wire wraps.



3. Roll central body back over cable to access wirework. Splice D Terminator 2 stub in to main cable per locally approved practice.



4. Roll central body back over splice. Close central body and tighten bolts. Secure bond assembly to strand. Release latches on D Terminator 2 block compartment and raise lid. Run drops per locally approved practices.



5. To install drop wire, back driver module until it clicks. Insert pair in wire entry port until it passes over the colored insert inside the module and stops. Hold conductors in place while tightening module until it bottoms out.

Ordering Information

DT2-ICT Integrated Closure Terminal
 DT2-ICX Integrated Closure Terminal
 Upgradable
 DT2-ICP Integrated Closure Terminal
 Protected

Block Pair Counts	ICT-A	ICT-B
Maximum splice bundle	5, 10, 12, 20, 25	5, 10, 12, 20, 25
Sheath opening*	3"	4"
Maximum cable configuration**	14 - 18"	14 - 18"
Main cable outside diameter range	2 in 2 out	2 in 2 out
Main cable pair range	.50 - 1.50"	.55 - 1.50"
Branch cable outside diameter range	25 - 300	50 - 600
Branch cable pair range	0 - .10"	0 - 1.50"
	0 - 100	0 - 300

* When using 2-bank splicing configuration, 18" sheath opening is necessary.

** 3 Way End-Pieces are available.

Raychem, D Terminator 2 and GelGuard are trademarks of Tyco Electronics Corporation.

Raychem

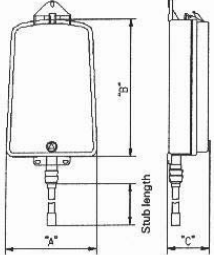
Telecom OSP Division
 8000 Purfoy Road
 Fuquay-Varina, NC 27526-9349
 Tel: 919 557-8900
 Fax: 919 557-8498
 www.tycoelectronics.com

Important: All information, including illustrations, is believed to be reliable. Users, however, should independently evaluate the suitability of each product for their application. Tyco Electronics Corporation makes no warranties as to the accuracy or completeness of the information, and disclaims any liability regarding its use. Tyco Electronics only obligations are those in the Tyco Electronics Standard Terms and Conditions of Sale for this product, and in no case will Tyco Electronics or its distributors be liable for any incidental, indirect, or consequential damages arising from the sale, resale, use, or misuse of the product. Specifications are subject to change without notice. In addition, Tyco Electronics reserves the right to make changes—without notification to Buyer—to processing or materials that do not affect compliance with any applicable specification.

Figura 35. Caja terminal externa

VX-TB

Dimensions



	"A"	"B"	"C"
10 P.	155	195	64
20 P.	180	269	64

Ordering information

Description	Number of pairs	Plug-in module configuration	Plug-in module test access type	Stub cable length (m)	Order number
VX-TB-11-P028	10 + talk pair	Continuity	Pins	2.8	278981-000
VX-TB-11-PG04-028	10 + talk pair	230 V GDT	Pins	2.8	839954-000
VX-TB-21-P028	20 + talk pair	Continuity	Pins	2.8	540531-000

For other configurations, please consult your local Tyco Electronics sales engineer.

Specifications

Contact characteristics

Dry wire connector

Gauge range: 0.4 to 1.2 mm diameter

Insulation diameter: 5 mm maximum diameter

Current conducting capacity: 20 A, 10 A per conductor for 10 minutes at least without causing deformation to the module*

Insulation resistance

Dry atmosphere: $>10^{12} \Omega$

Damp atmosphere (ASTM D618, procedure F): $>10^{12} \Omega$

Salt fog (ASTM B117): $>10^{10} \Omega$

Immersion in water (15 days in 3% NaCl solution): $>10^{10} \Omega$

Contact resistance

$R_{\text{material}} + R_{\text{bridge contacts}} + R_{\text{wire contacts}}$: $<10 \text{ m} \Omega$

Increase in contact resistance

After climatic tests: $<2.5 \text{ m} \Omega$

After 50 reinsertions: $<2.5 \text{ m} \Omega$

Dielectric strength: $>3,000 \text{ Vdc}$ for 1 minute

Mechanical characteristics

Base: Polycarbonate RAL 7035

Cover: Polycarbonate RAL 7035

Cover seal: Black neoprene

Heat-shrink tubing: Polyethylene with adhesive

Drop wire housing screw: Special passivated direct + lacquered Zamac alloy

Drop wire housing body: Transparent polycarbonate

Body: V0 glass-fiber reinforced polycarbonate

Insertion contacts: Tinned phosphor bronze

Ground contacts: Cu-Zn-Ni-Ag alloy

Continuity contacts: Tinned hard brass

Lower sealant: Polymeric resin

Upper cable sealant: Silicone fluid

Pair/drop wire bearing cover: Polycarbonate

Plug-in module body: V0 glass-fiber reinforced polycarbonate

Plug-in module sealant: Gel

"O" ring: EPDM

Grommets: EPDM

Cable / drop wire membrane: Thermoplastic rubber

* If $> 20 \text{ A}$ up to 30 A is required, this is possible using a different GDT.

Tyco and VX are trademarks of Tyco International.

The information given herein, including drawings, illustrations and schematics which are intended for illustration purposes only, is believed to be reliable. However, Tyco Electronics makes no warranties as to its accuracy or completeness and disclaims any liability in connection with its use. Tyco Electronics' obligations shall only be as set forth in Tyco Electronics' Standard Terms and Conditions of Sale for this product and in no case will Tyco Electronics be liable for any incidental, indirect or consequential damages arising out of the sale, resale, use or misuse of the product. Users of Tyco Electronics products should make their own evaluation to determine the suitability of each such product for the specific application.

Mondragon Telecommunications

Polígono industrial Mediterráneo
C/. la Fila, parcela 1
46550 Albuixech-Valencia, España
Tel.: 34-96-141 70 72
Fax: 34-96-141 74 15

Tyco Electronics Raychem NV

Telecom Outside Plant
Dietssesteenweg 692
3010 Kessel-Lo, Belgium
Tel.: 32-16 351 011
Fax: 32-16 351 697
www.tycoelectronics.com


Tyco Electronics Corporation

8000 Purfoy, Rd.
Fuquay-Varina, NC 27526, USA
Tel.: 1-919-557 8600
Fax: 1-919-557 8404

Fuente: Tyco Electronics Inc. **Outside plant**

Figura 36. Conectores internos de regletas de distribución

QDF



High Reliability

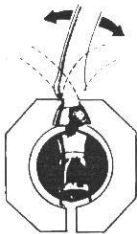
The split cylinder is extremely reliable. The stresses in a terminated split cylinder are distributed evenly throughout the contact, avoiding the likelihood of stress build-up and contact distortion which can occur with other designs.

Two-wire Capability

The split cylinder opens with both sides of the contact parallel and allows two wires of the same size to be terminated. Each of the two wires has equal contact with both sides of the cylinder, and each has a reliable, gas-tight connection.

Wide Range of Wires

The unique design of the split cylinder allows it to terminate a variety of wire sizes and insulation types. It will accept 0.40 mm to 0.64 mm (26 to 22 AWG) solid or stranded wire and 0.40 mm to 0.90 mm (26 to 19 AWG) solid wire. The contact will terminate hard PE wire insulations as well as the more common PVC insulation.



Built-in Strain Relief

The QDF-E and QDF-I magazines are designed to provide proper strain relief for the wire. Slots are provided for each wire in the vicinity of the contacts, and by gripping the wire insulation without cutting it, protection for the IDC connection is provided. This makes it less susceptible to the effects of shock and vibration. Additionally, the strain relief feature allows wires to be fanned out and held in place across the magazine before punching them down.

Safe Insulated Front Face

The plastic magazine surrounds each split cylinder contact, making installation and tracing of wires simpler. All the split cylinder contacts are recessed within the housing, providing an electrically "dead front" which virtually eliminates short circuits on the front face.

Specifications

Material: High-strength phosphor bronze
 Plating: Tin/lead

Tyco and QDF are trademarks of Tyco International.

The information given herein, including drawings, illustrations and schematics which are intended for illustration purposes only, is believed to be reliable. However, Tyco Electronics makes no warranties as to its accuracy or completeness and disclaims any liability in connection with its use. Tyco Electronics' obligations shall only be as set forth in Tyco Electronics' Standard Terms and Conditions of Sale for this product and in no case will Tyco Electronics be liable for any incidental, indirect or consequential damages arising out of the sale, resale, use or misuse of the product. Users of Tyco Electronics products should make their own evaluation to determine the suitability of each such product for the specific application.

Mondragon Telecommunications

Polígono industrial Mediterráneo
 C/. la Fila, parcela 1
 46550 Albuixech-Valencia, España
 Tel.: 34-96-141 70 72
 Fax: 34-96-141 74 15

Tyco Electronics Raychem NV
Telecom Outside Plant
 Diestsesteenweg 692
 3010 KesseLo, Belgium
 Tel.: 32-16 351 011
 Fax: 32-16 351 697
 www.tycoelectronics.com

Tyco Electronics Corporation
 8000 Purfoy, Rd.
 Fuquay-Varina, NC 27526, USA
 Tel.: 1-919-557 8800
 Fax: 1-919-557 8404

TC 621/M/DS/1 03/99

Fuente: Tyco Electronics Inc. **Outside plant**