



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.996.1

(02/2001)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Secciones digitales y sistemas digitales de línea – Redes
de acceso

**Procedimientos de prueba para transceptores
de líneas de abonado digitales**

Recomendación UIT-T G.996.1

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.980–G.989
Redes de acceso	G.990–G.999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.996.1

Procedimientos de prueba para transceptores de líneas de abonado digitales

Resumen

La presente Recomendación describe los procedimientos de prueba para las Recomendaciones del UIT-T relativas a la línea de abonado digital (DSL). Los procedimientos de prueba descritos incluyen los métodos para probar los transceptores de DSL en presencia de diafonía procedente de otros servicios, ingreso de radiofrecuencia, ruido impulsivo y señalización del servicio telefónico ordinario. Se especifican bucles de prueba y modelos de cableado interno para diferentes regiones del mundo que se han de utilizar durante la prueba de la calidad de funcionamiento de la línea de abonado digital. En otras Recomendaciones sobre DSL se hace referencia a esta Recomendación para los procedimientos y configuraciones de prueba. La presente Recomendación no especifica los requisitos de calidad de funcionamiento para estas otras Recomendaciones. Sólo especifica los procedimientos para medir los requisitos de calidad de funcionamiento para una determinada Recomendación.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.996.1, revisada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 9 de febrero de 2001.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2002

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

Página

1	Alcance	1
2	Referencias.....	1
3	Definiciones	1
4	Abreviaturas.....	2
5	Procedimientos de prueba y montaje de laboratorio	2
5.1	Funcionamiento de DSL con divisores.....	3
5.1.1	Montaje de laboratorio.....	3
5.1.2	Prueba de diafonía e ingreso de radiofrecuencia.....	6
5.1.3	Prueba de ruido impulsivo	9
5.1.4	Prueba de interferencia de POTS	9
5.2	Funcionamiento de DSL sin un divisor en la ATU-R.....	10
5.2.1	Montaje de laboratorio.....	10
5.2.2	Prueba de diafonía e ingreso de radiofrecuencia.....	13
5.2.3	Prueba de ruido impulsivo	13
5.2.4	Prueba de interferencia de POTS	13
5.3	Prueba de calidad de servicio de POTS.....	14
5.3.1	Circuitos telefónicos.....	14
5.3.2	Condiciones de prueba.....	15
5.3.3	Resumen del procedimiento de prueba.....	16
6	Bucles de prueba	16
6.1	Configuraciones de bucle local.....	16
6.1.1	Bucles de prueba de América del Norte	16
6.1.2	Bucles de prueba locales europeos.....	19
6.1.3	Bucles de prueba en un entorno de coexistencia con DSL de TCM-RDSI ...	25
6.2	Modelos de cableado interno	34
6.2.1	Modelo de cableado interno #1	34
6.2.2	Modelo de cableado interno #2: 4 conductores en serie, 24 AWG, hilo de estación sin pares.....	35
6.2.3	Modelo de cableado interno #3: Estrella – 152,4 m (500 pies), hilo de categoría 3 de 4 pares	36
6.2.4	Modelo de cableado interno para el entorno DSL de TCM-RDSI.....	37
7	Densidad espectral de potencia de perturbadores diafónicos	39
7.1	PSD de DSL simulada y NEXT inducida.....	39
7.2	PSD de HDSL simulada y NEXT inducida.....	40
7.3	PSD de línea T ₁ simulada y NEXT inducida	42

	Página
7.4 PSD hacia el destino simulada de señales G.992.1 y NEXT y FEXT inducidas.....	44
7.4.1 FEXT	44
7.4.2 NEXT.....	45
7.5 PSD hacia el origen simulada de señales G.992.1 y NEXT y FEXT inducidas	46
7.5.1 FEXT	47
7.5.2 NEXT.....	47
7.6 NEXT y FEXT simuladas de señales G.992.2 hacia el destino.....	48
7.6.1 FEXT	48
7.6.2 NEXT.....	49
7.7 NEXT y FEXT simuladas de señales G.992.2 hacia el origen	50
7.7.1 FEXT	50
7.7.2 NEXT.....	51
7.8 Diafonía ETSI A, ETSI B y Euro-K	52
7.9 Densidad espectral de potencia de perturbadores diafónicos en un entorno de coexistencia con DSL de TCM-RDSI	54
7.9.1 Tipo de perturbador diafónico.....	54
7.9.2 Parámetros de prueba de diafonía	55
7.9.3 PSD simulada de DSL de TCM-RDSI y NEXT y FEXT inducidas	57
7.9.4 PSD de HDSL simulada y NEXT inducida	60
7.9.5 PSD hacia el destino de ADSL simulada y NEXT y FEXT inducidas	61
7.9.6 PSD hacia el origen de ADSL simulada y NEXT y FEXT inducidas.....	65
8 Características de formas de onda de ruido impulsivo.....	67
9 Estructuras de modelos de teléfonos para probar sistemas DSL sin un divisor en la ATU-R	75
9.1 Modelo de teléfono descolgado #1.....	75
9.2 Modelo de teléfono descolgado #2.....	77
9.3 Modelo de teléfono colgado	77
Anexo A – Constantes primarias del cable con aislamiento de polietileno (PIC).....	81

Recomendación UIT-T G.996.1

Procedimientos de prueba para transceptores de líneas de abonado digitales

1 Alcance

La presente Recomendación describe los procedimientos de prueba para las Recomendaciones del UIT-T relativas a línea de abonado digital (DSL). Los procedimientos de prueba descritos en la presente Recomendación incluyen los métodos para probar transceptores DSL en presencia de diafonía producida por otros servicios, ingreso de radiofrecuencia, ruido impulsivo y señalización del servicio telefónico ordinario. Se especifican bucles de prueba y modelos de cableado interno para diferentes regiones del mundo que se han de utilizar durante la prueba de la calidad de funcionamiento de la línea de abonado digital. En otras Recomendaciones sobre DSL se hace referencia a esta Recomendación para los procedimientos y configuraciones de prueba. La presente Recomendación no especifica los requisitos de calidad de funcionamiento para estas otras Recomendaciones. Sólo especifica los procedimientos para medir los requisitos de calidad de funcionamiento para una determinada Recomendación.

En la Recomendación UIT-T G.995.1 figura una visión general de los transceptores de línea de abonado digital (DSL, *digital subscriber line*).

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- UIT-T G.992.1 (1999), *Transceptores de línea de abonado digital asimétrica*.
- UIT-T G.992.2 (1999), *Transceptores de línea de abonado digital asimétrica sin divisor*.

3 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

3.1 sentido hacia el destino: Sentido de la ATU-C a la ATU-R.

3.2 sentido hacia el origen: Sentido de la ATU-R a la ATU-C.

3.3 divisor: Un filtro que separa las señales de alta frecuencia (DSL) de las señales de banda vocal.

3.4 banda vocal: La banda de frecuencias de 0 a 4 kHz.

3.5 servicios en banda vocal: Servicio telefónico ordinario y todos los servicios de datos que utilizan la banda vocal.

4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

ADC	Convertidor de analógico a digital (<i>analogue-to-digital converter</i>)
ADSL	Línea de abonado digital asimétrica (<i>asymmetric digital subscriber line</i>)
ATU-C	Unidad de transceptor de ADSL, extremo de central (<i>ADSL transceiver unit, central office end</i>)
ATU-R	Unidad de transceptor de ADSL, extremo de terminal distante (<i>ADSL transceiver unit, remote terminal end</i>)
BER	Tasa de errores en los bits (<i>bit error rate</i>)
CO	Central local (<i>central office</i>)
DAC	Convertidor de digital a analógico (<i>digital-to-analogue converter</i>)
DMT	Multitono discreto (<i>discrete multitone</i>)
DSL	Línea de abonado digital (<i>digital subscriber line</i>)
ES	Segundos con error (<i>errored seconds</i>)
FEXT	Telediafonía (<i>far-end crosstalk</i>)
kbit/s	kilobits por segundo
NEXT	Paradiafonía (<i>near-end crosstalk</i>)
POTS	Servicio telefónico ordinario (<i>plain old telephone service</i>)
PSD	Densidad espectral de potencia (<i>power spectral density</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RF	Radiofrecuencia
RFI	Ingreso de radiofrecuencia (<i>radio frequency ingress</i>)
RMS	Valor cuadrático medio (<i>root mean square</i>)
RT	Terminal distante (<i>remote terminal</i>)
⊕	(Operador) O exclusivo; adición módulo 2
xDSL	Cualquiera de los diversos tipos de líneas de abonado digitales (DSL) (<i>any of the various types of digital subscriber lines</i>)
XT	Diafonía (<i>crosstalk</i>)
XTU-C	Unidad transceptora xDSL – Extremo central local (<i>xDSL transceiver unit – central office end</i>)
XTU-R	Unidad transceptora xDSL – Extremo terminal distante (<i>xDSL transceiver unit – remote terminal end</i>)

5 Procedimientos de prueba y montaje de laboratorio

Los métodos indicados en esta Recomendación prueban la calidad de transmisión de los sistemas DSL. Estos métodos de laboratorio evalúan la capacidad de un sistema para minimizar los errores de bit digitales causados por interferencia procedente de:

- acoplamiento diafónico con otros sistemas;
- ingreso de radiofrecuencia diferencial y en modo común
- ruido de fondo;
- ruido impulsivo;
- señalización POTS.

Estas posibles fuentes de degradación son simuladas en un montaje de laboratorio que comprende bucles de prueba, aparatos de prueba y equipo de inyección de interferencia, así como el propio sistema de prueba.

Las señales interferentes de diafonía y ruido impulsivo son simulaciones derivadas de una consideración de condiciones y mediciones de bucles reales. El procedimiento de prueba consiste en inyectar la interferencia en los bucles de prueba y medir el efecto en el funcionamiento del sistema mediante una prueba de errores en los bits ejecutada simultáneamente en los canales de información del sistema.

Para la diafonía, un nivel de potencia inicial, o de referencia, para la interferencia representa el caso más desfavorable previsto. Si la potencia de interferencia puede ser aumentada sin rebasar un umbral de error especificado, el sistema tiene un margen de funcionamiento positivo. El margen de funcionamiento, expresado en dB, es la diferencia entre el nivel de interferencia en el cual se alcanza el umbral de error, y el nivel de referencia (ó 0 dB).

En el caso de ruido impulsivo, se aplica un nivel de interferencia creciente de manera similar hasta alcanzar el umbral de error, y se calcula la calidad de funcionamiento estimada a partir de esta información. Como las características del ruido impulsivo de la instalación de bucles no son conocidas completamente, el método de estimación se basa en datos medidos en varios emplazamientos. El número estimado de impulsos que causan errores se compara con un criterio especificado de segundos con error (ES). El procedimiento de prueba hace determinaciones separadas de márgenes de diafonía y umbrales de error por ruido impulsivo, aunque durante las pruebas de ruido impulsivo se aplica una interferencia de fondo debida a la diafonía.

Para las mediciones de POTS se utilizan varias actividades de señalización y de aviso con teléfonos reales y líneas de CO, y también con interferencia de diafonía presente. Los aparatos de prueba de la BER comprueban los ES o un umbral de BER.

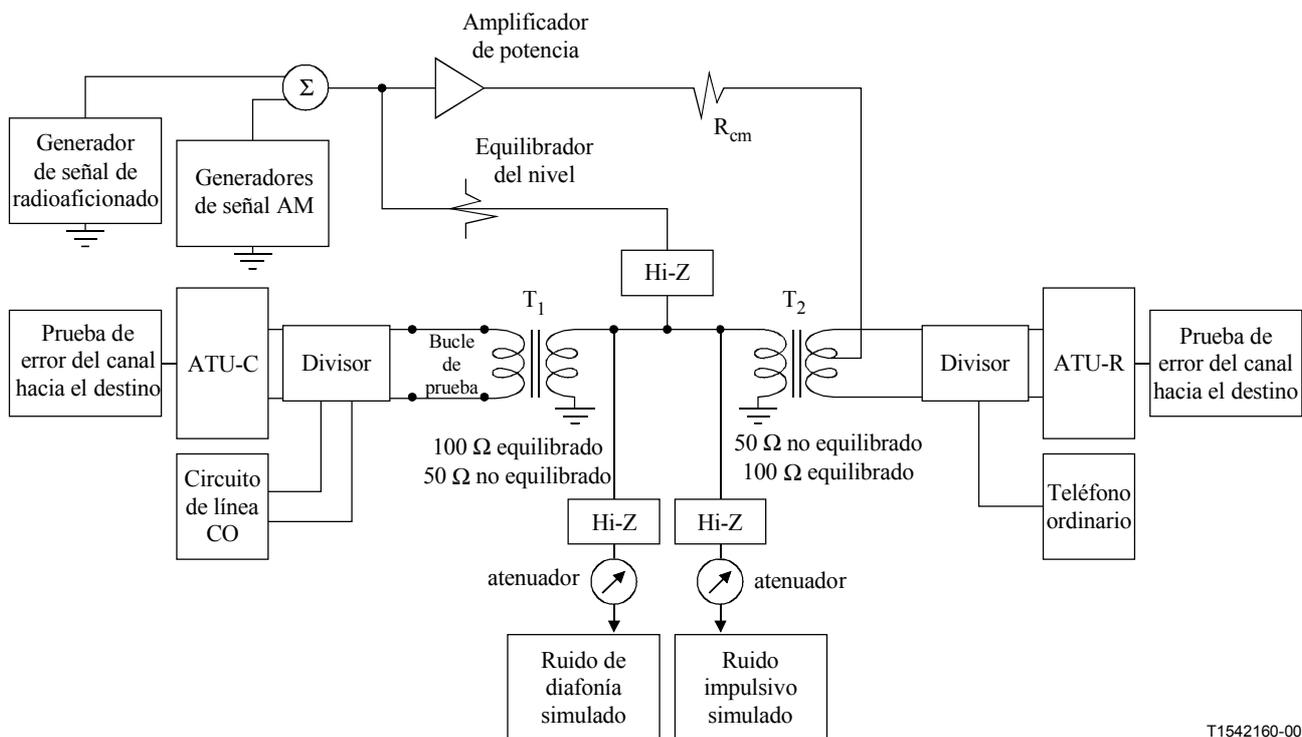
5.1 Funcionamiento de DSL con divisores

5.1.1 Montaje de laboratorio

La figura 1 muestra el montaje de prueba para medir los márgenes de calidad de funcionamiento para el canal hacia el destino en sistemas DSL con divisores. La figura 2 muestra el montaje de prueba para medir márgenes de calidad de funcionamiento para un canal hacia el origen en sistemas DSL con divisores. El montaje de prueba permite superponer señales diferenciales y en modo común en un enlace de trabajo para simular situaciones de ingreso. El sistema de prueba consiste en un transceptor de extremo central (ATU-C), un transceptor de extremo distante (ATU-R) y los divisores asociados. Los dos transceptores están conectados por el bucle de prueba. La diafonía, los impulsos y el ingreso de radiofrecuencia (RFI, *radiofrequency ingress*) son inyectados en la ATU-R para las pruebas hacia el destino y en la ATU-C para las pruebas del canal hacia el origen.

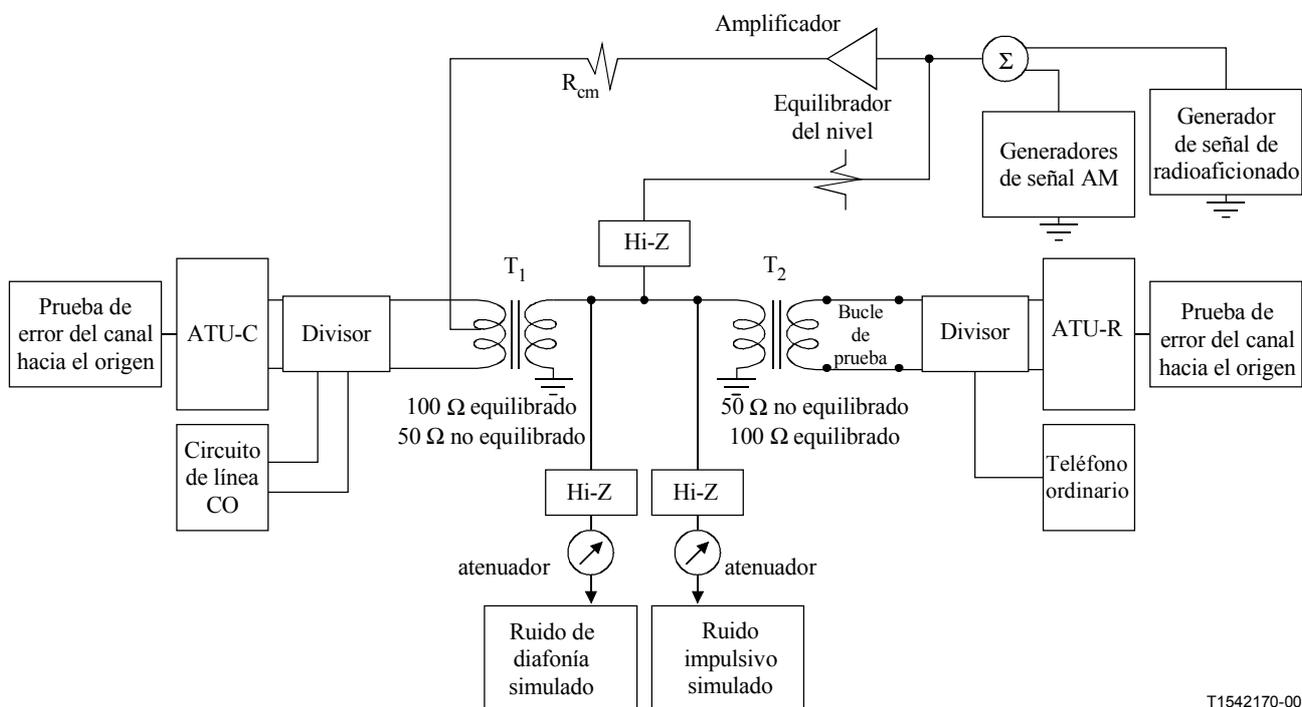
Para la prueba hacia el destino, como se muestra en la figura 1, los datos binarios pseudoaleatorios del transmisor del aparato de prueba de tasa de errores en los bits (BER, *bit error rate*) está presente a la entrada del canal hacia el destino de la ATU-C. La salida del canal hacia el destino de la ATU-R está conectada al receptor del mismo aparato de prueba BER o de uno similar. El aparato de prueba mide la BER o segundos con error (ES, *errored seconds*), según proceda. Se efectúa una prueba de errores similar en el sentido hacia el origen a la velocidad necesaria para el sistema sometido a prueba (véase la figura 2).

Se conecta un aparato telefónico al jack telefónico del divisor en el extremo ATU-R, y se conecta un circuito de línea telefónica al jack telefónico en el divisor en el extremo ATU-C.



T1542160-00

Figura 1/G.996.1 – Montaje de prueba en laboratorio para medir los márgenes de calidad de funcionamiento para el canal hacia el destino con divisores



T1542170-00

Figura 2/G.996.1 – Montaje de prueba en laboratorio para medir los márgenes de calidad de funcionamiento para el canal hacia el origen con divisores

El aparato de prueba es esencialmente transparente en ambos sentidos de transmisión entre los transformadores T_1 y T_2 , por lo que se puede establecer una conexión normal de trabajo en presencia o ausencia de ingreso.

T_1 es un transformador de tipo equilibrado/no equilibrado ("balun"). Esto minimiza los efectos de cualquier ingreso que pueda estar presente. Obsérvese, sin embargo, que no se compensarán las captaciones debidas a un dispositivo que no esté bien equilibrado, conectado a este puerto. La señal no equilibrada de 50 ohmios procedente de T_1 pasa a través de T_2 al módem receptor. Las señales de diafonía y de voz y la porción diferencial de la señal de ingreso se aplican a través de atenuadores de alta impedancia al enlace de 50 ohmios entre los transformadores. T_2 es un transformador balun de precisión por lo que no contribuye con un desequilibrio apreciable en el módem receptor. Todo desequilibrio en este puerto se deberá al propio módem.

La señal de ingreso en modo común se aplica por medio de un amplificador de potencia de característica lineal A_1 y el resistor R_{cm} a la toma central de T_2 . El amplificador A_1 deberá poder proporcionar el nivel de señal requerido, al mismo tiempo que mantiene los productos de intermodulación diferenciales que caigan dentro de banda a un nivel de ≤ 113 dBm en cualquier canal (esto equivale a -150 dBm/Hz a través de 4,3125 kHz). Suponiendo que el módem sometido a prueba tiene un equilibrio diferencial de 35 dB, para lograr que el componente diferencial resultante de la señal en modo común de 0 dBm se mantenga a un nivel de ≤ 113 dBm en cualquier canal es necesario que los productos de intermodulación en modo común en la toma central de T_2 tengan un nivel de -78 dBm. Para conseguir esto se puede filtrar la salida del amplificador.

R_{cm} se incluye con la finalidad de que la impedancia longitudinal diferencial del dispositivo sea debidamente modelada. Esto es necesario porque esta impedancia, junto con la impedancia de entrada en modo común del módem sometido a prueba, pueden influir en el resultado de la prueba. Se recomienda para R_{cm} un valor de 200 ohmios. Se supone aquí que la impedancia de salida del amplificador es insignificante; si no lo es, se puede modificar el circuito de manera conveniente. De forma similar, todo filtro insertado a la salida del amplificador debe ser suficientemente transparente en la banda de paso a través de la cual se mantiene esta impedancia.

No se requiere la alineación de fase entre la señal diferencial y la señal en modo común. Es posible que en algunos módems convenga una determinada alineación de fase. Efectuado pruebas con alineaciones de fase que difieran en 90 grados podría desaparecer esta ventaja. Sin embargo, esto duplicaría el tiempo necesario para la prueba. Al no especificar la alineación se ha tenido el propósito de que los módems sean diseñados para alineaciones de fase con todos los valores posibles, pues en la práctica no puede suponerse un determinado valor para la alineación.

Atributos que debe tener el equipo de prueba

- La impedancia de Thevenin de todos los circuitos de acoplamiento de ruido diferencial conectados al bucle de prueba será mayor que 4000 ohmios con respecto a un punto con una impedancia de 100 ohmios.
- Impedancia de la fuente en modo común = 200 ohmios.
- La atenuación introducida por el circuito compensador debe ser debidamente compensada en los trayectos de la señal y de la interferencia. Una pérdida minimizada en el trayecto de la señal sería conveniente pues esta pérdida uniforme habría que eliminarla de la pérdida del modelo de línea.
- El montaje de prueba debe tener un equilibrio mínimo de 60 dB. Esto es mejor en 20 dB que la razón especificada de modo común a diferencial que es de 40 dB.

El circuito de prueba no puede generar productos espurios excesivos que caigan dentro de la banda de la señal de prueba. La especificación de -113 dBm en una ventana de 4,3125 kHz corresponde a -150 dBm/Hz, y debe ser suficiente para no influir en las pruebas, pues su nivel es inferior en 10 dB al pedestal de ruido de fondo.

5.1.2 Prueba de diafonía e ingreso de radiofrecuencia

Se realizan pruebas de diafonía y de ingreso de radiofrecuencia (RFI) para evaluar la calidad de funcionamiento de los sistemas DSL en presencia de diafonía procedente de otros servicios en el bucle, y de ingreso de radiofrecuencia.

5.1.2.1 Inyección de diafonía y de RFI

La figura 3 muestra un método para inyectar un factor de degradación; como ejemplo, se utiliza la diafonía como factor de degradación.

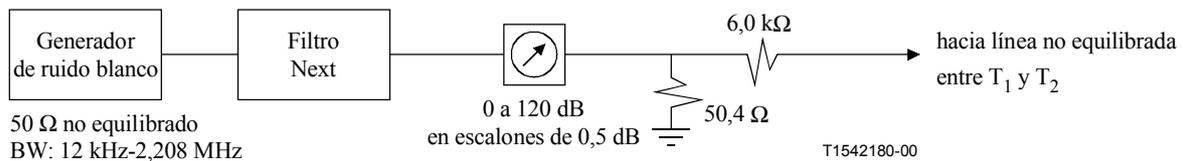


Figura 3/G.996.1 – Circuito de inyección de diafonía de alta impedancia

El método para calibrar los niveles de impedancia se muestra en figura 3a. Se han suprimido los módems y los bucles de prueba y en su lugar se han insertado cargas de 100 ohmios. Los factores de degradación diferenciales se ajustan hasta que se obtenga su valor a través de la carga de 100 ohmios insertada en lugar del receptor. Los niveles en modo común han sido leídos con un instrumento de 50 ohmios conectado en V_{cmOC} (obsérvese que, cuando se utiliza esta técnica, la definición de 0 dBm es 223,6 mV_{eff}). Esto no constituye una doble terminación, pues la impedancia de 100 ohmios a través de T_2 sólo crea una carga diferencial. Si esta medición se efectúa con un instrumento de alta impedancia, los niveles serían más altos de 12 dB.

Debe señalarse que los niveles que aparecen en el curso de la prueba real pueden apartarse del nivel de calibración pues las impedancias diferencial y en modo común pueden variar ampliamente con respecto a los 100 ohmios y 50 ohmios utilizados para la calibración.

El nivel real de los factores de degradación diferencial y en modo común con los módems presentes estará en función de las impedancias en modo común y diferencial de los módems y bucles de prueba.

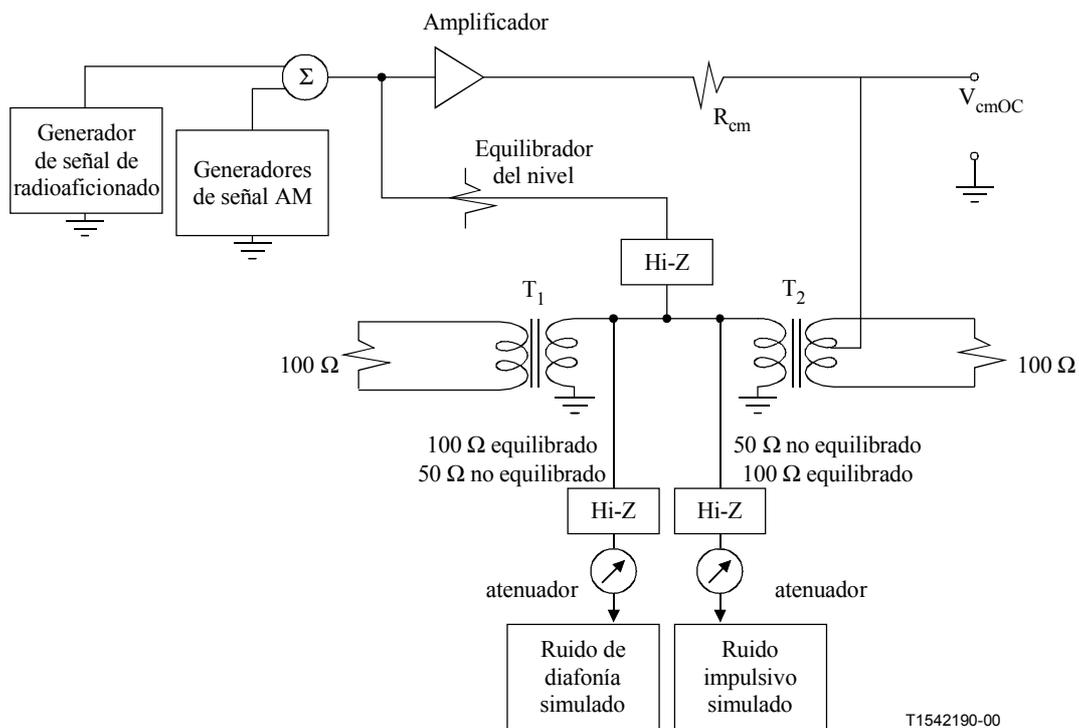


Figura 3a/G.996.1 – Circuito de calibración para factores de degradación

Prueba de diafonía

La XT simulada debe tener idealmente la densidad espectral de potencia definida por las ecuaciones para NEXT y FEXT en la cláusula 7 "Densidad espectral de potencia de perturbadores diafónicos". Sin embargo, se reconoce que si el método de generar la XT simulada es similar al mostrado en la figura 3, su precisión dependerá del diseño del filtro utilizado para conformar el ruido blanco. Por tanto, se puede definir una PSD de XT calculada para la cual se permite una tolerancia en f_0 de $\pm 2\%$ en cada nulo. La precisión de la XT simulada estará dentro de ± 1 dB de la XT calculada para todas las frecuencias en las cuales el valor calculado es menor que 45 dB por debajo del valor de cresta. La potencia total de la XT estará dentro de $\pm 0,5$ dB del valor especificado utilizando la misma terminación de calibración.

La PSD de XT será verificada utilizando la terminación de calibración mostrada en la figura 3 y un voltímetro selectivo o un medidor RMS verdadero con una anchura de banda de aproximadamente 3 kHz. Para la diafonía de DSL y HDSL, el circuito será calibrado para una diafonía de 1,3 dB por debajo de la especificada en la cláusula 7, para compensar la utilización de terminaciones a 100 ohmios en vez de 135 ohmios.

Se ha de tener cuidado al especificar el generador de ruido blanco de la figura 3; se han de considerar los siguientes factores:

- La distribución de probabilidad de la amplitud de cresta: El ruido será gaussiano dentro de todas las bandas de frecuencias.
- El factor de cresta: El factor de cresta es una indicación del número de desviaciones típicas de las cuales el ruido sigue una distribución gaussiana; el factor de cresta mínimo requerido es 5.
- El espectro de frecuencia: Si el ruido es generado utilizando métodos digitales, la velocidad de repetición de secuencia afectará la correlación de las muestras y, por ende, el espectro de frecuencia.
- La anchura de banda (BW) de ruido será de 12 kHz a 2,208 MHz, por lo menos.

5.1.2.1.1 Inyección de diafonía para el entorno TCM-RDSI

Para probar la calidad de transmisión de un sistema ADSL conforme al anexo C/G.992.1 y al anexo C/G.992.2 (ADSL que funciona en un entorno de coexistencia con DSL de TCM-RDSI), la PSD de NEXT de DSL de TCM-RDSI simulada calibrada y la PSD de FEXT de DSL de TCM-RDSI definidas en la cláusula 7 serán inyectadas alternativamente en modo ráfaga como se especifica en la figura 4, que es igual al esquema de transceptor de señales DSL de TCM-RDSI. El valor de x de la figura puede ser fijado durante la prueba de la calidad de transmisión.

El umbral de error especificado y el margen de calidad de funcionamiento mínimo se cumplirán para un valor arbitrario de x en la gama de $6 \leq x \leq 40$.

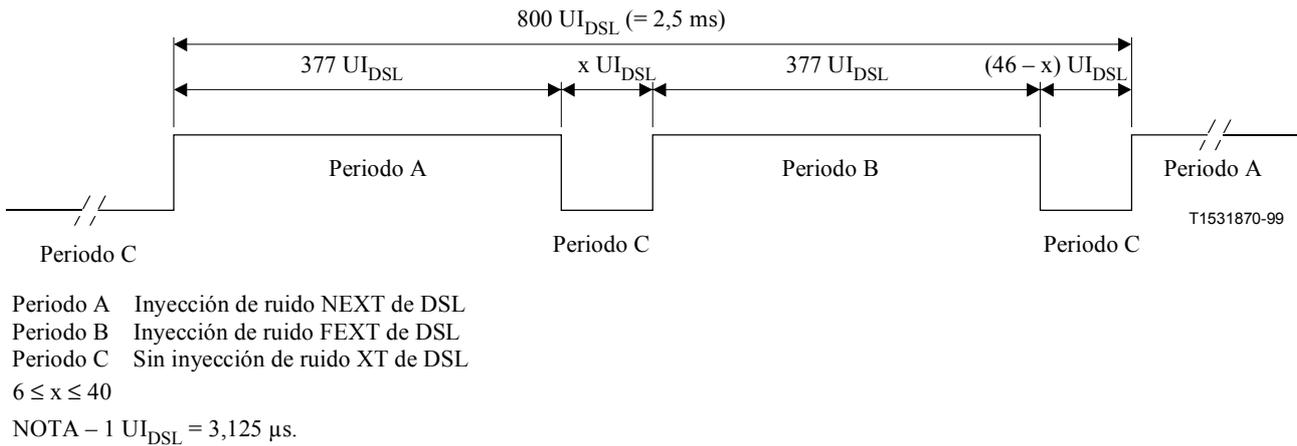


Figura 4/G.996.1 – Método de inyección de diafonía de DSL de TCM-RDSI

5.1.2.2 Método de prueba de la diafonía y el ingreso de radiofrecuencia

Antes de la prueba, las unidades DSL son acondicionadas con la interferencia debida a diafonía y al ingreso de radiofrecuencia (RFI) requerida presente. Se inyecta potencia de diafonía y de RFI simulada al nivel de referencia adecuado. Este nivel de potencia se considera como el nivel de margen de 0 dB para ese tipo y número de perturbadores. Por ejemplo, el nivel de margen de 0 dB para NEXT de DSL de 24 perturbadores es $-52,6$ dBm. Las mediciones del margen se efectúan cambiando, por pasos completos de dB, el nivel de potencia de la diafonía y RFI inyectada en el transceptor y supervisando la BER en los bucles de prueba. Un sistema probado tiene margen positivo para un tipo dado de diafonía y RFI en un bucle determinado si el sistema pudo funcionar con la BER especificada con potencia de diafonía inyectada superior al nivel de margen de 0 dB. Si la diafonía y RFI simulados se suman al ruido de fondo para obtener la interferencia simulada, el nivel de potencia del ruido de fondo se aumenta con el nivel de potencia de la interferencia diafónica y RFI durante la prueba del margen.

Obsérvese que para la prueba del RFI no se inyecta interferencia de radioaficionado durante el acondicionamiento. La interferencia de radioaficionado sólo se inyecta a nivel de plena potencia durante la prueba del margen.

Los criterios para determinar el nivel de margen incluirán una comprobación de que la unidad DSL puede ser acondicionada en el nivel de margen.

En el cuadro 1 se muestran los tiempos de prueba mínimos para determinar las BER con una confianza del 95%.

Cuadro 1/G.996.1 – Tiempo de prueba mínimo para la diafonía

Velocidad binaria	Tiempo de prueba mínimo
Por encima de 6 Mbit/s	100 s
1,544 Mbit/s a 6 Mbit/s	500 s
Por debajo de 1,544 Mbit/s	20 min

5.1.3 Prueba de ruido impulsivo

Se efectúa la prueba de ruido impulsivo para evaluar la calidad de funcionamiento de los sistemas DSL en presencia de ruido impulsivo.

5.1.3.1 Inyección de ruido impulsivo

Se emplea el mismo circuito de acoplamiento utilizado en 5.1.2.1 para la inyección del ruido impulsivo. El nivel de amplitud de los impulsos puede ser medido con un osciloscopio.

5.1.3.2 Método de prueba de ruido impulsivo

Antes de la prueba, las unidades DSL son acondicionadas con la interferencia debida a diafonía requerida. El procedimiento de prueba consiste en inyectar la forma de onda de impulsos seleccionada en niveles de amplitud que varían y fase aleatoria. En cada nivel, se aplica el impulso 15 veces con una separación de un segundo por lo menos mientras se efectúa una medición de errores en los canales DSL. Para cada forma de onda se determina la amplitud (u_e) en milivoltios en la cual la mitad de los impulsos producen un error.

Utilizando las determinaciones de amplitud anteriores, la siguiente ecuación proporciona la probabilidad estimada de errores en un segundo:

$$E = 0,0037 P(u > u_{e1}) + 0,0208 P(u > u_{e2})$$

donde:

$$P(u > u_e) = \frac{25}{u_e^2}, \text{ para } 5 \text{ mV} = u_e = 40 \text{ mV}$$

$$P(u > u_e) = \frac{0.625}{u_e}, \text{ para } u_e > 40 \text{ mV}$$

u_{e1} hace referencia a la forma de onda 1

u_{e2} hace referencia a la forma de onda 2

La probabilidad resultante del valor de segundos con error (ES) será inferior a 0,14%.

5.1.4 Prueba de interferencia de POTS

Se realiza la prueba de interferencia de POTS para evaluar la calidad de funcionamiento de los sistemas DSL en presencia de la señalización de POTS.

5.1.4.1 Inyección de interferencia de POTS

La interferencia debida al POTS en la misma línea es generada mediante el uso de teléfonos reales y circuitos de central local conectados normalmente al sistema sometido a prueba. Se realizarán las siguientes actividades de señalización y aviso de POTS:

- llamar al teléfono en la ATU-R y permitir que el timbre suene 25 veces;
- descolgar el teléfono que suena en la ATU-R 25 veces;

- realizar la actividad de descolgar y colgar el teléfono en la ATU-R, 25 veces;
- efectuar la marcación por impulsos y por tono.

5.1.4.2 Método de prueba de interferencia de POTS

Antes de la prueba, las unidades DSL serán acondicionadas con la interferencia debida a diafonía requerida. Se crean perturbaciones de señalización utilizando la línea CO conectada al divisor en la ATU-C y el aparato telefónico conectado al jack telefónico del divisor en la ATU-R. Durante estas acciones, los canales DSL serán supervisados a la vez que se observa cualesquiera condiciones de prueba que originan segundos con error.

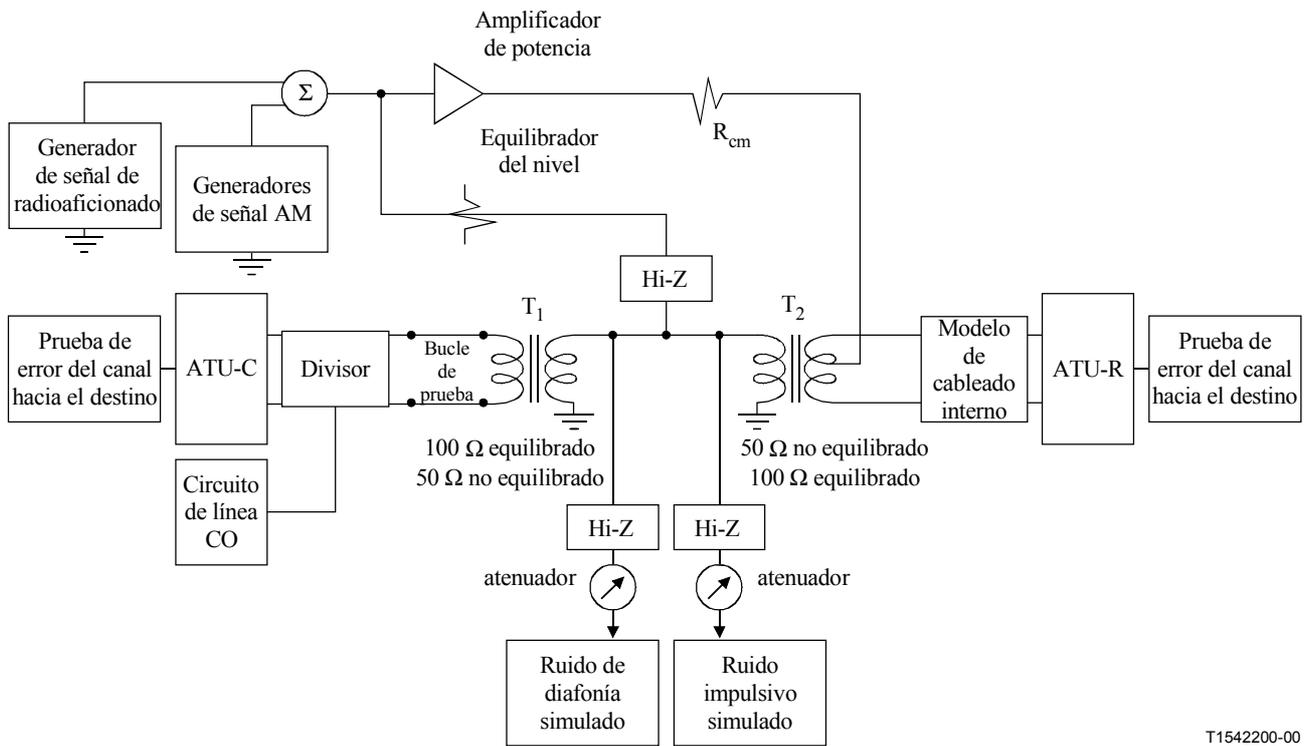
5.2 Funcionamiento de DSL sin un divisor en la ATU-R

5.2.1 Montaje de laboratorio

La figura 5 muestra el montaje de prueba para medir los márgenes de calidad de funcionamiento para el canal hacia el destino en sistema DSL sin un divisor en la ATU-R. La figura 6 muestra el montaje de prueba para medir los márgenes de calidad de funcionamiento para el canal hacia el origen en sistema DSL sin un divisor en la ATU-R. El montaje de prueba permite superponer señales diferenciales y en modo común, en un enlace de trabajo, para simular situaciones de ingreso. El sistema de prueba consiste en un transceptor de central (ATU-C), un transceptor de extremo distante (ATU-R) y el divisor en la ATU-C. Los dos transceptores están conectados por el bucle de prueba y el modelo de cableado interno. La diafonía, el ruido impulsivo y el RFI son inyectados en la ATU-R para pruebas hacia el destino y en la ATU-C para las pruebas del canal hacia el origen.

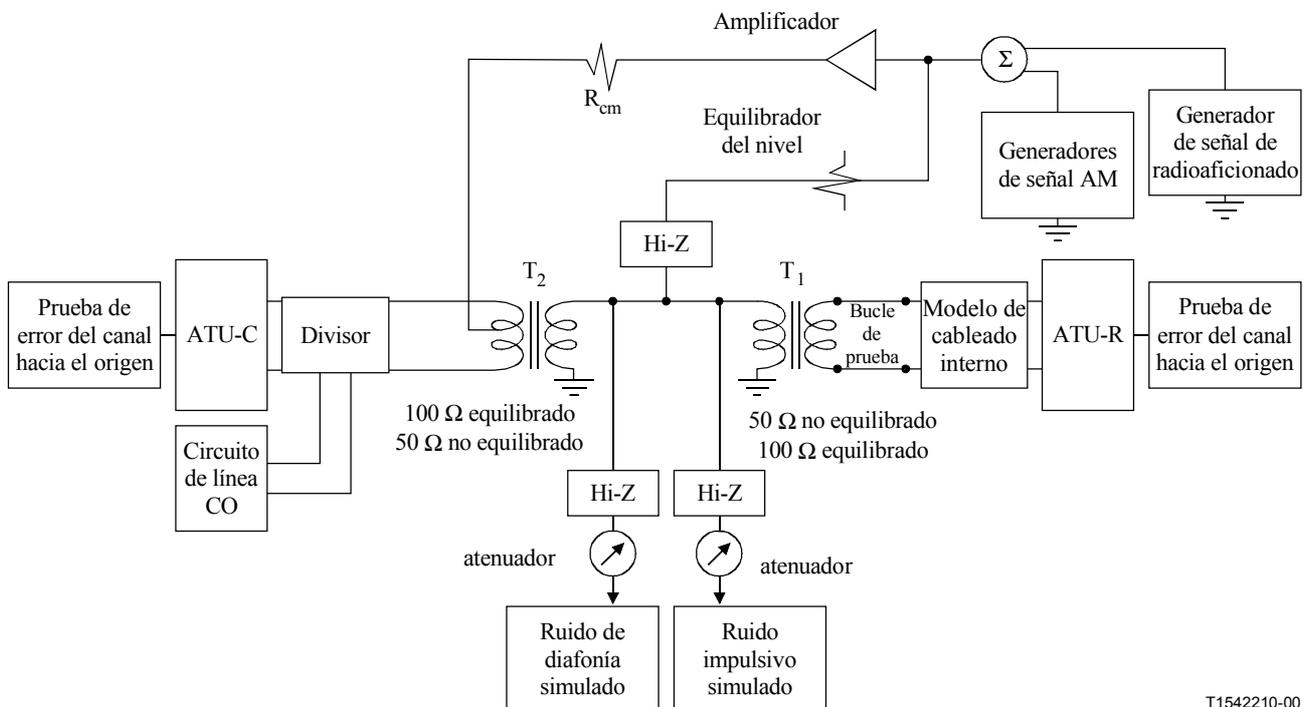
Para la prueba hacia el destino, los datos binarios pseudoaleatorios del transmisor del aparato de prueba de la BER están presentes a la entrada del canal hacia el destino de la ATU-C. La salida del canal hacia el destino de la ATU-R está conectada al receptor del mismo aparato de prueba de BER o uno similar. El aparato de prueba mide la BER o los segundos sin error (ES), según proceda. Se efectúa una prueba de errores similar en el sentido hacia el origen a las velocidades necesarias para el sistema sometido a prueba.

Se conecta un circuito de línea telefónica al jack telefónico en el divisor en el extremo ATU-C. En el extremo ATU-R se pueden añadir teléfonos en diversos lugares en el modelo de cableado interno.



T1542200-00

Figura 5/G.996.1 – Montaje de prueba de laboratorio para medir los márgenes de calidad de funcionamiento para el canal hacia el destino sin un divisor en la ATU-R



T1542210-00

Figura 6/G.996.1 – Montaje de prueba de laboratorio para medir los márgenes de calidad de funcionamiento para el canal hacia el origen sin un divisor en la ATU-R

El aparato de prueba es esencialmente transparente en ambos sentidos de transmisión entre los transformadores T_1 y T_2 , por lo que se puede establecer una conexión normal de trabajo en presencia o ausencia de ingreso.

T_1 es un transformador de tipo equilibrado/no equilibrado. Esto minimiza los efectos de cualquier ingreso que pueda estar presente. Obsérvese, sin embargo, que no se compensarán las tomas debidas a un dispositivo pobremente equilibrado conectado a este puerto. La señal no equilibrada de 50 ohmios procedente de T_1 pasa a través de T_2 al módem receptor. Las señales de diafonía y de voz y la porción diferencial de la señal de ingreso se aplican a través de atenuadores de alta impedancia al enlace de 50 ohmios entre los transformadores. T_2 es un transformador balun de precisión, por lo que no contribuye con un desequilibrio apreciable en el módem receptor. Todo desequilibrio en este puerto se deberá al propio módem.

La señal de ingreso en modo común se aplica por medio de un amplificador de potencia de característica lineal A_1 y el resistor R_{cm} a la toma central de T_2 . Al amplificador A_1 deberá poder proporcionar el nivel de señal requerido, al mismo tiempo que mantiene todo producto de intermodulación diferencial que caiga dentro de banda a un nivel de ≤ 113 dBm en cualquier canal (esto equivale a -150 dBm/Hz a través de 4,3125 kHz). Suponiendo que el módem sometido a prueba tiene un equilibrio diferencial de 35 dB, para lograr que el componente diferencial resultante de la señal en modo común de 0 dBm se mantenga a un nivel de ≤ 113 dBm en cualquier canal es necesario que los productos de intermodulación en modo común en la toma central de T_2 tengan un nivel de -78 dBm. Para conseguir esto se puede filtrar la salida del amplificador.

R_{cm} se incluye con la finalidad de que la impedancia longitudinal diferencial del dispositivo sea debidamente modelada. Esto es necesario porque esta impedancia, junto con la impedancia de entrada en modo común del módem sometido a prueba, pueden influir en el resultado de la prueba. Se recomienda para R_{cm} un valor de 200 ohmios. Se supone aquí que la impedancia de salida del amplificador es insignificante; si no lo es, se puede modificar el circuito de manera conveniente. De manera similar, todo filtro insertado a la salida del amplificador debe ser suficientemente transparente en la banda de paso a través de la cual se mantiene esta impedancia.

No se requiere la alineación de fase entre las señales diferenciales y las señales en modo común. Es posible que en algunos módems convenga una determinada alineación de fase. Efectuado pruebas con alineaciones de fase que difieran en 90 grados podría desaparecer esta ventaja. Sin embargo, esto duplicaría el tiempo necesario para la prueba. Al no especificar el valor de alineación se ha tenido el propósito de que los módems sean diseñados para todos los valores posibles de alineación, pues en la práctica no puede suponerse un determinado valor de alineación.

Atributos que debe tener el equipo de prueba

- La impedancia de Thevenin de todos los circuitos de acoplamiento de ruido diferencial conectados al bucle de prueba será mayor que 4000 ohmios con respecto a un punto con una impedancia de 100 ohmios.
- Impedancia de la fuente en el modo común = 200 ohmios
- La atenuación introducida por el circuito compensador debe ser debidamente compensada en los trayectos de la señal y de la interferencia. Una pérdida minimizada en el trayecto de la señal sería conveniente pues esta pérdida uniforme habría que eliminarla de la pérdida del modelo de línea.
- El montaje de prueba debe tener un equilibrio mínimo de 60 dB. Esto es mejor en 20 dB que la razón especificada de modo común a diferencial que es de 40 dB.

El circuito de prueba no puede generar productos espurios excesivos que caigan dentro de la banda de la señal de prueba. La especificación de -113 dBm en una ventana de 4,3125 kHz corresponde a -150 dBm/Hz, y debe ser suficiente para no influir en las pruebas, pues su nivel es inferior en 10 dB al pedestal de ruido de fondo.

5.2.2 Prueba de diafonía e ingreso de radiofrecuencia

Se realiza la prueba de diafonía y RFI para evaluar la calidad de funcionamiento de los sistemas DSL en presencia de diafonía e ingreso de radiofrecuencia procedentes de otros servicios en el bucle.

5.2.2.1 Inyección de diafonía y de RFI

Se introduce diafonía simulada, XT (NEXT y/o FEXT) y RFI en el bucle como se describe en 5.1.2.1.

5.2.2.1.1 Inyección de diafonía para el entorno TCM-RDSI

Para probar la calidad de transmisión de un sistema ADSL conforme al anexo C/G.992.2 (ADSL que funciona en un entorno donde coexiste con DSL de TCM-RDSI), se inyectarán en el bucle de prueba la PSD de NEXT de DSL de TCM-RDSI y la PSD de FEXT de DSL de TCM-RDSI definidas en la cláusula 7, como se describe en 5.1.2.1.1.

5.2.2.2 Método de prueba de la diafonía

La prueba de la diafonía se realizará como se describe en 5.1.2.2.

5.2.3 Prueba de ruido impulsivo

Se efectúa la prueba de ruido impulsivo para evaluar la calidad de funcionamiento de los sistemas DSL en presencia de ruido impulsivo.

5.2.3.1 Inyección de ruido impulsivo

Se utiliza el mismo circuito de acoplamiento indicado en 5.1.2.1 para la inyección de ruido impulsivo. El nivel de amplitud de los impulsos puede ser medido con un osciloscopio.

5.2.3.2 Método de prueba de ruido impulsivo

La prueba de ruido impulsivo se efectuará como se describe en 5.1.3.2.

5.2.4 Prueba de interferencia de POTS

Se efectúa la prueba de interferencia de POTS para evaluar la calidad de funcionamiento de los sistemas DSL en presencia de señalización de POTS.

5.2.4.1 Inyección de interferencia de POTS

La interferencia debida al POTS en la misma línea es generada utilizando una estructura de modelo de teléfono y circuitos de central local conectados normalmente al sistema sometido a prueba. La estructura del teléfono se describe en la cláusula 9 y debe estar conectado a los puntos apropiados del modelo de cableado interno (véase 6.2). Se realizarán las siguientes actividades de señalización y aviso de POTS:

- llamar a teléfonos en la ATU-R y permitir que el timbre suene 25 veces;
- descolgar el teléfono que suena "A" (véase la figura 12) y mantenerlo descolgado;
- colgar el teléfono "A".

Repetir los pasos anteriores 25 veces.

5.2.4.2 Prueba de POTS sin un divisor en la ATU-R

Antes de la prueba, las unidades DSL son acondicionadas con la interferencia debida a diafonía requerida. Se crean perturbaciones de señalización utilizando la línea de CO conectada al divisor en la ATU-C, y la estructura de modelo de teléfono conectada a los jacks de teléfono en el modelo de cableado interno (véase 6.2). Durante las actividades de señalización descritas en 5.1.4.1 el sistema se prueba midiendo:

- el tiempo requerido para lograr una transmisión sin errores después que se ha producido un evento de señalización (medir el tiempo de reacondicionamiento rápido);
- las velocidades de datos en los estados colgado y descolgado.

Obsérvese que en la primera transición de colgado a descolgado, el tiempo de reacondicionamiento será mucho más largo porque se requiere una inicialización completa para generar el perfil de descolgado que concuerda con el teléfono "A". En las siguientes transiciones de colgado a descolgado se debe utilizar un reacondicionamiento rápido y el perfil almacenado para el teléfono "A".

5.3 Prueba de calidad de servicio de POTS

5.3.1 Circuitos telefónicos

La figura 7 muestra un diagrama de bloques simplificado de un teléfono típico, y el sentido del flujo de señales se indica mediante flechas en las conexiones entre los bloques. El flujo de señales en el lado izquierdo del híbrido a 2 hilos/4 hilos es generalmente bidireccional, y la distorsión no lineal generada en esta zona puede producir componentes armónicos y de intermodulación reflejados que aparecen a través de los hilos tron y ron. El flujo de señalización en el lado derecho del híbrido es generalmente unidireccional. La distorsión no lineal de señales DSL en el excitador del altavoz puede resultar en energía audible en el altavoz, pero en general no resultará en energía vista en el bucle local. Naturalmente, la interfaz del micrófono no está expuesta a la energía de DSL en primer lugar, de modo que la distorsión lineal en este caso no es un problema.

Dentro de la interfaz de línea bidireccional, la mayor parte de los componentes están en el lado del conmutador de gancho, lejos de los hilos tron y ron. Esto incluye la vasta mayoría de fuentes de distorsión no lineal, que están aisladas del bucle cuando el teléfono está colgado.

Criterios de medición

Al evaluar la interferencia entre canales DSL y POTS para una tecnología de DSL sin divisor, se han de incorporar los siguientes criterios:

- La configuración primaria para la medición de la interferencia de canal será con uno o más dispositivos telefónicos en la condición descolgados. La mayor parte de los circuitos de un teléfono típico (incluidos, en casi todos los casos, los componentes que producen distorsión no lineal de una señal DSL) están colocados en el lado teléfono del conmutador de gancho, y aislados de las señales DSL cuando el teléfono está colgado (véase la figura 7). Aunque la medición de la energía en la banda de POTS durante la condición de colgado es un parámetro apropiado para los sistemas DSL sin divisor y tradicional, no es suficiente por sí misma para evaluar los sistemas sin divisor; de hecho, es considerablemente menos significativa que las mediciones efectuadas con teléfonos descolgados.
- Las mediciones de interferencia deben incluir la salida de presión acústica en el altavoz del teléfono. No es suficiente medir los componentes no lineales y de intermodulación generados a través de los hilos tron y ron, pues algunas o todas las distorsiones pueden producirse en el lado a cuatro hilos del híbrido del teléfono, originando ruido audible en el altavoz, incluso en ausencia de energía de la banda de audio en la línea. La medición directa de la potencia eléctrica en los terminales del altavoz puede no ser suficiente debido a las características de conversión variable de éste. Para los módems de POTS y dispositivos

facsimilar, otras mediciones relacionadas con la degradación de la calidad de funcionamiento sustituirían a la medición de la presión acústica.

- Las mediciones de interferencia deben incluir también componentes generados a través de los hilos tron y ron. El contenido excesivo de armónicos en la línea puede reducir la calidad de funcionamiento reducida e incluso originar fallos de conexión en el sentido hacia el destino en bucles más largos.
- Hay una amplia gama de dispositivos telefónicos que deben ser acomodados por cualquier solución de DSL sin divisor. Los resultados de las pruebas basadas en un muestreo reducido de dispositivos no reflejará exactamente la calidad de funcionamiento en servicio. Los resultados de pruebas presentados deben incluir los tipos y números de dispositivos utilizados, para proporcionar cierta indicación de cómo la base de datos puede ser representativa.

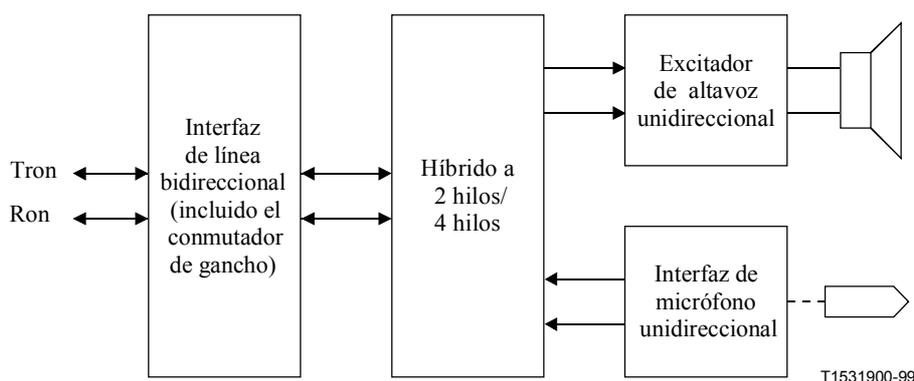


Figura 7/G.996.1 – Flujo típico de señales telefónicas

5.3.2 Condiciones de prueba

La configuración utilizada para probar la interferencia en los transceptores DSL con teléfonos descolgados se muestra en la figura 8. Un teléfono de control (con el micrófono desconectado) se encamina a través de un simulador de red POTS para proporcionar las funciones de conmutación y señalización para la conexión de POTS. El simulador de red POTS será capaz de introducir ruido eléctrico de banda de la red telefónica general conmutada (RTGC) que está disponible corrientemente en simuladores diseñados para probar módems de marcación conformes a UIT-T V.56 bis. El otro lado del simulador de red POTS se encamina a través de un divisor de POTS de central para aislar el canal DSL del simulador de red POTS. El puerto combinado DSL/POTS del divisor de POTS de CO se encamina a través de un simulador de bucle local de banda ancha al teléfono local y al transceptor local (ATU-R). El transceptor de central local (ATU-C) se conecta al puerto apropiado en el divisor de POTS de CO. Se acopla acústicamente un micrófono de condensador al aparato telefónico colocándolo aproximadamente 1 mm separado y alineado con el eje central del altavoz del aparato telefónico. El espacio entre el micrófono y el altavoz no es sellado. El micrófono y el aparato telefónico se colocan en un entorno aislado para minimizar el ruido ambiente. Los niveles acústicos del altavoz del teléfono se miden utilizando un medidor de nivel acústico, con ponderación B según CEI 651 y tiempo de respuesta lento. La referencia de potencia acústica de 0 dB es 20 μ Pa.

Se utiliza un analizador de señales para ver las características de la señal directamente a través de los hilos tron y ron utilizando una sonda de alta impedancia diferencial. Este analizador se usa para fijar y verificar niveles de señales del transmisor DSL y verificar las condiciones de prueba.

Para cada prueba, se establece una conexión POTS y se graba la salida sonora del altavoz de teléfono sin una señal DSL presente para establecer un nivel de control. Algunas Recomendaciones especifican o permiten la utilización de un filtro en serie con el teléfono local (por ejemplo, divisor de POTS en los locales del cliente, filtro en línea, etc.). La posición de este filtro facultativo se muestra en la figura 8 en una casilla de trazo interrumpido.

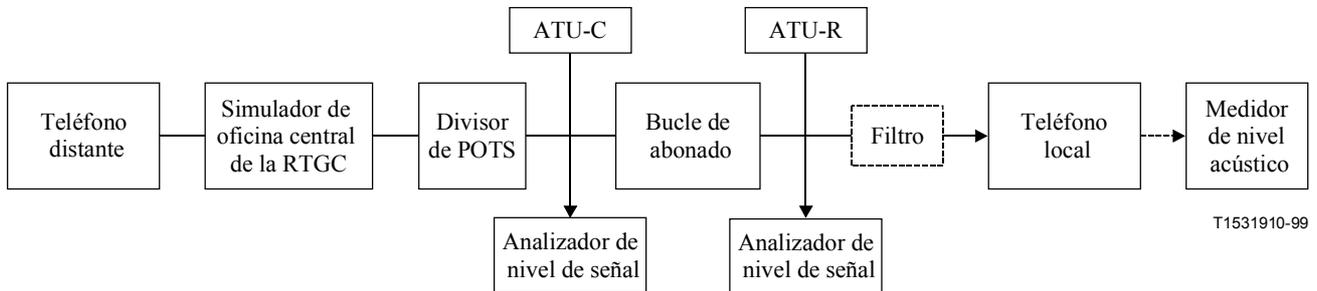


Figura 8/G.996.1 – Configuración de prueba

5.3.3 Resumen del procedimiento de prueba

- 1) Los transmisores de ATU-C/ATU-R están desactivados. El ruido del simulador de la RTGC está desconectado. El teléfono distante está silencioso. La longitud del bucle es cero.
- 2) Se establece una conexión de RTGC entre el teléfono distante y el teléfono local.
- 3) Se mide la energía acústica del altavoz del teléfono local para referencia: **SP1** (esto establece el nivel mínimo de ruido acústico medido en el teléfono local).
- 4) Se activa el ruido de RTGC en el nivel de dBrn de servicio aceptable para el requisito de servicio de la RTGC.
- 5) Se mide la energía acústica del altavoz del teléfono local: **SP2** (SP2 es el equivalente acústico del ruido del servicio de la RTGC aceptable en este teléfono).
- 6) Se desactiva el ruido del simulador de la RTGC. Se activan los transmisores de ATU-C/ATU-R en sus niveles de transmisión prescritos.
- 7) Se mide la energía acústica del altavoz del teléfono local: **SP3**. El resultado de la prueba es la diferencia entre SP2 y SP3 en dB. Si el resultado de la prueba es positivo, es decir, $SP3 < SP2$, el equipo DSL no introduce ruido de audio superior al autorizado por el servicio de la RTGC para el teléfono local utilizado.

Variaciones de la prueba

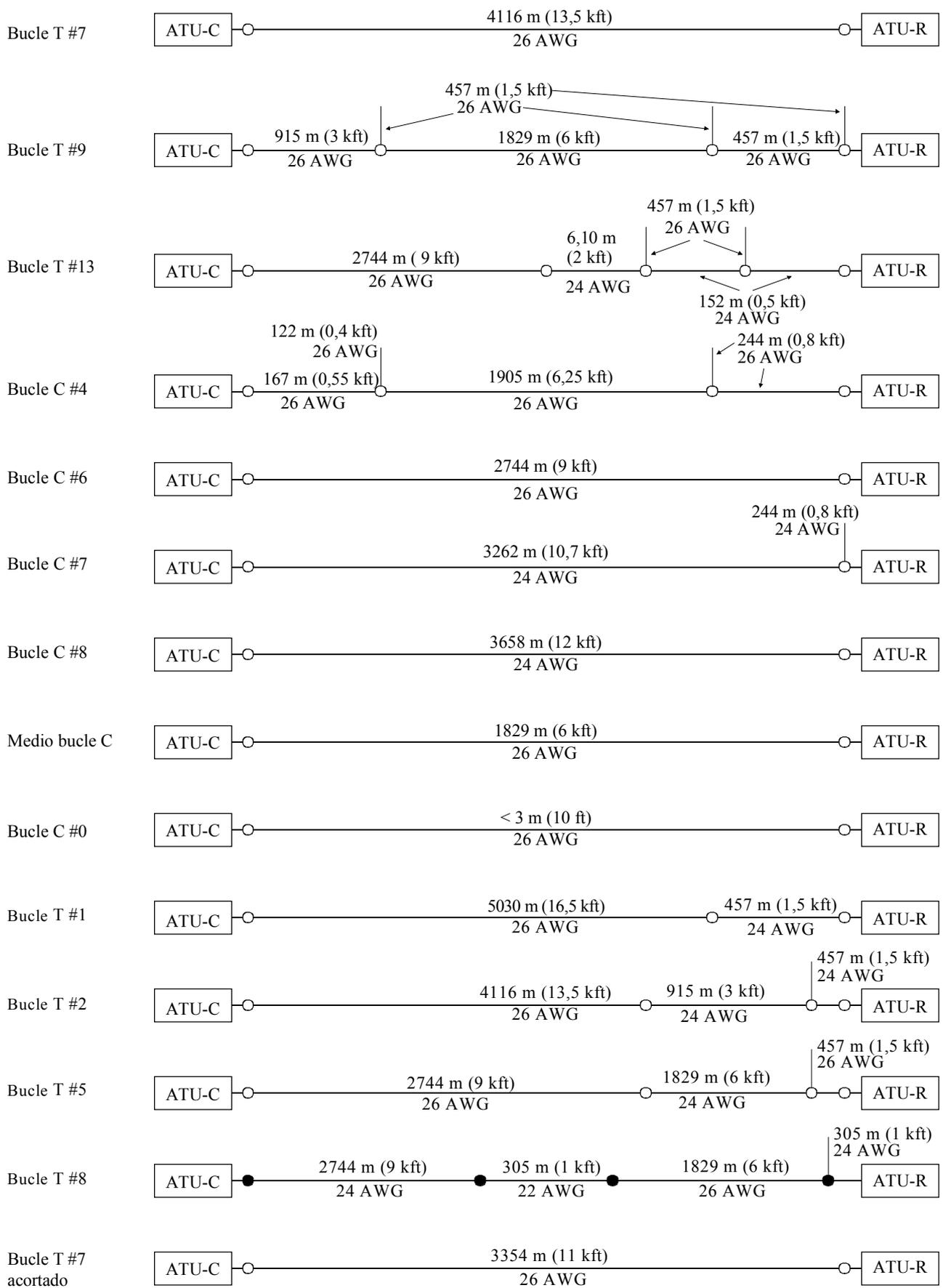
El requisito de la RTGC puede tener dos umbrales dBrn que hay que probar. Por ejemplo, <20 dBrnC puede representar el servicio preferido y >30 dBrnC puede ser un servicio inaceptable.

6 Bucles de prueba

6.1 Configuraciones de bucle local

6.1.1 Bucles de prueba de América del Norte

Véase la figura 9.



T1531920-99

NOTA – AWG (*American Wire Gauge*) = Calibre de hilo americano (26 AWG = 0,4 mm, 24 AWG = 0,5 mm, 22 AWG = 0,65 mm).

Figura 9/G.996.1 – Bucle de prueba de América del Norte

Resistencia y pérdida de inserción

Los cuadros 2, 3 y 4 muestran la resistencia calculada y la pérdida de inserción entre terminaciones a 100 ohmios de los bucles mostrados en la figura 9.

Cuadro 2/G.996.1 – Valores de resistencia y pérdida de inserción para los bucles de prueba a 70° F (21,1° C)

Bucle #	Resistencia (ohmios)	Frecuencia (kHz)											Pérdida de inserción (dB)
		20	40	100	200	260	300	400	500	600	780	1100	
T # 7	1127	29,8	36,7	45,2	52,8	57,3	60,2	67,7	74,8	81,7	93,0	110	Pérdida de inserción (dB)
T # 9	877	27,6	36,4	52,5	47,5	55,7	62,0	60,3	71,5	72,2	82,7	96,2	
T # 13	909	26,6	34,1	47,9	48,3	55,7	61,3	62,2	71,4	74,1	85,3	100	
C # 4	634	17,6	22,0	29,6	39,6	40,1	42,5	49,2	50,2	53,8	55,7	70,7	
C # 6	751	20,0	24,4	30,1	35,2	38,2	40,2	45,1	49,9	54,4	62,0	73,6	
C # 7	562	17,3	20,9	26,8	33,6	37,8	38,6	43,1	49,9	57,9	60,2	72,7	
C # 8	630	19,2	22,8	27,7	34,4	38,3	40,8	46,9	52,4	57,4	65,4	77,8	
Medio-C	501	13,3	16,2	20,0	23,4	25,4	26,8	30,1	33,2	36,3	41,3	49,1	

Cuadro 3/G.996.1 – Valores de resistencia y pérdida de inserción para los bucles de prueba a 90° F (32,2° C)

Bucle #	Resistencia (ohmios)	Frecuencia (kHz)											Pérdida de inserción (dB)
		20	40	100	200	260	300	400	500	600	780	1100	
T # 7	1176	30,6	37,9	46,9	54,6	59,1	62,1	69,6	76,6	83,4	95,0	113	Pérdida de inserción (dB)
T # 9	915	28,4	37,5	53,4	49,1	57,2	63,1	61,9	72,8	73,6	84,2	98,1	
T # 13	948	27,4	35,2	49,0	49,9	57,2	62,5	63,7	72,8	75,6	87,0	102	
C # 4	658	18,0	22,6	30,4	40,3	41,0	43,5	50,0	50,9	54,3	56,6	71,6	
C # 6	784	20,5	25,2	31,2	36,4	39,4	41,4	46,4	51,1	55,6	63,3	75,2	
C # 7	586	17,9	21,6	27,7	34,0	38,7	39,5	44,1	50,9	58,8	61,4	74,0	
C # 8	657	19,8	23,6	28,7	35,4	39,3	41,8	47,9	53,5	58,6	66,8	79,4	
Medio-C	523	13,8	16,7	20,7	24,2	26,2	27,6	30,9	34,0	37,1	42,2	50,1	

**Cuadro 4/G.996.1 – Resistencia y pérdida de inserción en dB
para bucles de prueba a 120° F (48,9° C)**

Bucle #	Resistencia (ohmios)	Frecuencia (kHz)											Pérdida de inserción (dB)
		20	40	100	200	260	300	400	500	600	780	1100	
T # 7	1250	31,9	39,6	49,4	57,4	61,8	64,8	72,3	79,3	86,1	97,9	116	
T # 9	972	29,5	39,1	54,7	51,5	59,5	65,0	64,1	74,4	75,7	86,4	101	
T # 13	1008	28,5	36,8	50,7	52,3	59,5	64,5	66,0	74,9	77,9	89,4	105	
C # 4	704	18,9	23,8	32,2	41,9	42,8	45,2	51,5	52,8	56,0	58,7	74,1	
C # 6	833	21,4	26,3	32,8	38,2	41,2	43,2	48,2	52,9	57,4	65,3	77,5	
C # 7	623	18,7	22,6	29,1	36,2	40,0	43,2	45,5	52,5	60,2	63,2	76,0	
C # 8	699	20,7	24,8	30,2	36,9	40,8	43,3	49,4	55,1	60,4	68,8	81,7	
Medio-C	555	14,4	17,5	21,8	25,5	27,5	28,8	32,1	35,1	38,3	43,5	51,6	

Constantes primarias

Las constantes primarias R, L, C y G del cable aislado con polietileno (PIC, *polyethylene-insulated cable*) a 0° F, 70° F y 120° F, se tabulan en el anexo A.

La variación de R y L en función de la frecuencia se puede modelar exactamente como sigue:

$$R = \left(roc^4 + ac \times f^2 \right)^{\frac{1}{4}}$$

y

$$L = \frac{L_0 + L_8 \times xb}{1 + xb}$$

donde: $xb = \left(\frac{f}{fm} \right)^b$

Los seis coeficientes para cables PIC de 24 y 26 AWG por km a 70° F se indican en el cuadro 5.

Cuadro 5/G.996.1 – Coeficientes para calcular R y L [24 y 26 AWG PIC a 70° F (21,1° C)]

	roc	ac	L ₀	L ₈	fm	b
24 AWG	174.559	0.05307	617.295	478.971	553.76	1.15298
26 AWG	286.176	0.14769620	675.369	488.952	806.339	0.929

Para el cable PIC, los valores de C son constantes en función de la frecuencia 51,56 nF/km y los valores de G son insignificantes.

6.1.2 Bucles de prueba locales europeos

La variación de las constantes de línea primarias (R, L y C) en función de la frecuencia para los diferentes tipos de cable de referencia se indican en los cuadros 7 y 8. Obsérvese que se supone que G es cero. Los valores de RLC se indican por km a una temperatura de 20° C y son valores medidos que han sido suavizados.

La variación de R y L en función de la frecuencia se puede modelar exactamente como sigue:

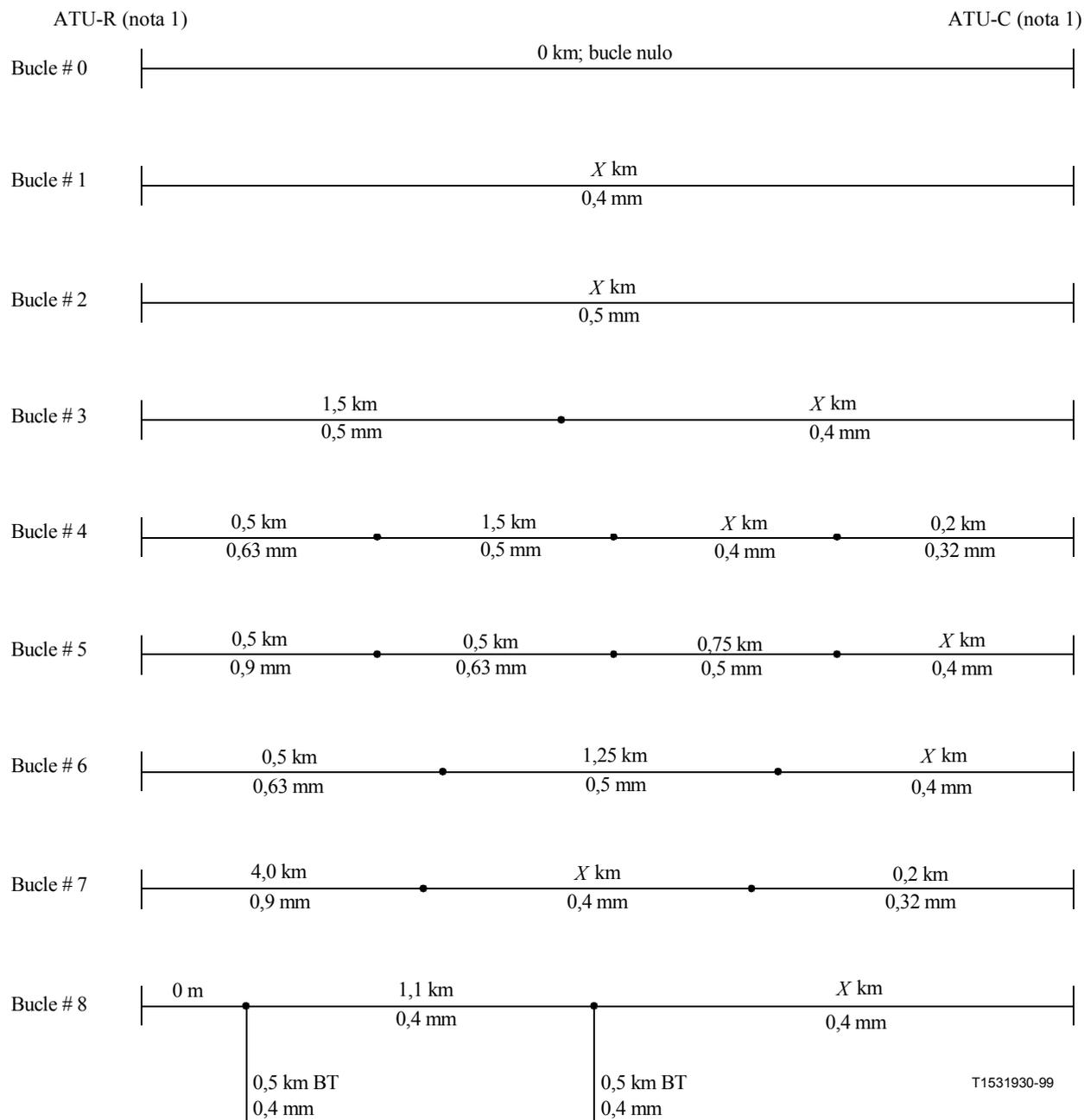
$$R = \left(roc^4 + ac \times f^2 \right)^{\frac{1}{4}}$$

y

$$L = \frac{L_0 + L_8 \times xb}{1 + xb}$$

donde: $xb = \left(\frac{f}{fm} \right)^b$

Los seis coeficientes para los tipos de cable indicados en la figura 10 se muestran en el cuadro 9. Obsérvese también que en el cuadro 10 hay secciones ajustables (marcadas "X"). Las longitudes nominales de estas secciones se muestran en el cuadro 6. Las longitudes de las secciones se basan en los valores de RLC de referencia para cada tipo de cable mostrado en los cuadros 7 y 8. Sin embargo, para poder repetir los resultados de las mediciones, las longitudes de estas secciones serán ajustadas para dar la pérdida de inserción global indicada en el cuadro 6. La pérdida de inserción se mide en 300 kHz con impedancias de fuente y terminación de 100 Ω (resistiva equilibrada).



NOTA 1 – Estos bucles de prueba se muestran en las ATU-R a la izquierda; éste es el convenio europeo, que contrasta con el de la figura 9, donde las ATU-R están a la derecha.

NOTA 2 – Todo el cable está aislado con polietileno.

NOTA 3 – 1 km = 3,28 kft.

NOTA 4 – BT (bridged tap) = Derivación de puente (es decir, sección de cable no terminado).

Figura 10/G.996.1 – Bucles de prueba de ETSI

**Cuadro 6/G.996.1 – Ejemplos de pérdida de inserción de bucle,
longitudes nominales para la prueba europea**

Bucle #	Pérdida de inserción del bucle 36 dB a 300 kHz	Pérdida de inserción del bucle 36 dB a 300 kHz	Pérdida de inserción del bucle 51 dB a 300 kHz	Pérdida de inserción del bucle 61 dB a 300 kHz
	Valor nominal de longitud ajustable "X" (km)			
1	2,55	2,55	3,60	4,30
2	3,40	3,40	4,80	5,70
3	1,40	1,40	2,45	3,15
4	0,90	0,90	1,90	2,65
5	1,45	1,45	2,50	3,20
6	1,30	1,30	2,35	3,05
7	0,60	0,60	1,60	2,20
8	0,75	0,75	1,80	2,50

Cuadro 7/G.996.1 – Valores de RLC para cables PE de 0,32, 0,4 y 0,5 mm

Frecuencia (kHz)	0,32 mm C = 40 nF/km		0,4 mm C = 50 nF/km		0,5 mm C = 50 nF/km	
	R (ohm/km)	L (mH/km)	R (ohm/km)	L (mH/km)	R (ohm/km)	L (mH/km)
0	409,000	607,639	280,000	587,132	179,000	673,574
2,5	409,009	607,639	280,007	587,075	179,015	673,466
10	409,140	607,639	280,110	586,738	179,244	672,923
20	409,557	607,639	280,440	586,099	179,970	671,980
30	410,251	607,639	280,988	585,322	181,161	670,896
40	411,216	607,639	281,748	584,443	182,790	669,716
50	412,447	607,639	282,718	583,483	184,822	668,468
100	422,302	607,631	290,433	577,878	199,608	661,677
150	437,337	607,570	302,070	571,525	218,721	654,622
200	456,086	607,327	316,393	564,889	239,132	647,735
250	477,229	606,639	332,348	558,233	259,461	641,208
300	499,757	605,074	349,167	551,714	279,173	635,119
350	522,967	602,046	366,345	545,431	298,103	629,489
400	546,395	596,934	383,562	539,437	316,230	624,309
450	569,748	589,337	400,626	533,759	333,591	619,557
500	592,843	579,376	417,427	528,409	350,243	615,202
550	615,576	567,822	433,904	523,385	366,246	611,211
600	637,885	555,867	450,027	518,677	381,657	607,552
650	659,743	544,657	465,785	514,272	396,528	604,192
700	681,138	534,942	481,180	510,153	410,907	601,104
750	702,072	526,991	496,218	506,304	424,835	598,261
800	722,556	520,732	510,912	502,707	438,348	595,639
850	742,601	515,919	525,274	499,343	451,480	593,217
900	762,224	512,264	539,320	496,197	464,258	590,975
950	781,442	509,503	553,064	493,252	476,71	588,896
1000	800,272	507,415	566,521	490,494	488,857	586,966
1050	818,731	505,831	579,705	487,908	500,720	585,169
1100	836,837	504,623	592,628	485,481	512,317	583,495

NOTA – G = 0 en todas las frecuencias.

Cuadro 8/G.996.1 – Valores de RLC para cables PE de 0,63 y 0,9 mm

Frecuencia (kHz)	0,63 mm C = 45 nF/km		0,9 mm C = 40 nF/km	
	R (ohm/km)	L (mH/km)	R (ohm/km)	L (mH/km)
0	113,000	699,258	55,000	750,796
2,5	113,028	697,943	55,088	745,504
10	113,442	693,361	56,361	731,961
20	114,737	687,008	59,941	716,775
30	116,803	680,714	64,777	703,875
40	119,523	674,593	70,127	692,707
50	122,768	668,690	75,586	682,914
100	143,115	642,718	100,769	647,496
150	164,938	622,050	121,866	625,140
200	185,689	605,496	140,075	609,652
250	204,996	592,048	156,273	598,256
300	222,961	580,960	170,987	589,504
350	239,764	571,691	184,556	582,563
400	255,575	563,845	197,208	576,919
450	270,533	557,129	209,104	572,237
500	284,753	551,323	220,365	568,287
550	298,330	546,260	231,081	564,910
600	311,339	541,809	241,326	561,988
650	323,844	537,868	251,155	559,435
700	335,897	534,358	260,615	557,183
750	347,542	531,212	269,745	555,183
800	358,819	528,378	278,577	553,394
850	369,758	525,813	287,138	551,784
900	380,388	523,480	295,452	550,327
950	390,734	521,352	303,538	549,002
1000	400,816	519,402	311,416	547,793
1050	410,654	517,609	319,099	546,683
1100	420,264	515,956	326,602	545,663

NOTA – G = 0 en todas las frecuencias.

Cuadro 9/G.996.1 – Coeficientes para el cálculo de R y L

	roc	ac	L_0	L_8	fm	b
0,32 mm	0,4090	0,3822	0,6075	0,5	0,6090	5,269
0,4 mm	0,2800	0,0969	0,5873	0,4260	0,7459	1,385
0,5 mm	0,1792	0,0561	0,6746	0,5327	0,6647	1,195
0,63 mm	0,113	0,0257	0,6994	0,4772	0,2658	1,0956
0,9 mm	0,0551	0,0094	0,7509	0,5205	0,1238	0,9604

6.1.3 Bucles de prueba en un entorno de coexistencia con DSL de TCM-RDSI

Para probar la calidad de funcionamiento de los transceptores G.992.1 y G.992.2, se utilizarán los bucles de prueba especificados en la figura 11. Obsérvese que en la figura hay secciones ajustables (marcadas "X"). Las longitudes nominales de estas secciones correspondientes a cada cobertura de bucle se muestran en el cuadro 10. Las longitudes de las secciones se basan en los valores de RLC de referencia para cada tipo de cable mostrado a continuación. En el cuadro 10 se proporciona también la pérdida de inserción de bucle global calculada en 300 kHz y la resistencia del bucle en c.c..

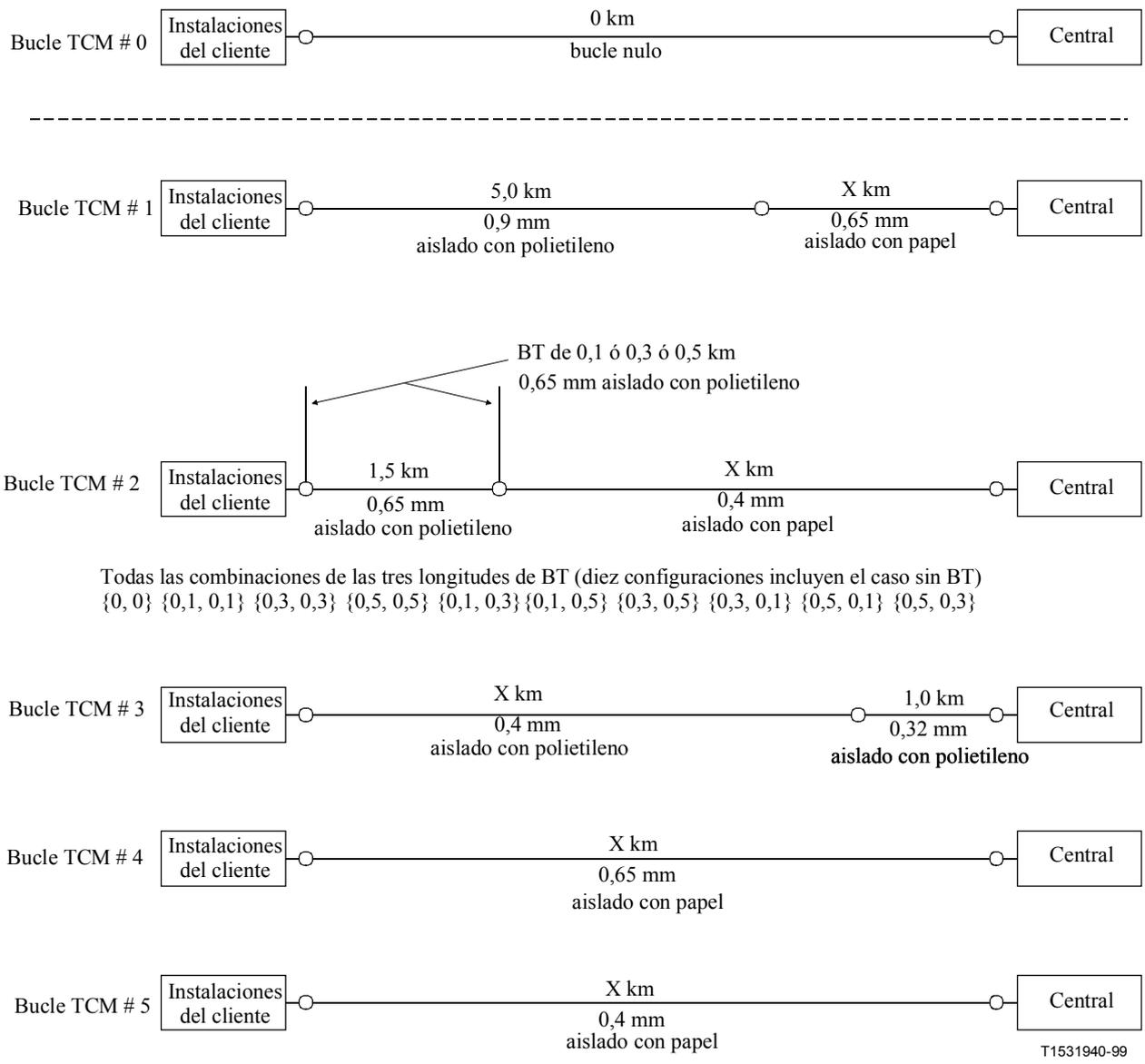


Figura 11/G.996.1 – Bucle de prueba en un entorno de coexistencia con DSL de TCM-RDSI

Cuadro 10/G.996.1 – Pérdida de inserción del bucle y longitudes nominales

Pérdida de inserción del bucle (160 kHz)	Bucle TCM #	Valor nominal de "X"	Longitud total del bucle	Pérdida de inserción del bucle (300 kHz)	Retardo de grupo (μ s) (160 kHz)	Resistencia del bucle c.c.
26,0 dB (Cobertura de 60%)	1	0,42 km	5,42 km	36,1 dB	28,8	314 ohmios
	2	1,32 km	2,82 km	34,6 dB	15,5	518 ohmios
	3	0,78 km	1,78 km	31,9 dB	9,8	642 ohmios
	4	3,62 km	3,62 km	37,0 dB	19,3	376 ohmios
	5	2,07 km	2,07 km	34,0 dB	11,4	567 ohmios
37,0 dB (Cobertura de 90%)	1	1,95 km	6,95 km	51,8 dB	37,0	474 ohmios
	2	2,19 km	3,69 km	49,0 dB	20,2	758 ohmios
	3	1,75 km	2,75 km	45,6 dB	15,4	910 ohmios
	4	5,15 km	5,15 km	52,7 dB	27,5	536 ohmios
	5	2,94 km	2,94 km	48,3 dB	16,1	807 ohmios
50,0 dB (Cobertura de 99%)	1	3,76 km	8,76 km	70,3 dB	46,6	662 ohmios
	2	3,23 km	4,73 km	66,0 dB	25,9	1041 ohmios
	3	2,91 km	3,91 km	61,7 dB	22,0	1227 ohmios
	4	6,97 km	6,97 km	71,2 dB	37,2	724 ohmios
	5	3,97 km	3,97 km	65,3 dB	21,8	1090 ohmios
65,0 dB (Cobertura de 99%) (sólo G.992.2)	1	5,85 km	10,85 km	91,7 dB	57,8	879 ohmios
	2	4,42 km	5,92 km	85,6 dB	32,5	1368 ohmios
	3	–	–	–	–	–
	4	9,06 km	9,06 km	92,6 dB	48,3	941 ohmios
	5	5,16 km	5,16 km	84,9 dB	28,3	1417 ohmios

NOTA 1 – Los valores del cuadro para el bucle TCM #2 se indican considerando sólo la sección terminada por las instalaciones del cliente y la central local, a condición de separar las derivaciones de puente (BT, *bridge taps*). No se tiene en cuenta el efecto en las características de pérdida de inserción global causadas por las BT.

NOTA 2 – Los bucles de prueba de la cobertura 60-99,9% se han de utilizar con la prueba de calidad de funcionamiento de G.992.1. Los bucles de prueba de la cobertura 60-99,9% se han de utilizar con la prueba de calidad de funcionamiento de G.992.2. No es necesario cumplir los valores de PSL NEXT/FEXT ($NPSL_n/FPSL_n$) definidos en 7.9 para los bucles de prueba de la cobertura del 99,9%. Las velocidades de datos netas resultantes pueden ser dadas en función de los valores de $NPSL_n/FPSL_n$ para este caso.

NOTA 3 – TCM #3 para la cobertura del 99,9% se suprime de la lista porque la resistencia del bucle c.c. es superior a 1500 ohmios.

Constantes de línea primaria

Las constantes de línea primaria son R , L , C y G . La variación de R , L y G en función de la frecuencia puede ser calculada exactamente con las ecuaciones mostradas a continuación. Los coeficientes para el cálculo de R , L y G se indican en el cuadro 11. Las siguientes ecuaciones dan el valor de R en ohmios/m, L en H/m, G en mho/m, C en F/m y f en Hz utilizando los valores de los coeficientes mostrados en el cuadro. Obsérvese que la capacitancia C se supone constante en función de la frecuencia ($C = 50$ pF/m).

Las constantes de línea primaria (R , L , G y C) calculadas con las ecuaciones siguientes para los tipos de cable indicados en la figura 11 se muestran en los cuadros 13 a 17, en función de la frecuencia, donde los valores son indicados como sigue: R en ohmios/km, L en $\mu\text{H}/\text{km}$, G en $\mu\text{mho}/\text{km}$, C en nF/km , f en kHz , y a una temperatura de 20°C .

$$R = 2(R_i + R_n + R_{ns}) \quad [\text{ohm/m}]$$

$$L = 2(L_a + L_i + L_n + L_{ns}) \quad [\text{H/m}]$$

$$G = \omega C \tan \delta \quad [\text{mho/m}]$$

$$C = 50 \times 10^{-12} \quad [\text{F/m}]$$

$$R_i = \frac{1}{\pi r^2 \sigma} f_i^{(R)} = \frac{1}{\pi r^2 \sigma} \operatorname{Re} \left[\frac{1+j}{2\delta} r \frac{J_0\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)}{J_1\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)} \right]$$

$$R_n = \frac{1}{\pi \sigma d^2} f_n^{(R)} = \frac{1}{\pi \sigma d^2} \operatorname{Re} \left[-\frac{1+j}{\delta} r \frac{J_1\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)}{J_0\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)} \right]$$

$$R_{ns} = \frac{1}{\pi \sigma d^2} 4 f_n^{(R)} = \frac{4}{\pi \sigma d^2} \operatorname{Re} \left[-\frac{1+j}{\delta} r \frac{J_1\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)}{J_0\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)} \right]$$

$$L_a = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{d}{r}\right)$$

$$L_i = \frac{\mu_r \mu_0}{2\pi} f_i^{(L)} = \frac{\mu}{2\pi} \operatorname{Re} \left[\frac{\delta}{(1+j)r} \frac{J_0\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)}{J_1\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)} \right]$$

$$L_n = -\frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{r}{d}\right)^2 f_n^{(L)} = -\frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{r}{d}\right)^2 \operatorname{Re} \left[-\frac{J_2\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)}{J_0\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)} \right]$$

$$L_{ns} = -\frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{r}{d}\right)^2 4 f_n^{(L)} = -\frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{r}{d}\right)^2 4 \operatorname{Re} \left[-\frac{J_2\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)}{J_0\left(\frac{1+j}{\delta} r\right)} \right]$$

donde:

$\omega = 2\pi f$ frecuencia angular

r el radio de un conductor

σ conductividad del cobre (conductor)

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \sigma \mu_r \mu_0}} \quad \text{profundidad para efecto pelicular}$$

$$d = 2\sqrt{2}(r + c_0) \quad \text{la distancia entre los centros conductores de un par}$$

c_0 el grosor del aislante de un hilo

μ_r permeabilidad relativa del cobre (conductor)

μ_0 permeabilidad de vacío

Cuadro 11/G.996.1 – Coeficientes para el cálculo de R y L

Coeficiente	Papel				Polietileno				
	0,4 mm	0,5 mm	0,65 mm	0,9 mm	0,32 mm	0,4 mm	0,5 mm	0,65 mm	0,9 mm
r (m)	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,25 \times 10^{-3}$	$0,325 \times 10^{-3}$	$0,45 \times 10^{-3}$	$0,16 \times 10^{-3}$	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,25 \times 10^{-3}$	$0,325 \times 10^{-3}$	$0,45 \times 10^{-3}$
c_0 (m)	$0,09 \times 10^{-3}$	$0,11 \times 10^{-3}$	$0,17 \times 10^{-3}$	$0,24 \times 10^{-3}$	$0,05 \times 10^{-3}$	$0,13 \times 10^{-3}$	$0,15 \times 10^{-3}$	$0,20 \times 10^{-3}$	$0,27 \times 10^{-3}$
μ_r	1								
μ_0 (H/m)	$4\pi \times 10^{-7}$								
σ (mho/m)	$5,8 \times 10^7$								
$\tan \delta$	$2,5 \times 10^{-2}$				$4,0 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-4}$			

La variación de R y L en función de la frecuencia puede ser modelada exactamente como sigue. Los cinco coeficientes para los tipos de cable indicados en la figura 11 se muestran en el cuadro 12. Las siguientes ecuaciones aproximadas dan los valores de R en ohmios/m, L en H/m, G en mho/m, C en F/m y f en Hz, utilizando los valores de coeficientes mostrados en el cuadro.

$$R = \left(roc^4 + ac \times f^2 \right)^{\frac{1}{4}} \quad [\text{ohm/m}]$$

$$L = xa + xb \times f^{\frac{1}{2}} + xc \times f^{\frac{1}{3}} \quad [\text{H/m}]$$

$$G = \omega C \tan \delta \quad [\text{mho/m}]$$

$$C = 50 \times 10^{-12} \quad [\text{F/m}]$$

Cuadro 12/G.996.1 – Cálculo de los coeficientes de R y L (a 20° C)

Tipo de cable		roc	ac	xa	xb	xc
Papel	0,4 mm	$2,688 \times 10^{-1}$	$2,267 \times 10^{-13}$	$6,834 \times 10^{-7}$	$-2,094 \times 10^{-10}$	$7,205 \times 10^{-10}$
	0,5 mm	$1,724 \times 10^{-1}$	$9,374 \times 10^{-14}$	$7,351 \times 10^{-7}$	$1,930 \times 10^{-11}$	$-2,330 \times 10^{-9}$
	0,65 mm	$1,041 \times 10^{-1}$	$2,787 \times 10^{-14}$	$8,006 \times 10^{-7}$	$2,696 \times 10^{-10}$	$-5,340 \times 10^{-9}$
	0,9 mm	$5,589 \times 10^{-2}$	$7,180 \times 10^{-15}$	$8,304 \times 10^{-7}$	$5,111 \times 10^{-10}$	$-8,161 \times 10^{-9}$
Polietileno	0,32 mm	$4,175 \times 10^{-1}$	$6,998 \times 10^{-13}$	$6,003 \times 10^{-7}$	$-3,919 \times 10^{-10}$	$3,081 \times 10^{-9}$
	0,4 mm	$2,714 \times 10^{-1}$	$1,705 \times 10^{-13}$	$7,257 \times 10^{-7}$	$-2,059 \times 10^{-10}$	$9,678 \times 10^{-10}$
	0,5 mm	$1,742 \times 10^{-1}$	$7,346 \times 10^{-14}$	$7,618 \times 10^{-7}$	$-1,547 \times 10^{-11}$	$-1,656 \times 10^{-9}$
	0,65 mm	$1,048 \times 10^{-1}$	$2,436 \times 10^{-14}$	$8,139 \times 10^{-7}$	$2,354 \times 10^{-10}$	$-4,801 \times 10^{-9}$
	0,9 mm	$5,630 \times 10^{-2}$	$6,486 \times 10^{-15}$	$8,407 \times 10^{-7}$	$4,816 \times 10^{-10}$	$-7,721 \times 10^{-9}$

**Cuadro 13/G.996.1 – Valores de RLC para cables aislados
con papel de 0,4 y 0,5 mm**

Frecuencia (kHz)	0,4 mm C = 50 nF/km		0,5 mm C = 50nF/km	
	R (ohm/km)	L (μH/km)	R (ohm/km)	L (μH/km)
0,00	274,41	664,51	175,62	661,75
2,50	274,42	664,51	175,64	661,73
10,00	274,62	664,42	175,97	661,52
20,00	275,28	664,15	176,99	660,85
30,00	276,36	663,69	178,68	659,74
40,00	277,87	663,07	180,99	658,24
50,00	279,78	662,27	183,88	656,37
100,00	294,75	656,09	204,86	643,13
150,00	316,56	647,33	231,49	627,35
200,00	342,22	637,42	258,98	612,46
250,00	369,40	627,46	285,41	599,57
300,00	396,69	618,03	310,31	588,68
350,00	423,38	609,41	333,73	579,47
400,00	449,19	601,65	355,79	571,61
450,00	474,02	594,68	376,61	564,83
500,00	497,90	588,42	396,34	558,92
550,00	520,87	582,79	415,08	553,73
600,00	542,99	577,69	432,93	549,13
650,00	564,30	573,06	449,98	545,03
700,00	584,86	568,84	466,34	541,34
750,00	604,72	564,98	482,06	538,02
800,00	623,92	561,42	497,22	535,00
850,00	642,50	558,15	511,88	532,24
900,00	660,52	555,11	526,09	529,71
950,00	678,00	552,30	539,88	527,38
1000,00	694,99	549,69	553,30	525,23
1050,00	711,52	547,25	566,38	523,23
1100,00	727,62	544,96	579,14	521,37

**Cuadro 14/G.996.1 – Valores de RLC para cables aislados
con papel de 0,65 y 0,9 mm**

Frecuencia (kHz)	0,65 mm C = 50nF/km		0,9 mm C = 50nF/km	
	R (ohm/km)	L (μH/km)	R (ohm/km)	L (μH/km)
0,00	103,92	684,18	54,20	686,87
2,50	103,95	684,15	54,27	686,73
10,00	104,45	683,60	55,20	684,79
20,00	106,02	681,89	57,98	679,07
30,00	108,52	679,19	62,04	670,97
40,00	111,83	675,66	66,81	661,83
50,00	115,78	671,51	71,88	652,64
100,00	140,25	647,61	96,11	616,45
150,00	165,42	626,69	116,50	594,37
200,00	188,55	610,67	133,77	579,83
250,00	209,58	598,33	148,81	569,58
300,00	228,77	588,57	162,27	561,93
350,00	246,38	580,67	174,61	555,98
400,00	262,68	574,16	186,08	551,17
450,00	277,89	568,69	196,86	547,19
500,00	292,19	564,04	207,06	543,81
550,00	305,73	560,02	216,77	540,90
600,00	318,64	556,51	226,06	538,36
650,00	331,01	553,41	234,97	536,11
700,00	342,90	550,65	243,55	534,10
750,00	354,37	548,17	251,83	532,30
800,00	365,47	545,92	259,84	530,67
850,00	376,23	543,88	267,60	529,18
900,00	386,68	542,00	275,14	527,82
950,00	396,85	540,27	282,47	526,57
1000,00	406,77	538,67	289,61	525,41
1050,00	416,44	537,19	296,58	524,33
1100,00	425,88	535,81	303,38	523,33

**Cuadro 15/G.996.1 – Valores de RLC para cables aislados
con polietileno de 0,32, 0,4 y 0,5 mm**

Frecuencia (kHz)	0,32 mm C = 50nF/km		0,4 mm C = 50nF/km		0,5 mm C = 50nF/km	
	R (ohm/km)	L (μH/km)	R (ohm/km)	L (μH/km)	R (ohm/km)	L (μH/km)
0,00	428,76	624,66	274,41	716,20	175,62	703,89
2,50	428,77	624,66	274,42	716,19	175,64	703,88
10,00	428,92	624,62	274,59	716,13	175,91	703,70
20,00	429,41	624,48	275,12	715,91	176,79	703,14
30,00	430,23	624,26	276,02	715,55	178,23	702,23
40,00	431,37	623,94	277,25	715,05	180,20	700,98
50,00	432,83	623,54	278,83	714,42	182,66	699,43
100,00	444,67	620,31	291,19	709,50	200,68	688,42
150,00	463,20	615,30	309,35	702,50	223,85	675,19
200,00	486,98	608,97	330,92	694,53	248,16	662,55
250,00	514,44	601,81	354,05	686,44	271,91	651,46
300,00	544,17	594,24	377,58	678,73	294,59	641,96
350,00	575,05	586,61	400,91	671,59	316,14	633,82
400,00	606,26	579,16	423,72	665,08	336,56	626,79
450,00	637,24	572,03	445,91	659,18	355,93	620,66
500,00	667,67	565,31	467,42	653,82	374,32	615,28
550,00	697,37	559,03	488,25	648,94	391,79	610,53
600,00	726,25	553,18	508,41	644,49	408,45	606,30
650,00	754,29	547,75	527,90	640,42	424,36	602,52
700,00	781,52	542,72	546,76	636,68	439,60	599,12
750,00	807,95	538,05	565,01	633,23	454,24	596,04
800,00	833,64	533,70	582,67	630,05	468,35	593,25
850,00	858,61	529,65	599,77	627,10	481,98	590,69
900,00	882,92	525,88	616,36	624,36	495,18	588,35
950,00	906,60	522,34	632,44	621,82	508,00	586,20
1000,00	929,68	519,03	648,07	619,45	520,46	584,20
1050,00	952,21	515,92	663,27	617,23	532,60	582,35
1100,00	974,20	513,00	678,07	615,15	544,44	580,62

**Cuadro 16/G.996.1 – Valores de RLC para cables aislados
con polietileno de 0,65 y 0,9 mm**

Frecuencia (kHz)	0,65 mm C = 50nF/km		0,9 mm C = 50nF/km	
	R (ohm/km)	L (μH/km)	R (ohm/km)	L (μH/km)
0,00	103,92	707,72	54,20	703,89
2,50	103,95	707,69	54,26	703,77
10,00	104,41	707,19	55,14	701,96
20,00	105,84	705,66	57,75	696,66
30,00	108,14	703,22	61,57	689,13
40,00	111,17	700,03	66,08	680,63
50,00	114,81	696,28	70,89	672,04
100,00	137,50	674,59	94,16	637,90
150,00	161,20	655,37	113,97	616,72
200,00	183,24	640,46	130,78	602,67
250,00	203,43	628,83	145,41	592,72
300,00	221,91	619,57	158,49	585,30
350,00	238,88	612,03	170,48	579,52
400,00	254,58	605,79	181,62	574,85
450,00	269,22	600,55	192,09	570,98
500,00	282,98	596,08	202,00	567,70
550,00	296,00	592,23	211,44	564,88
600,00	308,41	588,86	220,46	562,41
650,00	320,29	585,88	229,12	560,22
700,00	331,71	583,23	237,45	558,28
750,00	342,73	580,85	245,50	556,53
800,00	353,40	578,69	253,28	554,94
850,00	363,73	576,73	260,82	553,50
900,00	373,78	574,93	268,14	552,18
950,00	383,55	573,27	275,27	550,96
1000,00	393,07	571,73	282,20	549,83
1050,00	402,36	570,31	288,97	548,79
1100,00	411,44	568,98	295,58	547,81

Cuadro 17/G.996.1 – Valores de G

Frecuencia (kHz)	0,4, 0,5, 0,65, 0,9 mm aislado con papel (μmho/km)	0,32 mm aislado con polietileno (μmho/km)	0,4, 0,5, 0,65, 0,9 mm aislado con polietileno (μmho/km)
0,00	0,00	0,00	0,00
2,50	19,64	0,31	0,39
10,00	78,54	1,26	1,57
20,00	157,08	2,51	3,14
30,00	235,62	3,77	4,71
40,00	314,16	5,03	6,28
50,00	392,70	6,28	7,85
100,00	785,40	12,57	15,71
150,00	1178,10	18,85	23,56
200,00	1570,80	25,13	31,42
250,00	1963,50	31,42	39,27
300,00	2356,19	37,70	47,12
350,00	2748,89	43,98	54,98
400,00	3141,59	50,27	62,83
450,00	3534,29	56,55	70,69
500,00	3926,99	62,83	78,54
550,00	4319,69	69,12	86,39
600,00	4712,39	75,40	94,25
650,00	5105,09	81,68	102,10
700,00	5497,79	87,96	109,96
750,00	5890,49	94,25	117,81
800,00	6283,19	100,53	125,66
850,00	6675,88	106,81	133,52
900,00	7068,58	113,10	141,37
950,00	7461,28	119,38	149,23
1000,00	7853,98	125,66	157,08
1050,00	8246,68	131,95	164,93
1100,00	8639,38	138,23	172,79

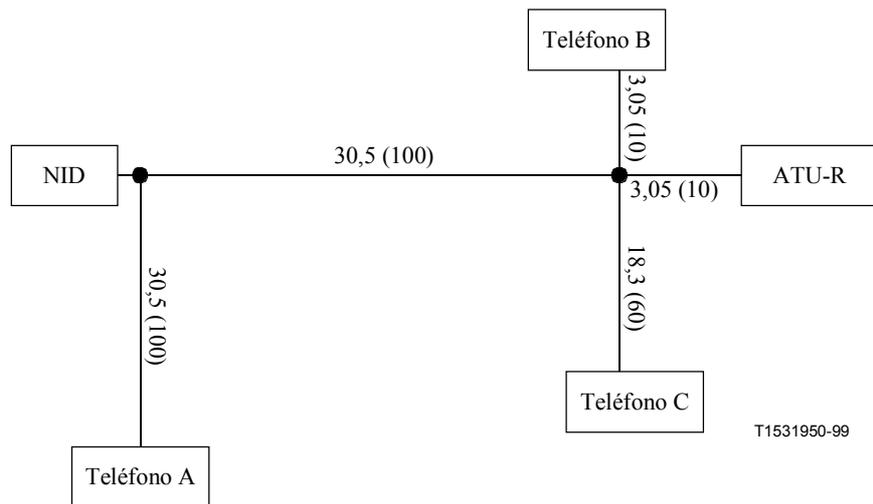
6.2 Modelos de cableado interno

6.2.1 Modelo de cableado interno #1

En el modelo de la figura 12, obsérvese que el teléfono "A" se utilizará para la prueba con el teléfono descolgado. Todos los cables son hilos de categoría 3.

El hilo de categoría 3 tiene una atenuación (a) en dB/100 m (328 pies) que se calcula por la ecuación:

$$\text{Atenuación (a) de categoría 3} = 2,320 \sqrt{f} + 0,238 f, \quad f \text{ en MHz}$$

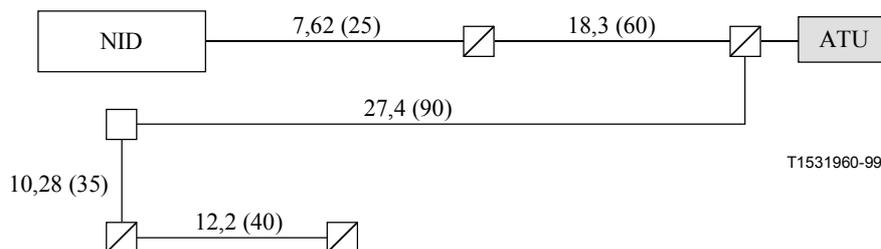


NOTA – Las longitudes se indican en metros y entre paréntesis el equivalente en pies.

Figura 12/G.996.1 – Modelo de cableado interno #1 en las instalaciones del cliente

6.2.2 Modelo de cableado interno #2: 4 conductores en serie, 24 AWG, hilo de estación sin pares

Véase la figura 13.



NOTA 1 – La línea a través del jack indica teléfono anexo.

NOTA 2 – 1,83 m (6 pies) de cable (del mismo tipo) conectan cada teléfono y una ATU-R a cada jack.

NOTA 3 – Las longitudes se indican en metros; entre paréntesis el equivalente en pies.

NOTA 4 – Ambos pares conectados en serie a todos los jacks.

NOTA 5 – Un segundo servicio puede estar presente.

Figura 13/G.996.1 – Modelo de cableado interno #2 en las instalaciones del cliente

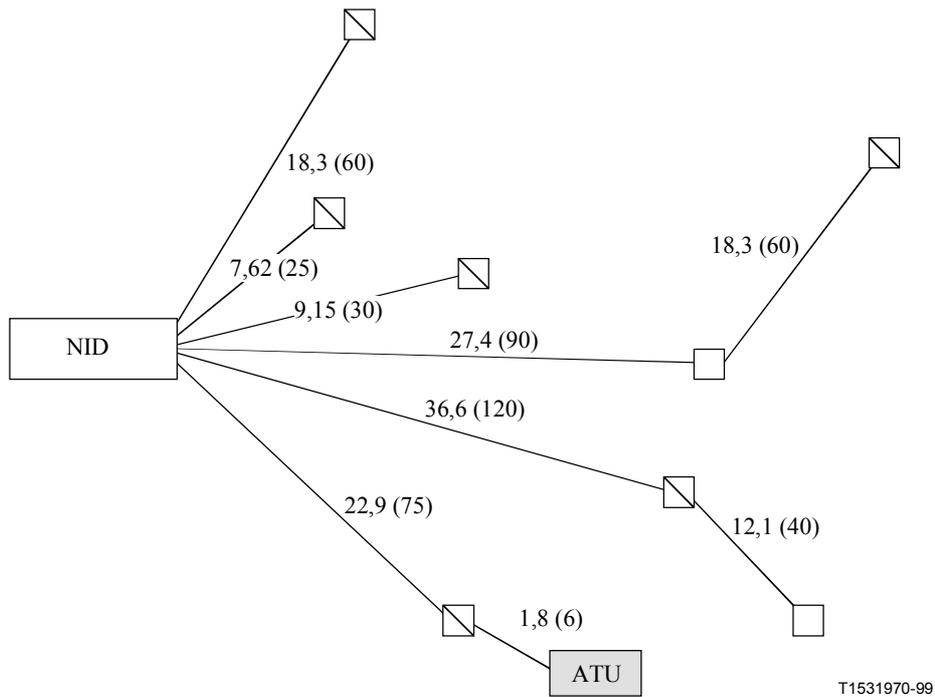
Características eléctricas – Hilo de estación

Parámetro	Característica
<i>Resistencia del conductor – Máxima</i> 22 AWG 24 AWG	59,1 ohmios/km (18,1 ohmios/kft) 93,8 ohmios/km (28,6 ohmios/kft)
<i>Prueba de descarga disruptiva</i> Tensión – Mínima Tasa de averías – Máxima	1750 V c.a. o 2500 V c.c. 1 por 915 m (3000 pies)
<i>Capacidad coaxial – Máxima (a 1000 Hz y 20° C)</i>	279 nF/km (85 nF/kft)
<i>Desequilibrio de capacitancia de par a par – Máxima (a 1000 Hz)</i>	410 pF/500 m (125 pF/500 pies)
<i>Alta tensión</i> Tensión no disruptiva Tiempo – Mínimo	2500 Vc.c. 2 s
<i>Índice de rigidez dieléctrica – Envoltura</i> Potencial de tensión c.a. – Mínimo Flujo de corriente, cresta durante la prueba de 90 s – Máxima	1500 V (valor eficaz) 10 mA
<i>Resistencia de aislamiento: Cada conductor – Mínima</i>	152 Mohm × km (500 Mohm × kft)
DESCUBIERTOS: Cada longitud CRUCES: Cada longitud CORTOS: Cada longitud	No se permiten No se permiten No se permiten
NOTA – 22 AWG = 0,65 mm; 24 AWG = 0,5mm.	

6.2.3 Modelo de cableado interno #3: Estrella – 152,4 m (500 pies), hilo de categoría 3 de 4 pares

En la figura 14, el hilo de categoría 3 tiene una atenuación (a) en dB/100 m (328 pies) que se calcula por la ecuación:

$$\text{Atenuación (a) de categoría 3} = 2,320 \sqrt{f} + 0,238 f, \quad f \text{ en MHz}$$



- NOTA 1 – La línea a través del jack indica teléfono anexo.
 NOTA 2 – 1,83 m (6 pies) de cable (del mismo tipo) conectan cada teléfono y la ATU-R a cada jack.
 NOTA 3 – Un segundo servicio puede estar presente.
 NOTA 4 – Las longitudes se indican en metros; entre paréntesis el equivalente en pies.

Figura 14/G.996.1 – Modelo de cableado interno #3 en las instalaciones del cliente

6.2.4 Modelo de cableado interno para el entorno DSL de TCM-RDSI

Véase la figura 15.

Zona Cobertura	Casa (individual y casas de apartamentos) (Notas 1 y 2)	Edificio de oficinas (Notas 1 y 2)
60%		
90%		
99%		

T1531980-99

- Generalmente hilo de un par no torcido de 0,5 mm (nota 3)
- Generalmente cable aislado con polietileno de 0,4 mm (sin configuración en cuadro) (nota 5)
- Cordón de conexión (normalmente 3m) (nota 4)
- NID
- RJ-11

NOTA 1 – Los modos de cableado interno de la figura han de sustituir la casilla etiquetada "instalaciones del cliente" en los bucles de prueba (figura 11) para la prueba de calidad de funcionamiento de los sistemas G.992.2 en los que el funcionamiento del sistema se debe probar con un teléfono descolgado (teléfono A). La prueba de calidad de funcionamiento de los sistemas G.992.1 no tiene que cumplir los modelos de cableado interno mostrados en esta figura.

NOTA 2 – En la cláusula 9 se proporciona un modelo de teléfono lineal para la prueba, donde sólo se consideran impedancias en régimen permanente y no se consideran los componentes transitorios. Obsérvese que los modelos de teléfono son moderados; no son típicos ni representativos del promedio o peores. Se especifican con el fin de proporcionar una condición de prueba unificada para validar la comparación de los resultados de las pruebas. Los resultados de las pruebas no garantizan la calidad de funcionamiento de los sistemas G.992.2 para cualquier caso de funcionamiento sin divisor.

NOTA 3 – Las ecuaciones para calcular las constantes de línea primaria R, L, C y G en función de la frecuencia para cables del cableado interno se muestran en 6.1.3. Los coeficientes para el cálculo se indican en el cuadro 37. Obsérvese que los cables del cableado interno mostrados en la figura 15 no adoptan una estructura en cuadro (a diferencia de los cables de la figura 11), de modo que la distancia entre los centros conductores de un par "d" utilizado en las ecuaciones ha de ser " $d = 2(r + c_0)$ "; la distancia no es multiplicada por $\sqrt{2}$ como en el caso de un cable de estructura en cuadro.

NOTA 4 – Las características de la pérdida de inserción de un cordón de conexión de tres metros se muestran en la figura 48.

NOTA 5 – Las ecuaciones y coeficientes para el cálculo se muestran en 6.1.3 y en el cuadro 11.

Figura 15/G.996.1 – Modelos de cableado interno en un entorno de coexistencia con DSL de TCM-RDSI

7 Densidad espectral de potencia de perturbadores diafónicos

Las mediciones del margen de diafonía se realizan con varios tipos de perturbadores, líneas DSL, HDSL, T₁ y ADSL. La diafonía de DSL, HDSL y ADSL proviene de pares en el mismo grupo; la diafonía de T₁ proviene de pares en un grupo adyacente.

7.1 PSD de DSL simulada y NEXT inducida

La densidad espectral de potencia (PSD, *power spectral density*) de perturbadores DSL de acceso básico se expresa como sigue:

$$PSD_{DSL-Disturber} = K_{DSL} \times \frac{2}{f_0} \times \frac{\left[\text{sen} \left(\frac{\pi f}{f_0} \right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_0} \right)^2} \times \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}} \right)^4}, \quad f_{3dB} = 80 \text{ kHz}, 0 \leq f < \infty$$

donde: $f_0 = 80 \text{ kHz}$, $K_{DSL} = \frac{5}{9} \times \frac{V_p^2}{R}$, $V_p = 2.50 \text{ voltios}$ and $R = 135 \text{ ohmios}$

Esta ecuación da la PSD unilateral, es decir, la integral de PSD, con respecto a f , de 0 al infinito, da la potencia en vatios. $PSD_{DSL-Disturber}$ es la PSD de una señal 2B1Q de 80 ksímbolos/s con niveles equiprobables aleatorios, con impulsos terminados en cuadrado de banda completa y filtrado de Butterworth de segundo orden ($f_{3dB} = 80 \text{ kHz}$). La figura 16 muestra la PSD de la NEXT de DSL de 24 perturbadores.

La PSD de la NEXT de DSL se puede expresar como sigue:

$$PSD_{DSL-NEXT} = PSD_{DSL-Disturber} \times \left(x_n \times f^{3/2} \right) \quad \text{para } 0 \leq f < \infty, n < 50$$

donde: $x_n = 8,818 \times 10^{-14} \times (n/49)^{0,6}$ o equivalentemente, $x_n = 0,8536 \times 10^{14} \times n^{0,6}$

La integración de $PSD_{DSL-Disturber}$ y $PSD_{DSL-NEXT}$ en varias gamas de frecuencia de interés se presentan en el cuadro 18.

Cuadro 18/G.996.1 – Potencia de transmisión y potencia de NEXT inducida de DSL

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión (dBm)	Potencia de NEXT 24 perturbadores (dBm)
0-0,16 MHz	13,60	-52,62
0-0,32 MHz	13,60	-52,62
0-1,544 MHz	13,60	-52,62
0-3 MHz	13,60	-52,62
0-10 MHz	13,60	-52,62

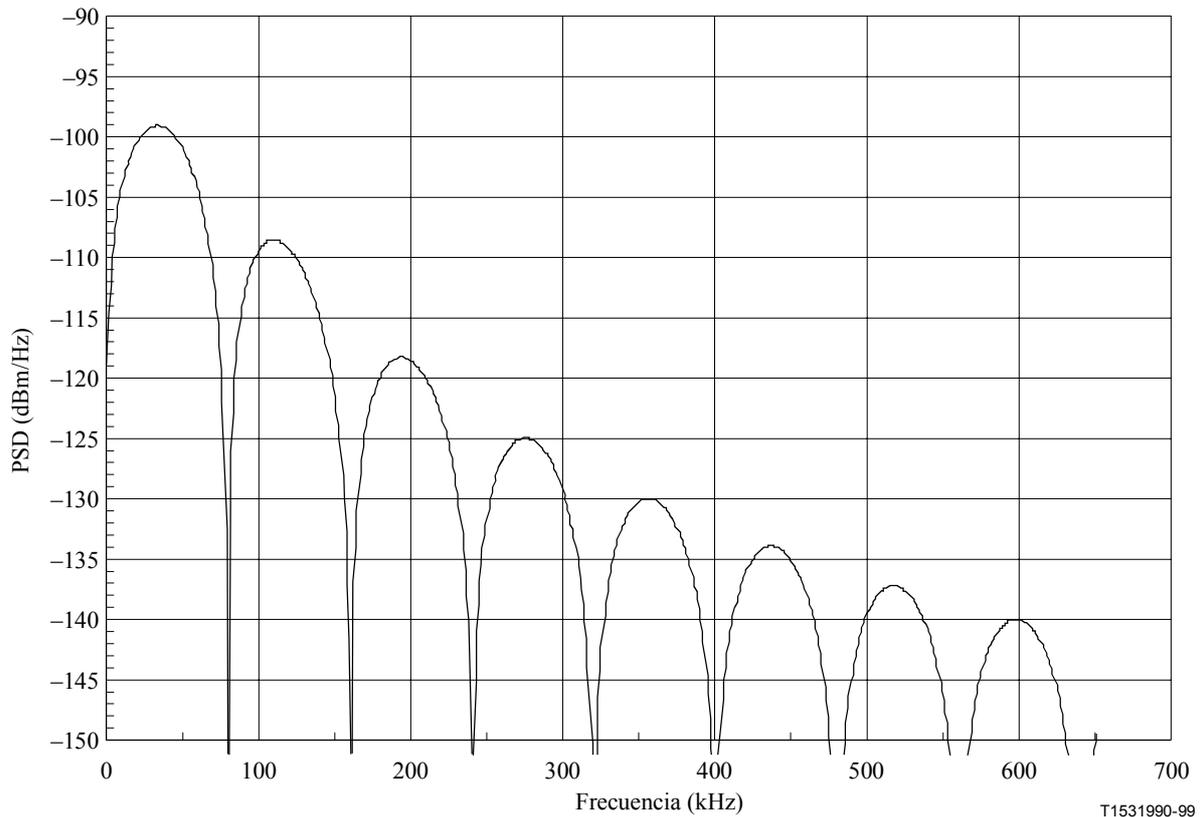


Figura 16/G.996.1 – NEXT de DSL de 24 perturbadores

7.2 PSD de HDSL simulada y NEXT inducida

La PSD de perturbadores HDSL se expresa como sigue:

$$PSD_{HDSL-Disturber} = K_{HDSL} \times \frac{2}{f_0} \times \frac{\left[\text{sen} \left(\frac{\pi f}{f_0} \right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_0} \right)^2} \times \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}} \right)^8}, \quad f_{3dB} = 196 \text{ kHz}, 0 \leq f < \infty$$

donde: $f_0 = 392 \text{ kHz}$, $K_{DSL} = \frac{5}{9} \times \frac{V_P^2}{R}$, $V_P = 2,70 \text{ voltios}$, y $R = 135 \text{ ohmios}$

Esta ecuación da la PSD unilateral, es decir, la integral de PSD, con respecto a f , de 0 al infinito, da la potencia en vatios. $PSD_{HDSL-Disturber}$ es la PSD de una señal 2B1Q de 392 ksímbolos/s con niveles equiprobables aleatorios, con impulsos terminados en cuadrado de banda completa y filtrado de Butterworth de cuarto orden ($f_{3dB} = 196 \text{ kHz}$). La figura 17 muestra la PSD de la NEXT de HDSL de 10 perturbadores.

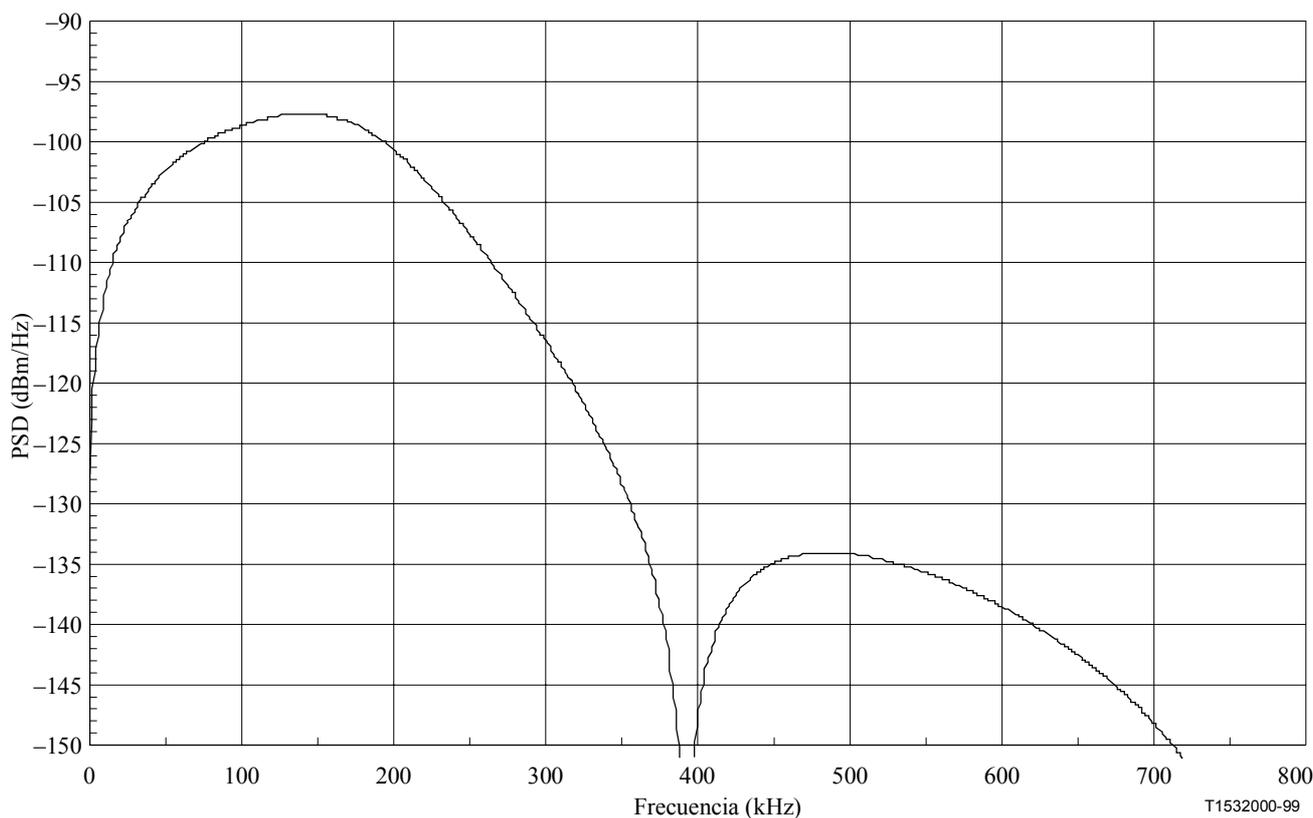


Figura 17/G.996.1 – NEXT de HDSL de 10 perturbadores

La PSD de la NEXT de HDSL se puede expresar como sigue:

$$PSD_{HDSL-NEXT} = PSD_{HDSL-Disturber} \times \left(x_n \times f^{3/2} \right) \quad \text{para } 0 \leq f < \infty, n < 50$$

donde: $f_0 = 8,818 \times (n/49)^{0,6}$ o equivalentemente, $x_n = 0,8536 \times 10^{-14} \times n^{0,6}$

La integración de $PSD_{HDSL-Disturber}$ en varias gamas de frecuencias de interés se presenta en el cuadro 19 junto con la potencia NEXT inducida.

Cuadro 19/G.996.1 – Potencia de transmisión de HDSL y de NEXT inducida

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión (dBm)	Potencia de NEXT 10 perturbadores (dBm)
0-0,196 MHz	13,44	-46,9
0-0,392 MHz	13,60	-46,3
0-0,784 MHz	13,60	-46,3
0-1,544 MHz	13,60	-46,3
0-1,568 MHz	13,60	-46,3
0-3 MHz	13,60	-46,3

7.3 PSD de línea T₁ simulada y NEXT inducida

Se supone que la PSD del perturbador de línea T₁ sea un código de inversión de marcas alternada (AMI, *alternate mark inversion*) aleatorio con un ciclo de trabajo del 50% a 1,544 Mbit/s. La PSD unilateral tiene la siguiente expresión:

$$PSD_{T_1-Disturber} = \frac{V_P^2}{R_L} \times \frac{2}{f_0} \left[\frac{\text{sen}\left(\frac{\pi f}{f_0}\right)}{\left(\frac{\pi f}{f_0}\right)} \right]^2 \text{sen}^2\left(\frac{\pi f}{2f_0}\right) \times \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^6} \times \frac{f^2}{f^2 + f_{3dB}^2}, \quad (0 \leq f < \infty)$$

La potencia total de la señal T₁ en transmisión es calculada por:

$$P_{T_1-total} = \frac{1}{4} \frac{V_P^2}{R_L}$$

Se supone que el impulso transmitido pasa a través de un filtro de conformación de paso bajo. El filtro de conformación se elige como un filtro Butterworth de paso bajo de tercer orden con el punto de 3 dB en 3,0 MHz. La función de transferencia cuadrada de magnitud del filtro es:

$$|H_{shaping}(f)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^6}$$

Además, el transformador de acoplamiento se modela como un filtro paso alto con el punto de 3 dB en 40 kHz como:

$$|H_{Transformer}(f)|^2 = \frac{f^2}{f^2 + f_{3dB}^2}$$

Se supone también que $V_p = 3,6$ voltios, $R_L = 100$ ohmios, y $f_0 = 1,544$ MHz.

La figura 18 muestra la PSD de la NEXT de T₁ de 4 y 24 perturbadores.

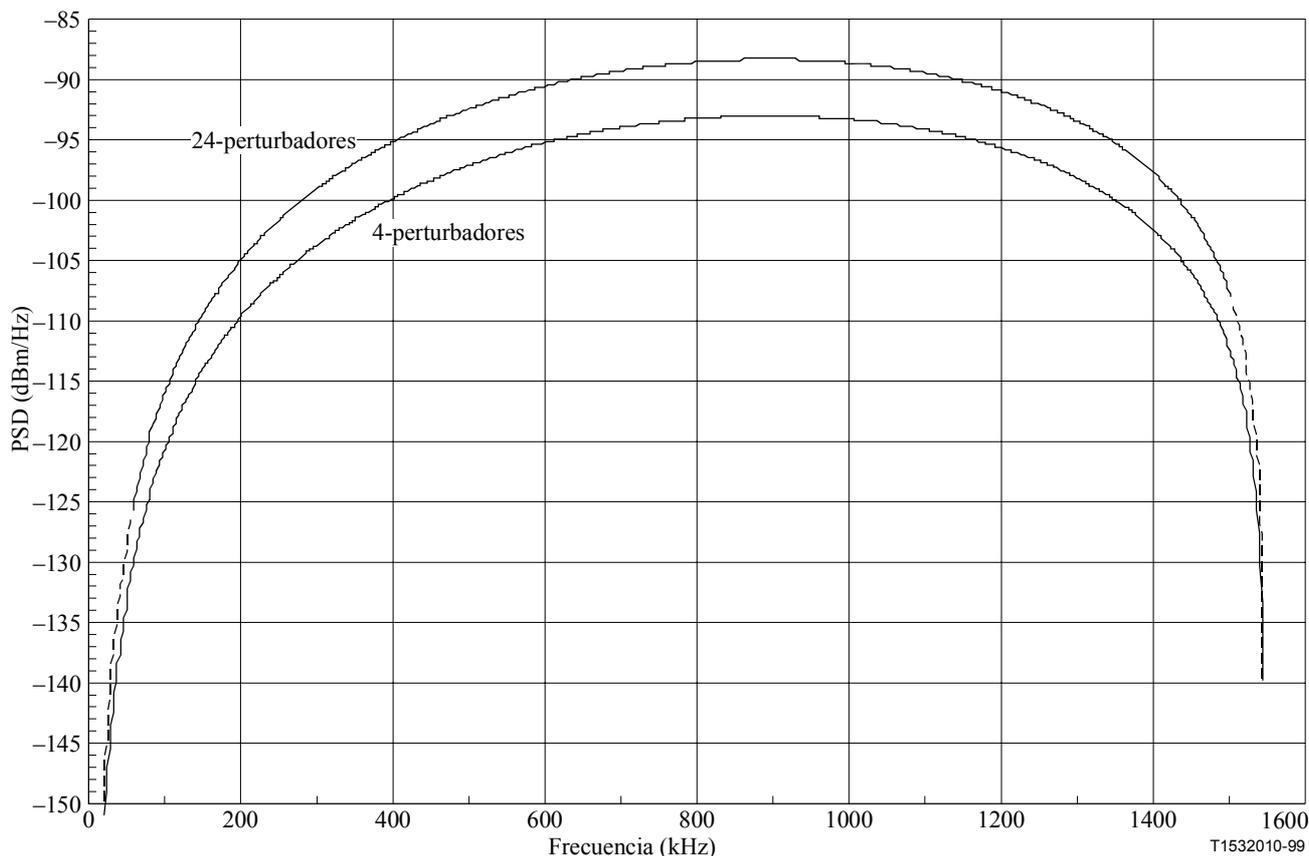


Figura 18/G.996.1 – NEXT de T₁ de 4 y 24 perturbadores

La PSD de la NEXT de T₁ se expresa como:

$$PSD_{T_1-NEXT} = PSD_{T_1-Disturber} \times \left(x_n \times f^{3/2} \right) \quad \text{para } 0 \leq f < \infty, n < 50$$

donde: $x_n = 8,818 \times 10^{-14} \times (n/49)^{0,6}$ o equivalentemente, $x_n = 0,8536 \times 10^{-14} \times n^{0,6}$

En el cuadro 20 se presenta la potencia de transmisión de T₁ y la potencia de NEXT inducida de T₁ que utilizan modelos de n diafonía (x_n).

Cuadro 20/G.996.1 – Potencia de transmisión de T₁ y de NEXT inducida con conformación y transformador de acoplamiento

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión (dBm)	Potencia de NEXT 4 perturbadores (dBm)	Potencia de NEXT 24 perturbadores (dBm)
0-1,544 MHz	14,1	-34,7	-30,0
0-3 MHz	14,57	-32,8	-28,1

Para la prueba, la potencia de interferentes de T₁ y la curva de PSD se ajustan hacia abajo por un total de 15,5 dB para tener en cuenta el efecto del ligador adyacente y un factor de promediación que tiene en cuenta la no colocación de los terminales T₁ y ADSL.

7.4 PSD hacia el destino simulada de señales G.992.1 y NEXT y FEXT inducidas

La PSD de los perturbadores de señales G.992.1 se expresa como sigue:

$$PSD_{G.992.1-Disturber} = K_{G.992.1} \times \frac{2}{f_0} \times \frac{\left[\text{sen}\left(\frac{\pi f}{f_0}\right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_0}\right)^2} \times |LPF(f)|^2 \times |HPF(f)|^2, \quad (0 \leq f < \infty)$$

donde: $f_0 = 2,208 \times 10^6$ Hz, $K_{G.992.1} = 0,1104$ vatios.

Esta ecuación da la PSD unilateral, donde $K_{G.992.1}$ es la potencia transmitida total en vatios para el transmisor G.992.1 hacia el destino antes de los filtros de conformación y se fija de modo que la PSD no exceda de la PSD máxima permitida. f_0 es la frecuencia de muestreo en Hz y

$$|LPF(f)|^2 = \frac{f_h^\alpha}{f^\alpha + f_h^\alpha}, f_h = 1.104 \times 10^6 \text{ Hz}, \alpha = \frac{36}{10 \log(2)} = 11,96$$

es un filtro paso bajo con un punto de 3 dB en 1104 kHz y decremento de 36 dB/octava, y

$$|HPF(f)|^2 = \frac{f^\alpha + f_l^\alpha}{f_h^\alpha + f_h^\alpha}, f_l = 4000 \text{ Hz}, f_h = 25\,875 \text{ Hz}, \alpha = \frac{57,5}{10 \log \frac{f_h}{f_l}} = 7,09$$

es un filtro paso alto con puntos de 3 dB en 4 y 25,875 kHz y atenuación de 57,5 dB en la banda vocal, que separa el sistema G.992.1 de POTS. Con este conjunto de parámetros, la $PSD_{G.992.1}$ es la PSD de un transmisor hacia el destino que utiliza todas las subportadoras.

7.4.1 FEXT

El modelo de atenuación de FEXT es:

$$|H_{FEXT}(f)|^2 = |H_{channel}(f)|^2 \times k \times l \times f^2 \times p$$

donde:

$H_{channel}(f)$ es la función de transferencia de canal

k es la constante de acoplamiento y es $8 \times 10^{-20} \times (n/49)^{0,6}$ para $n < 50$ ó $3,083 \times 10^{-20}$ para 10, 1% de perturbadores del caso más desfavorable

l es la longitud del trayecto de acoplamiento en metros y equivale a 2744 m para el bucle C #6

f es en Hz

p es una constante de conversión de metros a pies, igual a 3,28 pies/m

Por tanto, la PSD de ruido de FEXT es:

$$PSD_{G.992.1-FEXT} = PSD_{G.992.1-Disturber} \times |H_{FEXT}(f)|^2$$

La integración de $PSD_{G.992.1}$ y $PSD_{G.992.1-FEXT}$ en diversas gamas de frecuencias se presenta en el cuadro 21.

Cuadro 21/G.996.1 – Potencia de FEXT en sistemas G.992.1 y G.992.1 con transformador de conformación y acoplamiento

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión (dBm)	Potencia de FEXT 10 perturbadores (dBm)
0-1,104 MHz	18,99	-69,61
0-2,204 MHz	19,15	-69,61
0-4,416 MHz	19,15	-69,61

La figura 19 muestra la PSD teórica de FEXT de un transmisor G.992.1 hacia el destino en el bucle C #6.

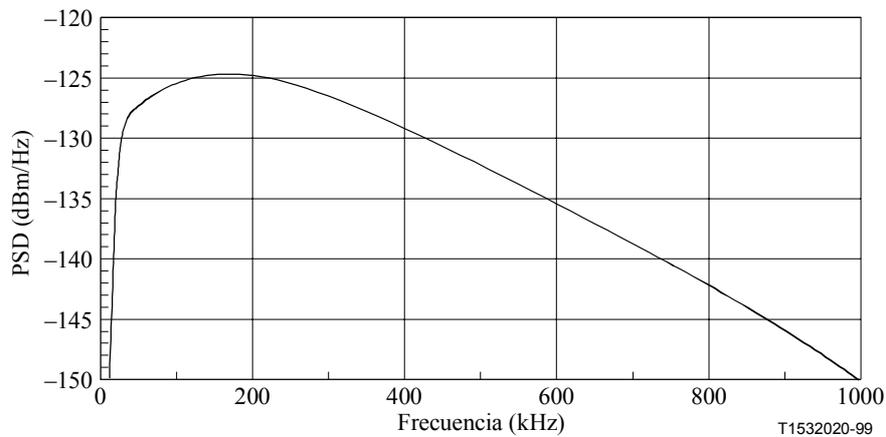


Figura 19/G.996.1 – FEXT de señales G.992.1 hacia el destino con 10 perturbadores en el bucle C #6

7.4.2 NEXT

La PSD de NEXT de señales G.992.1 hacia el destino se define como sigue:

$$PSD_{G.992.1-NEXT} = PSD_{G.992.1-Disturber} \times \left(x_n \times f^{3/2} \right) \quad \text{para } 0 \leq f < \infty, n < 50$$

donde: $x_n = 8,818 \times 10^{-14} \times (n/49)^{0,6}$ o equivalentemente, $x_n = 0,8536 \times 10^{-14} \times n^{0,6}$

La integración de la NEXT inducida en la banda de 0 a 1,104 MHz para $n = 49$ es $-25,4$ dBm.

La figura 20 muestra la PSD teórica de la NEXT de señales G.992.1 hacia el destino con 10 perturbadores.

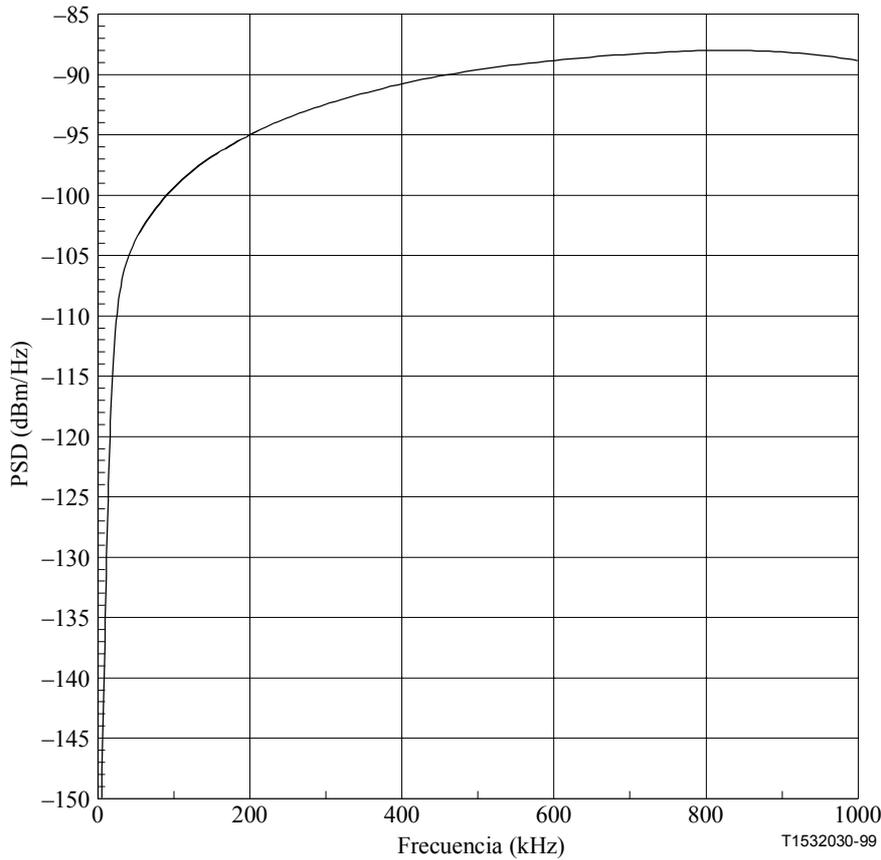


Figura 20/G.996.1 – NEXT de señales G.992.1 hacia el destino con 10 perturbadores en el sentido hacia el origen

7.5 PSD hacia el origen simulada de señales G.992.1 y NEXT y FEXT inducidas

La PSD de perturbadores de señales G.992.1 se expresa como sigue:

$$PSD_{G.992.1-Disturber} = K_{ADSL} \times \frac{2}{f_0} \times \frac{\left[\text{sen}\left(\frac{\pi f}{f_0}\right) \right]}{\left(\frac{\pi f}{f_0}\right)^2} \times |LPF(f)|^2 \times |HPF(f)|^2, \quad (0 \leq f < \infty)$$

donde: $f_0 = 276 \times 10^3$ Hz, $K_{G.992.1} = 0,02185$ vatios.

Esta ecuación da la PSD unilateral, donde $K_{G.992.1}$ es la potencia transmitida total en vatios para el transmisor G.992.1 hacia el origen antes de los filtros de conformación, y se fija de modo que la PSD no exceda de la PSD máxima permitida. f_0 es la frecuencia de muestreo en Hz y

$$|LPF(f)|^2 = \frac{f_h^\alpha}{f^\alpha + f_h^\alpha}, f_h = 138 \times 10^3 \text{ Hz}, \alpha = \frac{24}{10 \log(181,125/138)} = 20,32$$

es un filtro paso bajo con un punto de 3 dB en 138 kHz y atenuación de 24 dB en 181,125 kHz, y

$$|HPF(f)|^2 = \frac{f^\alpha + f_l^\alpha}{f^\alpha + f_h^\alpha}, f_l = 4000 \text{ Hz}, f_h = 25\,875 \text{ Hz}, \alpha = \frac{59,5}{10 \log \frac{f_h}{f_l}} = 7,34$$

es un filtro paso alto con puntos de 3 dB en 4 y 25,875 kHz y una atenuación de 59,5 dB en la banda vocal, que separa el sistema G.992.1 de POTS. Con este conjunto de parámetros, la $PSD_{G.992.1}$ es la PSD de un transmisor hacia el origen que utiliza todas las subportadoras.

7.5.1 FEXT

El modelo de atenuación de FEXT es:

$$|H_{FEXT}(f)|^2 = |H_{channel}(f)|^2 \times k \times l \times f^2 \times p$$

donde: $H_{channel}(f)$ es la función de transferencia de canal, k es la constante de acoplamiento y es

$$8 \times 10^{-20} \times (n/49)^{0,6}$$

para $n < 50$ ó $3,083 \times 10^{-20}$ para 10, 1% de perturbadores del caso más desfavorable, l es la longitud del trayecto de acoplamiento en metros, f es en Hz, p es una constante de conversión de metros en pies, igual a 3,28 pies/m.

Por tanto, la PSD de ruido de FEXT es:

$$PSD_{G.992.1} = PSD_{G.992.1} \times |H_{FEXT}(f)|^2$$

La figura 21 muestra la PSD teórica de FEXT de señales G.992.1 hacia el origen con 10 perturbadores en el bucle C #6.

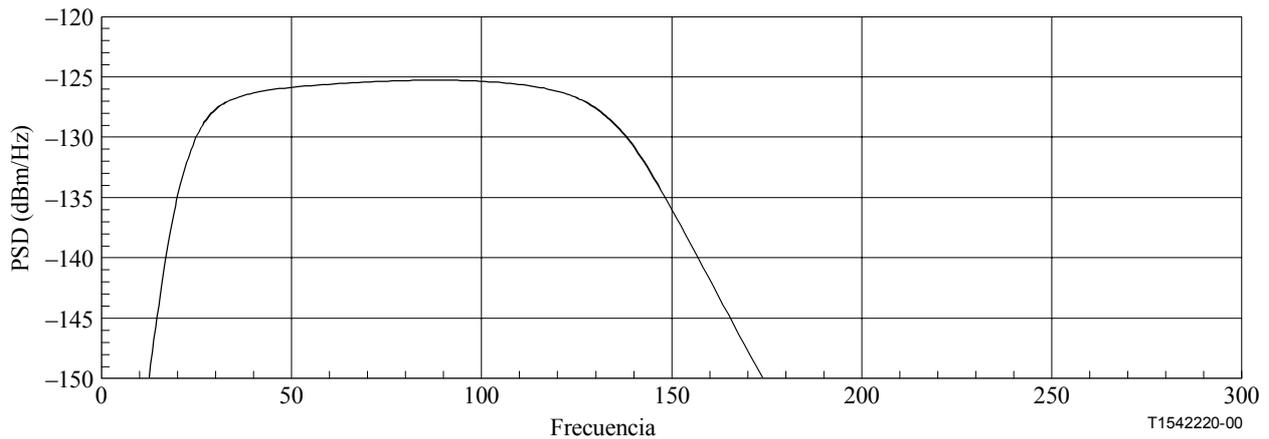


Figura 21/G.996.1 – FEXT teórica de señales G.992.1 hacia el origen con 10 perturbadores en el bucle C #6

7.5.2 NEXT

La señal G.992.1 hacia el origen ocupa nominalmente la banda de 25 a 138 kHz, pero los lóbulos laterales superiores de la señal de banda de paso más allá de 138 kHz pueden contribuir también a la NEXT en la señal hacia el destino. Su efecto dependerá del método de antisolape utilizado en el transmisor distante. La PSD de NEXT de señales G.992.1 hacia el origen se expresa como sigue:

$$PSD_{G.992.1} = PSD_{G.992.1-Disturber} \times \left(x_n \times f^{3/2} \right) \quad \text{para } 0 \leq f < \infty, n < 50$$

donde: $x_n = 8,818 \times 10^{-14} \times (n/49)^{0,6}$ o equivalentemente, $x_n = 0,8536 \times 10^{-14} \times n^{0,6}$

La figura 22 muestra la PSD teórica de NEXT de señales G.992.1 hacia el origen con 10 perturbadores en el sentido hacia el destino.

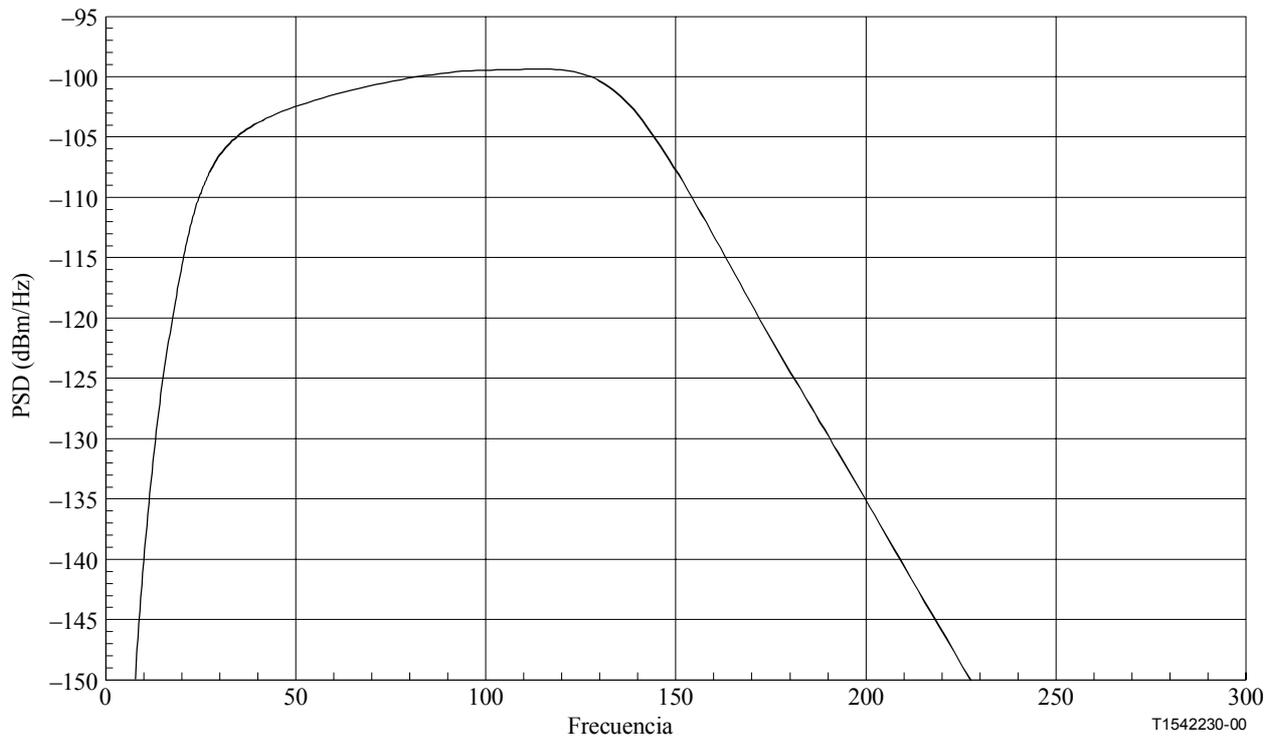


Figura 22/G.996.1 – NEXT de señales G.992.1 hacia el origen con 10 perturbadores en el sentido hacia el destino

7.6 NEXT y FEXT simuladas de señales G.992.2 hacia el destino

La PSD unilateral de perturbadores de señales G.992.2 se expresa como sigue:

$$PSD_{G.992.2-Disturber} = PSD_{G.992.2-AnnexA} - 3,5 \text{ dB}$$

7.6.1 FEXT

El modelo de atenuación de FEXT es:

$$|H_{FEXT}(f)|^2 = |H_{channel}(f)|^2 \times k \times l \times f^2 \times p$$

donde: $H_{channel}(f)$ es la función de transferencia de canal, k es la constante de acoplamiento y es

$$8 \times 10^{-20} \times (n/49)^{0,6}$$

para $n < 50$ ó $3,083 \times 10^{-20}$ para 10, 1% de perturbadores del caso más desfavorable, l es la longitud del trayecto de acoplamiento en metros, f es en Hz, p es una constante de conversión de metros en pies, igual a 3,28 pies/m.

Por tanto, la PSD de ruido de FEXT es:

$$PSD_{G.992.2-FEXT} = PSD_{G.992.2-Disturber} \times |H_{FEXT}(f)|^2$$

La integración de la FEXT inducida en la banda de 0 a 1,104 MHz y utilizando el bucle #7 de T es -83,9 dBm para $n = 49$ y -85,8 para $n = 24$.

La figura 23 muestra la PSD teórica de FEXT de señales G.992.2 hacia el destino con 49 perturbadores en el bucle T #7.

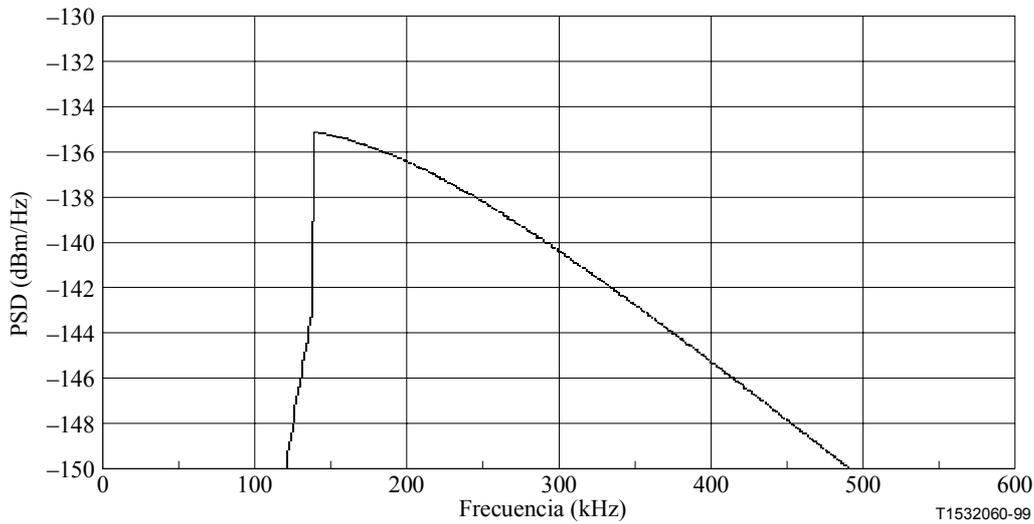


Figura 23/G.996.1 – FEXT de señales G.992.2 hacia el destino con 49 perturbadores en el bucle T #7

7.6.2 NEXT

La PSD de NEXT de señales G.992.2 hacia el destino en el sentido hacia el origen se define como sigue:

$$PSD_{G.992.2-NEXT} = PSD_{G.992.2-Disturber} \times \left(x_n \times f^{3/2} \right) \quad \text{para } 0 \leq f < \infty, n < 50$$

donde: $x_n = 8,818 \times 10^{-14} \times (n/49)^{0,6}$ o equivalentemente, $x_n = 0,8536 \times 10^{-14} \times n^{0,6}$

La integración de NEXT inducida en la banda de 0 a 1,104 MHz para $n = 49$ es $-23,3$ dBm y $-25,2$ para $n = 24$. La figura 24 muestra la PSD teórica de NEXT de señales G.992.2 hacia el destino con 49 perturbadores en el sentido hacia el origen.

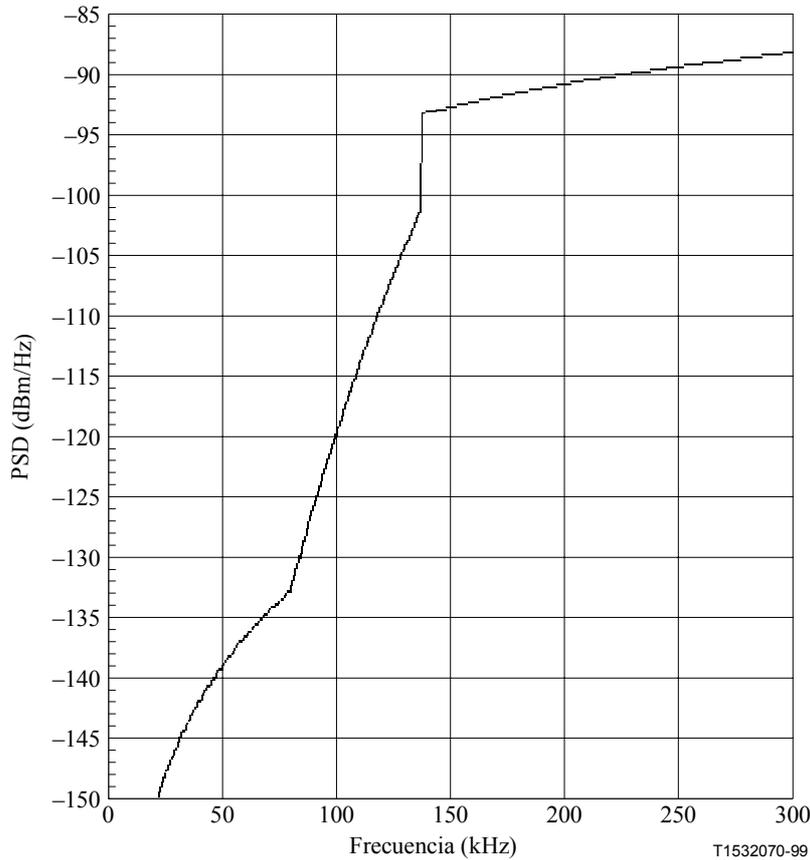


Figura 24/G.996.1 – NEXT de señales G.992.2 hacia el destino con 49 perturbadores en el sentido hacia el origen

7.7 NEXT y FEXT simuladas de señales G.992.2 hacia el origen

La PSD de perturbadores de señales G.992.2 hacia el origen se expresa como sigue:

$$PSD_{G.992.2-Disturber} = PSD_{G.992.2-AnnexA} - 3,5 \text{ dB}$$

7.7.1 FEXT

El modelo de atenuación de FEXT es:

$$|H_{FEXT}(f)|^2 = |H_{channel}(f)|^2 \times k \times l \times f^2 \times p$$

donde: $H_{channel}(f)$ es la función de transferencia de canal, k es la constante de acoplamiento y es

$$8 \times 10^{-20} \times (n/49)^{0,6}$$

para $n < 50$ ó $3,083 \times 10^{-20}$ para 10, 1% de perturbadores del caso más desfavorable, l es la longitud del trayecto de acoplamiento en metros, f es en Hz, p es una constante de conversión de metros en pies, igual a 3,28 pies/m.

Por tanto, la PSD de ruido de FEXT es:

$$PSD_{G.992.2-FEXT} = PSD_{G.992.2-Disturber} \times |H_{FEXT}(f)|^2$$

La integración de la FEXT inducida en la banda de 0 a 1,104 MHz para $n = 49$ y utilizando el bucle T #7 es $-81,8$ dBm, y $-83,7$ para $n = 24$.

La figura 25 muestra la PSD teórica de FEXT de señales G.992.2 hacia el origen con 49 perturbadores en el bucle T #7.

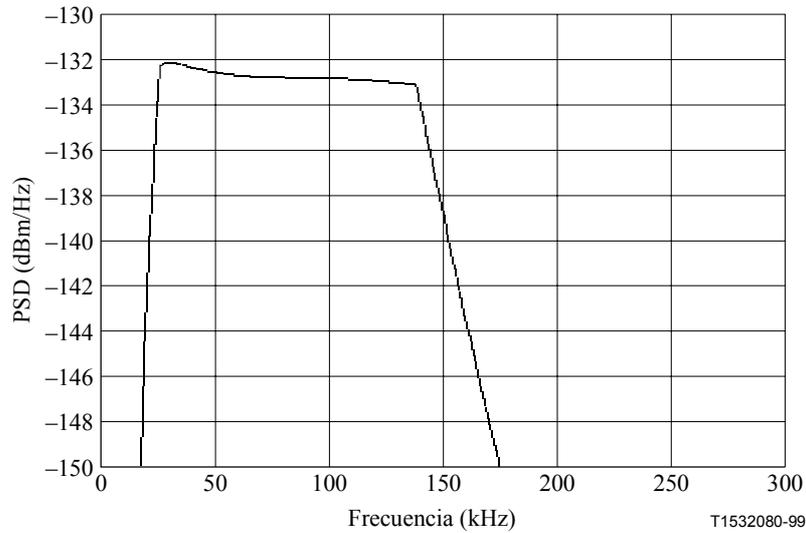


Figura 25/G.996.1 – FEXT teórica de señales G.992.2 hacia el origen con 49 perturbadores en el bucle T #7

7.7.2 NEXT

La señal G.992.2 hacia el origen ocupa nominalmente la banda de 25 a 138 kHz, pero los lóbulos laterales superiores de la señal de banda de paso más allá de 138 kHz pueden contribuir también a la NEXT en la señal hacia el destino. Su efecto dependerá del método de antisolape utilizado en el transmisor distante. La PSD de NEXT de señales G.992.2 hacia el origen se expresa como sigue:

$$PSD_{G.992.2-NEXT} = PSD_{G.992.2-Disturber} \times \left(x_n \times f^{3/2} \right) \quad \text{para } 0 \leq f < \infty, n < 50$$

donde: $x_n = 8,818 \times 10^{-14} \times (n/49)^{0,6}$ o equivalentemente, $x_n = 0,8536 \times 10^{-14} \times n^{0,6}$

La integración de NEXT en la banda de 0 a 1,104 MHz para $n = 49$ es $-43,2$ dBm, y $-45,1$ para $n = 24$.

La figura 26 muestra la PSD teórica de NEXT de señales G.992.2 hacia el origen con 49 perturbadores en el sentido hacia el destino.

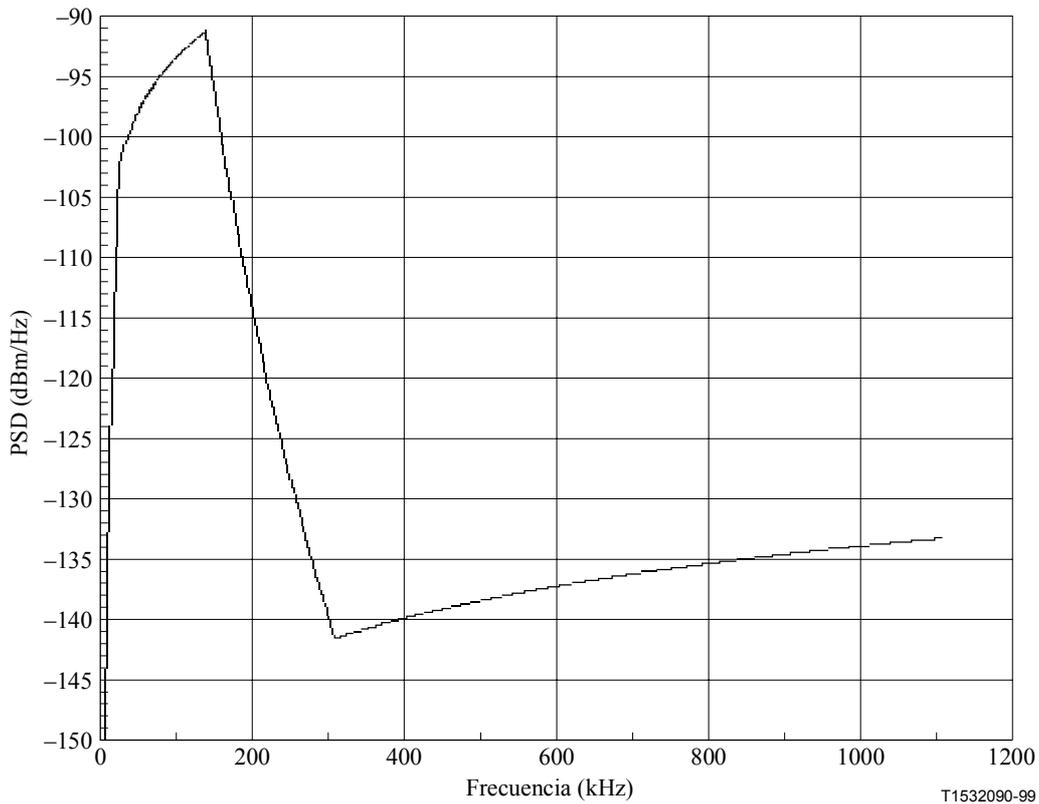


Figura 26/G.996.1 – NEXT teórica de señales G.992.2 hacia el origen con 49 perturbadores en el sentido hacia el destino

7.8 Diafonía ETSI A, ETSI B y Euro-K

La densidad espectral de potencia de las fuentes de ruido diafónico utilizadas para la prueba de conformidad se indican en la figura 27 para ETSI A, y en la figura 28 para ETSI B. ETSI A incluye tonos discretos, que representan la interferencia de radiofrecuencia que es observada comúnmente en especial en pares de hilos encaminados sobre tierra. En los cuadros 22, 23 y 24 se dan más detalles de la especificación de estos modelos de ruido.

La potencia de ruido de banda ancha resultante en la gama de frecuencia 1 kHz a 1,5 MHz para el modelo A es $-49,4 \pm 0,5$ dBm y para el modelo B es $-43,0 \pm 0,5$ dBm.

La función de densidad de probabilidad de ruido debe ser aproximadamente gaussiana con un factor de cresta = 5.

La precisión de la densidad espectral de potencia estará dentro de ± 1 dB en la gama de frecuencias 1 kHz a 1,5 MHz, cuando se mide con una anchura de banda de resolución de 1 kHz.

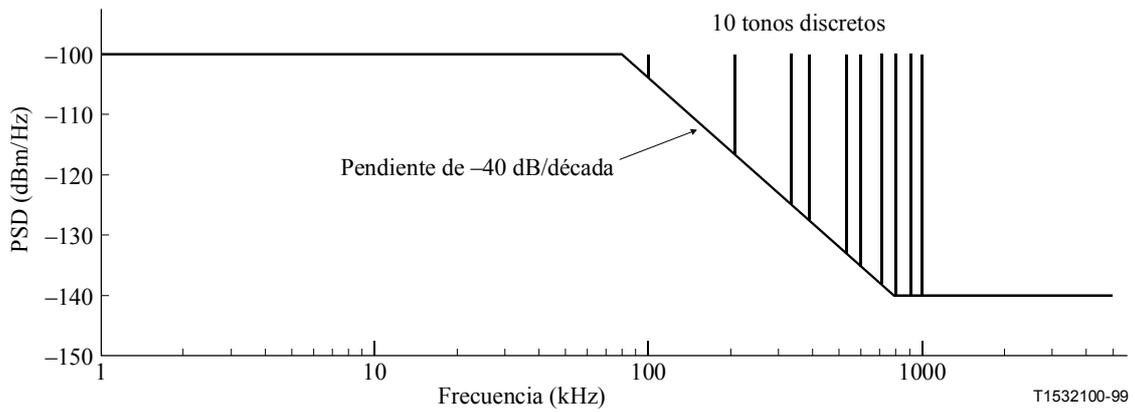


Figura 27/G.996.1 – Densidad espectral de potencia de ruido unilateral en 100 Ω para ETSI A

Cuadro 22/G.996.1 – Coordenadas para ruido de ETSI A

Frecuencia (kHz)	PSD (dBm/Hz)
1	-100
79,5	-100
795	-140
1500	-140

Cuadro 23/G.996.1 – Frecuencia y potencia de tonos para ruido de ETSI A

Frecuencia (kHz)	Potencia (dBm)
99	-70
207	-70
333	-70
387	-70
531	-70
603	-70
711	-70
801	-70
909	-70
981	-70

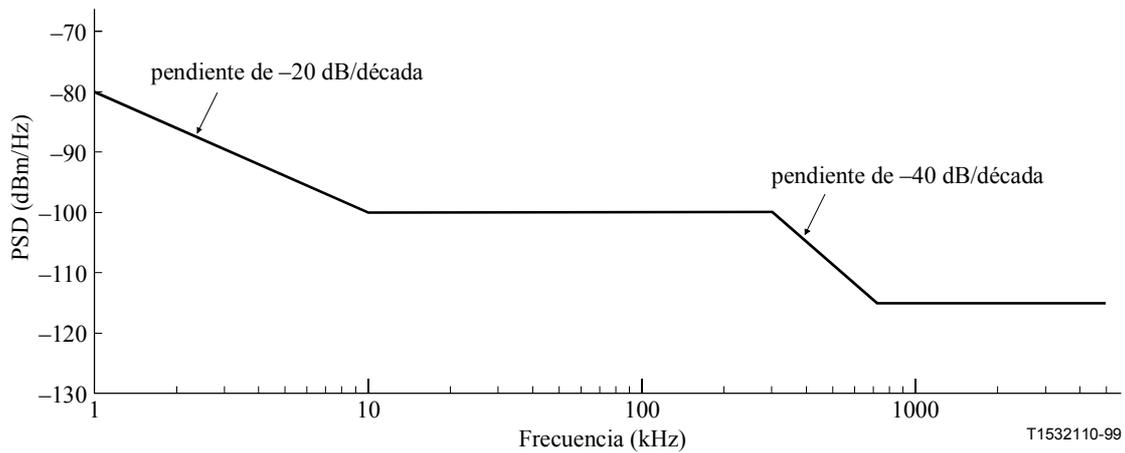


Figura 28/G.996.1 – Densidad espectral de potencia de ruido unilateral en 100 Ω para ETSI B

Cuadro 24/G.996.1 – Coordenadas para ruido de ETSI B

Frecuencia (kHz)	PSD (dBm/Hz)	PSD ($\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$)
1	-80	31,62
10	-100	3,16
300	-100	3,16
711	-115	0,56
1500	-115	0,56

El modelo Euro-K tiene un mínimo en -140 dBm/Hz, y su máximo en -94 dBm/Hz entre 135 kHz y 260 kHz. Por debajo de 135 kHz se repliega hacia el mínimo en $+7$ dB/década. Por encima de 260 kHz se repliega hacia el mínimo en -75 dB/década.

Obsérvese que Euro-K se basa en un nuevo cálculo de la interferencia debida a diafonía de ETSI A en el extremo ATU-C. Suprime básicamente los efectos secundarios de NEXT de HDSL que son aprovechados en el extremo ATU-R por ruido de ETSI A pero que no se aplican en el extremo ATU-C.

7.9 Densidad espectral de potencia de perturbadores diafónicos en un entorno de coexistencia con DSL de TCM-RDSI

7.9.1 Tipo de perturbador diafónico

Esta cláusula especifica los perturbadores diafónicos en un entorno de coexistencia con DSL de TCM-RDSI, desde el punto de vista de las características de densidad espectral de potencia (PSD) y diafonía. Se efectúan mediciones del margen de diafonía para los siguientes tipos de perturbadores procedentes de pares en el mismo grupo:

- 1) NEXT y FEXT de DSL de TCM-RDSI;
 - NEXT continua;
 - FEXT continua;
 - NEXT y FEXT alternas (para el anexo C/G.992.2).

- 2) NEXT de PSD de HDSL;
 - NEXT continua.
- 3) NEXT y FEXT hacia el destino de ADSL;
 - NEXT continua;
 - FEXT continua;
 - NEXT y FEXT alternas (para el modo mapa de bits de FEXT del anexo C/G.992.2).
- 4) NEXT y FEXT hacia el origen de ADSL;
 - NEXT continua;
 - FEXT continua;
 - NEXT y FEXT alternas (para el modo mapa de bits de FEXT del anexo C/G.992.2).

NOTA 1 – El término "ADSL" se utiliza para indicar los sistemas G.992.1 y G.992.2, a menos que se indique otra cosa.

NOTA 2 – La temporización de inyección de NEXT y FEXT alternas de DSL de TCM-RDSI se definen en 7.9.3.4.

7.9.2 Parámetros de prueba de diafonía

La atenuación debida a diafonía como resultado de múltiples pares interferentes se conoce como pérdida por suma de potencia (PSL, *power sum loss*), y se adoptan valores acumulados de 99% (caso más desfavorable 1%) para la prueba de calidad de funcionamiento de ADSL. Los valores de PSL varían según el número de pares perturbadores, el material de aislamiento de los conductores de pares (papel, polietileno) y los estados de acondicionamiento de la línea (condiciones de selección de pares) para la instalación de DSL en un par en cable en el mismo ligador.

La pérdida por suma de potencia de NEXT en dB para el número de pares perturbadores de "n" se abrevia a "NPSL_n". La pérdida por suma de potencia de FEXT en dB para el número de pares perturbadores de "n" se abrevia a "FPSL_n". Se adopta el valor de "n = 24" para todas las pruebas de diafonía. Los valores de NPSL₂₄ y FPSL₂₄ se resumen en el cuadro 25 para cada material aislante de los conductores de pares (papel, polietileno) y para cada estado de condición de línea (condiciones de selección de pares).

Cuadro 25/G.996.1 – Valores de pérdida por suma de potencia

Pérdida por suma de potencia de NEXT/FEXT	Estado de acondicionamiento de la línea	Atributo de los sistemas interferente e interferido	Material aislante del conductor de pares	
			Papel	Polietileno
NPSL ₂₄ [dB] en $f_{\text{NEXT}} = 160 \times 10^3$ [Hz]	Dentro del cuadrore	Entre sistemas/dentro del sistema	47,0 dB	49,5 dB
	Entre cuadrores	Entre sistemas (nota 1)	52,5 dB	53,5 dB
		Dentro del sistema (nota 2)	53,5 dB	55,5 dB
FPSL ₂₄ [dB] en $f_{\text{FEXT}} = 160 \times 10^3$ [Hz] en $d_{\text{FEXT}} = 1,0 \times 10^3$ [m]	Dentro del cuadrore	Entre sistemas/dentro del sistema	45,0 dB	51,0 dB
	Entre cuadrores	Entre sistemas (nota 1)	45,0 dB	51,0 dB
		Dentro del sistema (nota 2)	45,5 dB	53,0 dB
NOTA 1 – Interferencia mutua entre sistemas de transmisión diferentes.				
NOTA 2 – Interferencia mutua entre sistemas de transmisión idénticos.				

Los bucles de prueba definidos en 6.1.3 contienen bucles combinados que consisten en dos segmentos: un segmento de cable aislado con papel y un segmento de cable aislado con polietileno. En los casos en que estos bucles de prueba se formen por conexión de tipos de cables mixtos, se deben inyectar los siguientes ruidos simulados de NEXT/FEXT.

- a) El ruido de NEXT debe ser simulado utilizando los valores de PSL de NEXT (NPSL, *NEXT PSL*) correspondiente al material de aislamiento del cable conectado en el extremo cercano de un punto de inyección de NEXT.
- b) El ruido de FEXT debe ser simulado con una suma de potencia de cada trayecto de acoplamiento de FEXT utilizando la siguiente ecuación, y debe ser inyectado en un extremo distante.

$$PSD_{FEXT} = PSD_{Disturber} \times \prod_k \left(|H_{channel[k]}(f, d[k])|^2 \right) \times \sum_k \left(10^{\frac{FPSL_n[k]}{10}} \times d[k] \times d_{FEXT}^{-1} \right) \times (f^2 \times f_{FEXT}^{-2})$$

donde:

- $H_{channel[k]}(f, d[k])$: función de transferencia de canal de cada segmento de cable $[k]$ que forma el bucle de prueba
- $d[k]$: distancia de cada segmento de cable $[k]$ que forma el bucle de prueba
- $FPSL_n[k]$: valor PSL de FEXT de cada segmento de cable $[k]$ que forma el bucle de prueba

El circuito para la inyección de diafonía será calibrado para una diafonía de 0,4 dB por debajo de la especificada en esta cláusula para compensar la utilización de terminación a 100 ohmios de ADSL en vez de 110 ohmios de DSL de TCM-RDSI para la prueba de inyección de diafonía de DSL de TCM-RDSI. El circuito será calibrado para una diafonía de 1,3 dB por debajo de la especificada en esta cláusula para compensar la utilización de terminaciones a 100 ohmios de ADSL en vez de 135 ohmios de HDSL para la prueba de inyección de diafonía de HDSL.

La calibración anterior puede describirse en la ecuación siguiente.

$$PSD[injection]_{NEXT(or)FEXT} = PSD_{NEXT(or)FEXT} \times \left(\frac{Z0_{interfered}}{Z0_{interfering}} \right)$$

donde:

- $PSD[injection]_{NEXT(or)FEXT}$: PSD para inyección en el receptor
- $PSD_{NEXT(or)FEXT}$: PSD simulada indicada en 7.9
- $Z0_{interfered}$: impedancia de terminación del sistema interferido
= terminaciones de 100 ohmios de ADSL
- $Z0_{interfering}$: impedancia de terminación del sistema interferente
= terminaciones de 100 ohmios de DSL de TCM-RDSI
= terminaciones de 135 ohmios de HDSL

7.9.3 PSD simulada de DSL de TCM-RDSI y NEXT y FEXT inducidas

7.9.3.1 PSD de DSL de TCM-RDSI

La PSD de perturbadores de sistemas DSL con acceso a velocidad básica (BRA, *basic rate access*) que utilizan un método de múltiplex con compresión en el tiempo (TCM, *time compression multiplex*) se expresa como sigue:

$$PSD_{DSL-Disturber} = K_{DSL} \times \frac{2}{f_0} \times \left[\text{sen} \left(\pi \frac{f}{f_0} \right) \right]^2 \times \frac{\left[\text{sen} \left(\pi \frac{f}{2f_0} \right) \right]^2}{\left(\pi \frac{f}{2f_0} \right)^2} \times \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}} \right)^4}, \quad (0 \leq f < \infty)$$

donde: f en Hz, $f_0 = 320 \times 10^3$ Hz, $f_{3dB} = 2 \times f_0$, $K_{DSL} = \frac{V_{0p}^2}{4R}$, $V_{0p} = 6,00$ voltios y $R = 110$ ohmios

La ecuación $PSD_{DSL-Disturber}$ da la PSD unilateral de una señal de inversión de marcas alternada (AMI) de 320 kbaudios con secuencia de símbolos continuos aleatorios, con impulsos de ciclos de trabajo del 50% y filtrado de Butterworth de paso bajo de segundo orden ($f_{3dB} = 640$ kHz).

7.9.3.2 NEXT de DSL de TCM-RDSI

La PSD de NEXT de DSL se puede expresar como sigue:

$$PSD_{DSL-NEXT} = PSD_{DSL-Disturber} \times \left[10^{\frac{-NPSL_n}{10}} \times f_{NXT}^{\frac{3}{2}} \right] \times f^{\frac{3}{2}}, \quad (0 \leq f < \infty)$$

donde: f en Hz, $f_{NXT} = 160 \times 10^3$ Hz

La integración de $PSD_{DSL-Disturber}$ y $PSD_{DSL-NEXT}$ en varias gamas de frecuencias se presenta en el cuadro 26 para el caso de cable aislado con papel con estado de acondicionamiento de línea dentro del cuadrete.

Cuadro 26/G.996.1 – Potencia de transmisión de DSL de TCM-RDSI y de NEXT inducida

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión	Potencia de NEXT (NPSL ₂₄ = 47,0 dB)
0 ~ 640 kHz	18,6 dBm	-27,3 dBm
0 ~ 1280 kHz	18,6 dBm	-26,8 dBm
0 ~ 1920 kHz	18,6 dBm	-26,7 dBm
0 ~ 2560 kHz	18,6 dBm	-26,7 dBm
0 ~ 3200 kHz	18,6 dBm	-26,7 dBm

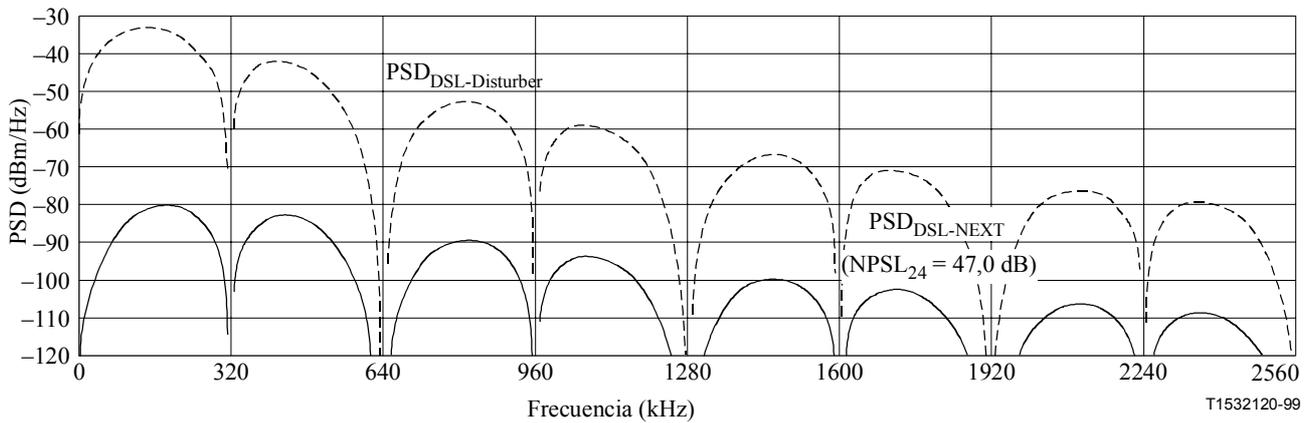


Figura 29/G.996.1 – NEXT de DSL de TCM-RDSI de 24 perturbadores

7.9.3.3 FEXT de DSL de TCM-RDSI

La PSD de la FEXT de DSL se puede expresar como sigue:

$$PSD_{DSL-FEXT} = PSD_{DSL-Disturber} \times |H_{channel}(f, d)|^2 \times \left[10^{\frac{FPSL_n}{10}} \times d_{FXT}^{-1} \times f_{FXT}^{-2} \right] \times d \times f^2, \quad (0 \leq f < \infty)$$

donde: f en Hz, d en metros, $f_{FXT} = 160 \times 10^3$ Hz, $d_{FXT} = 1,0 \times 10^3$ metros.

$H_{channel}(f, d)$ es la función de transferencia de canal, " d " es la distancia del trayecto de acoplamiento en metros, y depende de los bucles de prueba definidos en 6.1.3. La suma de potencias de $PSD_{DSL-FEXT}$ se requiere para los bucles de prueba formados por una conexión de tipos de cables mixtos, según se describe en 7.9.2.

La integración de $PSD_{DSL-Disturber}$ y $PSD_{DSL-FEXT}$ en diversas gamas de frecuencias se presenta en el cuadro 27 para el caso de cable aislado con papel de 0,4 mm con estado de acondicionamiento de línea dentro del cuadrete y con $d = 2,07 \times 10^3$, $2,94 \times 10^3$, $3,97 \times 10^3$ y $5,16 \times 10^3$ metros.

Cuadro 27/G.996.1 – Potencia de transmisión de DSL de TCM-RDSI y FEXT inducida

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión	Potencia de FEXT (FPSL ₂₄ = 45,0 dB)			
		d = 2,07 km	d = 2,94 km	d = 3,97 km	d = 5,16 km
0 ~ 640 kHz	18,6 dBm	-50,3 dBm	-59,5 dBm	-70,4 dBm	-82,7 dBm
0 ~ 1280 kHz	18,6 dBm	-50,3 dBm	-59,5 dBm	-70,4 dBm	-82,7 dBm
0 ~ 1920 kHz	18,6 dBm	-50,3 dBm	-59,5 dBm	-70,4 dBm	-82,7 dBm
0 ~ 2560 kHz	18,6 dBm	-50,3 dBm	-59,5 dBm	-70,4 dBm	-82,7 dBm
0 ~ 3200 kHz	18,6 dBm	-50,3 dBm	-59,5 dBm	-70,4 dBm	-82,7 dBm

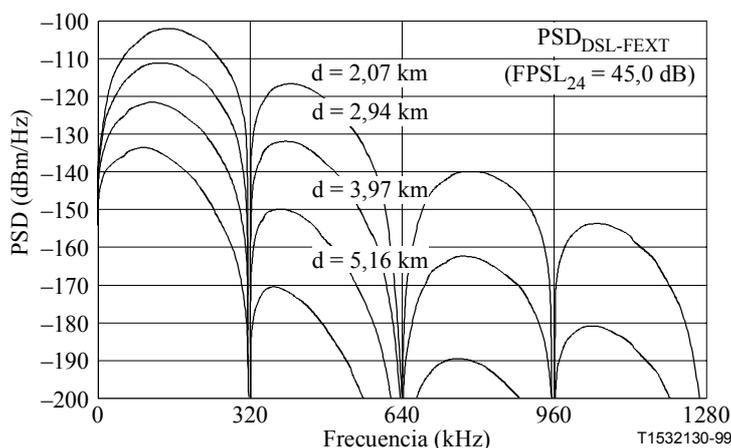


Figura 30/G.996.1 – FEXT de DSL de TCM-RDSI de 24 perturbadores

7.9.3.4 Temporización de inyección de NEXT y FEXT alternas de DSL de TCM-RDSI

Para probar la calidad de transmisión de un sistema ADSL conforme a G.992.1/anexo C/G.992.2 (ADSL que funciona en un entorno de coexistencia con DSL de TCM-RDSI), la PSD simulada calibrada de NEXT/FEXT de DSL de TCM-RDSI definida anteriormente será inyectada alternativamente en modo ráfagas como se especifica en la figura 31, que es el modelo simplificado del caso más desfavorable en relación con la referencia de temporización de TCM-RDSI (esta referencia de temporización TCM-RDSI se describe en G.992.1/anexo C/G.992.2) y se deriva del esquema del transceptor de señales DSL de TCM-RDSI.

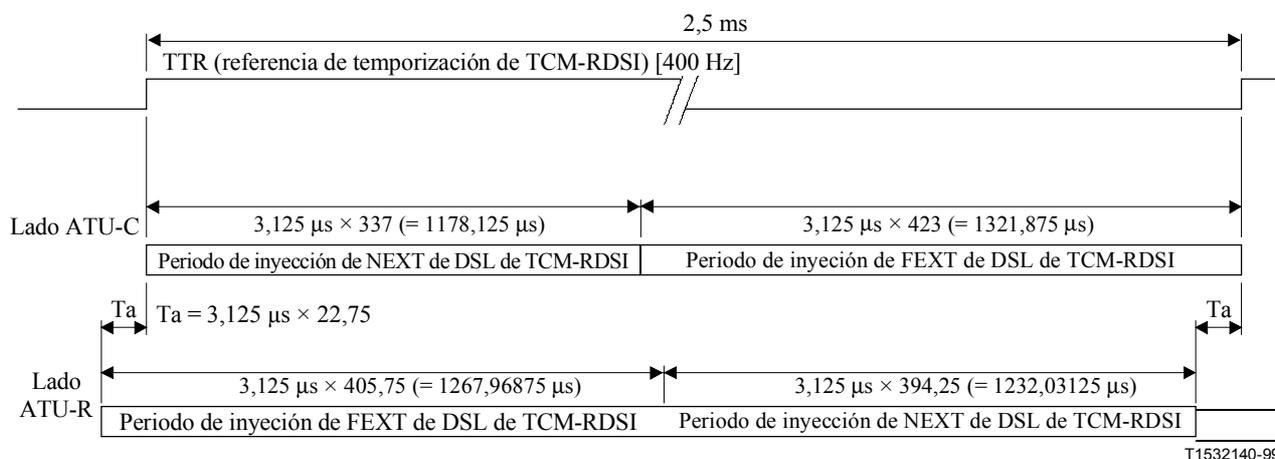


Figura 31/G.996.1 – Temporización de inyección de NEXT y FEXT alternas de DSL de TCM-RDSI

NOTA 1 – Para probar la calidad de transmisión de un sistema ADSL conforme al texto principal de G.992.1/G.992.2, se permite inyectar la PSD de NEXT/FEXT de DSL de TCM-RDSI en modo continuo. En este caso, el umbral de error especificado para ADSL con interferencia diafónica de DSL de TCM-RDSI es una BER de $2,12 \times$ BER objetiva. Esto se debe a que la DSL de TCM-RDSI transmite señales en modo ráfagas. La relación entre el periodo de transmisión de señales en ráfagas y el periodo de repetición de ráfagas de 2,5 ms es periodos de 377 impulsos/periodos de 800 impulsos ($= 1/2,12$) y la señal de transmisión en modo ráfagas sólo origina ruido NEXT/FEXT.

NOTA 2 – La temporización de inyección de FEXT de la figura 31 es también aplicable para probar la interferencia de diafonía entre un sistema ADSL conforme con la FBM de G.992.1/anexo C/G.992.2. En esta prueba, la FEXT de DSL de TCM-RDSI en el lado ATU-C debe sustituirse por la FEXT ascendente de ADSL definida en 7.9.6.3. Además, la FEXT de DSL del TCM-RDSI en el lado ATU-R debe sustituirse por la FEXT descendente de ADSL definida en 7.9.5.3. La NEXT de DSL de TCM-RDSI en los lados ATU-C y ATU-R debe sustituirse por ausencia de ruido.

7.9.4 PSD de HDSL simulada y NEXT inducida

7.9.4.1 PSD de HDSL

La PSD de perturbadores de señales HDSL se expresa como sigue:

$$PSD_{HDSL-Disturber} = K_{HDSL} \times \frac{2}{f_0} \times \frac{\left[\text{sen} \left(\pi \frac{f}{f_0} \right) \right]^2}{\pi \left(\frac{f}{f_0} \right)^2} \times \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}} \right)^8}, \quad (0 \leq f < \infty)$$

donde:

$$f \text{ en Hz, } f_0 = 392 \times 10^3 \text{ Hz, } f_{3dB} = \frac{f_0}{2}, K_{HDSL} = \frac{5}{9} \times \frac{V_{0p}^2}{R}, V_{0p} = 2,70 \text{ voltios y } R = 135 \text{ ohmios}$$

La ecuación $PSD_{HDSL-Disturber}$ da la PSD unilateral de una señal 2B1Q de 392 kbaudios con secuencia de símbolos de nivel equiprobable continuos aleatorios, con impulsos de ciclo de trabajo del 100% y filtrado de Butterworth de paso bajo de cuarto orden ($f_{3dB} = 196 \text{ kHz}$).

7.9.4.2 NEXT de HDSL

La PSD de NEXT de HDSL puede expresarse como:

$$PSD_{HDSL-NEXT} = PSD_{HDSL-Disturber} \times \left[10^{\frac{-NPSL_n}{10}} \times f_{NXT}^{\frac{-3}{2}} \right] \times f^{\frac{3}{2}} \quad (0 \leq f < \infty)$$

donde: f en Hz, $f_{NXT} = 160 \times 10^3 \text{ Hz}$

La integración de $PSD_{HDSL-Disturber}$ y $PSD_{HDSL-NEXT}$ en varias gamas de frecuencias se presenta en el cuadro 28 para el caso de cable aislado con papel con estado de acondicionamiento de línea dentro del cuadro.

Cuadro 28/G.996.1 – Potencia de transmisión de HDSL y NEXT inducida

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión	Potencia de NEXT (NPSL ₂₄ = 47,0 dB)
0 ~ 196 kHz	13,4 dBm	-37,4 dBm
0 ~ 392 kHz	13,6 dBm	-36,8 dBm
0 ~ 784 kHz	13,6 dBm	-36,8 dBm
0 ~ 1568 kHz	13,6 dBm	-36,8 dBm
0 ~ 3136 kHz	13,6 dBm	-36,8 dBm

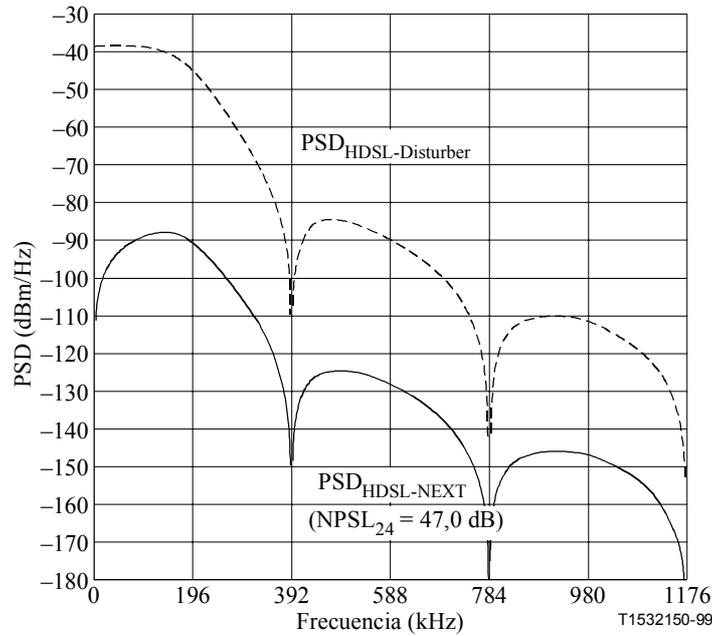


Figura 32/G.996.1 – NEXT de HDSL de 24 perturbadores

7.9.5 PSD hacia el destino de ADSL simulada y NEXT y FEXT inducidas

7.9.5.1 PSD hacia el destino de ADSL

La PSD de los perturbadores de señales G.992.1/G.992.2 se expresa como sigue:

$$PSD_{ADSL,ds-Disturber} = K_{ADSL,ds} \times \frac{2}{f_0} \times \frac{\left[\text{sen} \left(\pi \frac{f}{f_0} \right) \right]^2}{\left(\pi \frac{f}{f_0} \right)^2} \times \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{LP3dB}} \right)^{12}} \times \frac{1}{1 + \left(\frac{f_{HP3dB}}{f} \right)^N},$$

$(0 \leq f < \infty)$

donde:

$$f \text{ en Hz, } f_0 = 2,208 \times 10^6 \text{ Hz, } f_{LP3dB} = \frac{f_0}{2} \text{ (for G.992.1), } f_{LP3dB} = \frac{f_0}{4} \text{ (para G.992.2)}$$

$$f_{HP3dB} = 25,875 \times 10^3 \text{ Hz, } N = 8 \text{ (para EC)}$$

$$f_{HP3dB} = 138 \times 10^3 \text{ Hz, } N = 16 \text{ (para FDM)}$$

$$K_{ADSL,ds} = 0,1104 \text{ vatios (correspondiente a la PSD de banda de paso máxima de } -40 \text{ dBm/Hz)}$$

La ecuación $PSD_{ADSL,ds-Disturber}$ da la PSD unilateral con filtrado de Butterworth de paso bajo de sexto orden [$f_{LP3dB} = 1104$ kHz (G.992.1) o 552 kHz (G.992.2)], rechazando la PSD de banda de parada y con filtrado de paso alto de N-ésimo orden [$f_{HP3dB} = 25,875$ kHz, $N = 8$ (EC) o 138 kHz, $N = 16$ (FDM)], separando la señal ADSL de la señal POTS para EC, o separando la señal hacia el destino ADSL de la señal hacia el origen ADSL para FDM.

7.9.5.2 NEXT hacia el destino de ADSL en el sentido hacia el origen

La PSD de la NEXT hacia el destino de señales G.992.1/G.992.2 en el sentido hacia el origen puede expresarse como sigue:

$$PSD_{ADSL,ds-NEXT} = PSD_{ADSL,ds-Disturber} \times \left[10^{-\frac{NPSL_n}{10}} \times f_{NXT}^{-\frac{3}{2}} \right] \times f^{\frac{3}{2}}, \quad (0 \leq f < \infty)$$

donde: f en Hz, $f_{NXT} = 160 \times 10^3$ Hz

La integración $PSD_{ADSL,ds-NEXT}$ en varias gamas de frecuencias se presenta en el cuadro 29 (G.992.1, FDM) y en el cuadro 30 (G.992.2, FDM) para el caso de cable aislado con papel con estado de acondicionamiento de línea dentro del cuadrore.

Cuadro 29/G.996.1 – Potencia de transmisión hacia el destino de señales G.992.1 FDM y potencia de NEXT inducida

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión	Potencia de NEXT (NPSL ₂₄ = 47,0 dB)
0 ~ 1104 kHz	18,4 dBm	-20,4 dBm
0 ~ 2208 kHz	18,5 dBm	-20,0 dBm
0 ~ 4416 kHz	18,5 dBm	-20,0 dBm

Cuadro 30/G.996.1 – Potencia de transmisión hacia el destino de señales G.992.2 FDM y potencia de NEXT inducida

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión	Potencia de NEXT (NPSL ₂₄ = 47,0 dB)
0 ~ 552 kHz	15,5 dBm	-26,7 dBm
0 ~ 1104 kHz	15,8 dBm	-25,9 dBm
0 ~ 2208 kHz	15,8 dBm	-25,9 dBm

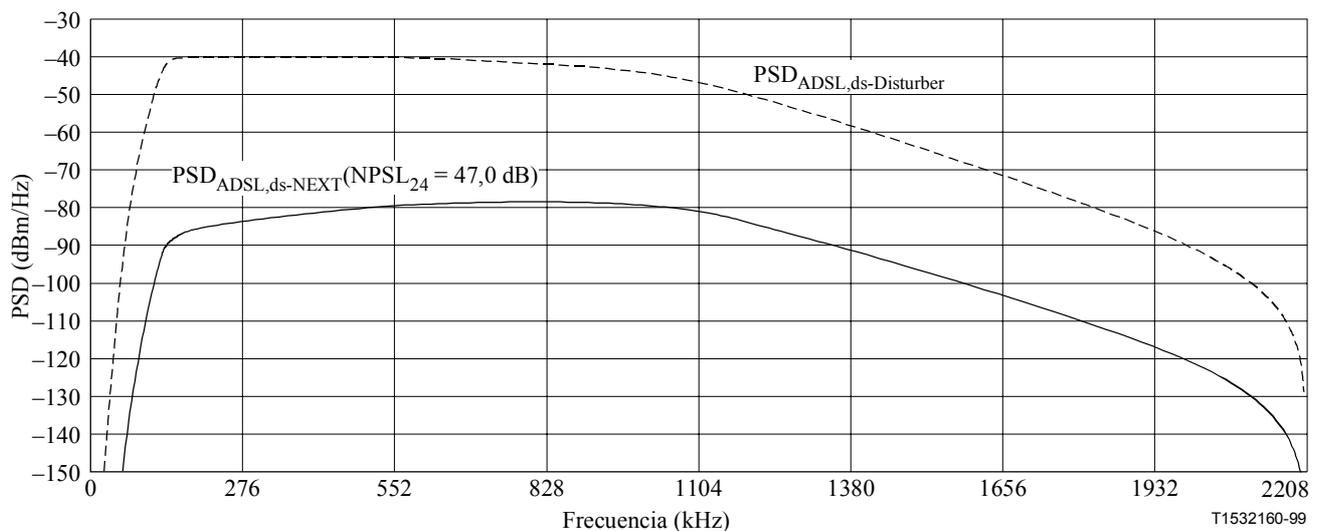


Figura 33/G.996.1 – NEXT hacia el destino de señales G.992.1 (FDM) de 24 perturbadores

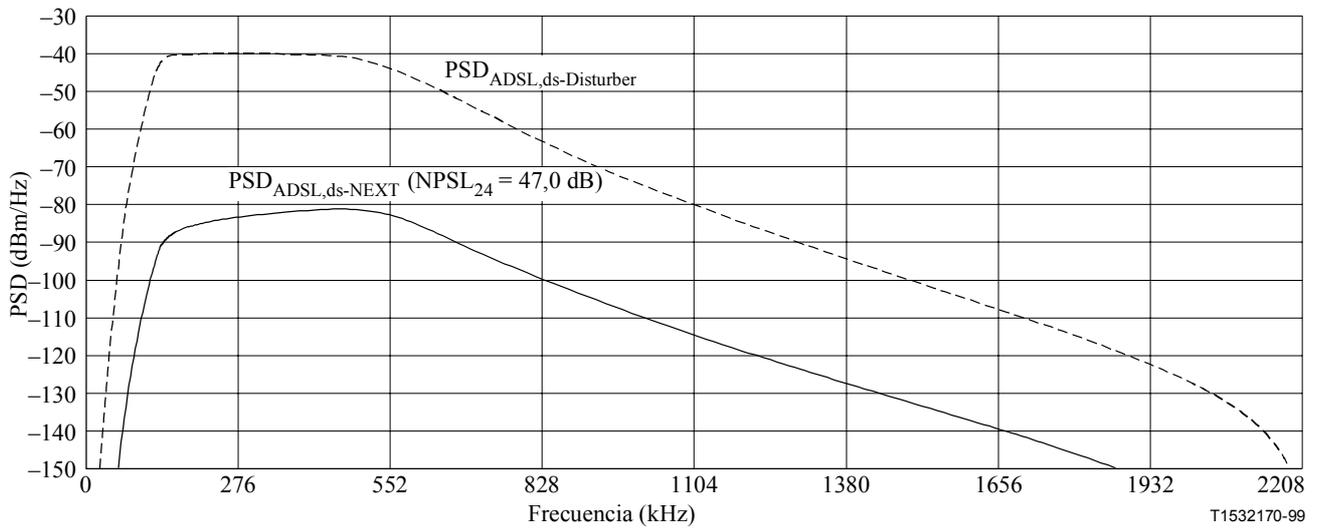


Figura 34/G.996.1 – NEXThacia el destino de señales G.992.2 (FDM) de 24 perturbadores

7.9.5.3 FEXT hacia el destino de ADSL en el sentido hacia el destino

La PSD de la FEXT hacia el destino de señales G.992.1/G.992.2 en el sentido hacia el destino se puede expresar como sigue:

$$PSD_{ADSL,ds-FEXT} = PSD_{ADSL,ds-Disturber} \times |H_{channel}(f, d)|^2 \times \left[10^{\frac{FPSL_n}{10}} \times d_{FXT}^{-1} \times f_{FXT}^{-2} \right] \times d \times f^2, \quad (0 \leq f < \infty)$$

donde: f en Hz, d en metros, $f_{FXT} = 160 \times 10^3$ Hz, $d_{FXT} = 1,0 \times 10^3$ metros

$H_{channel}(f, d)$ es la función de transferencia de canal, " d " es la distancia del trayecto de acoplamiento en metros. La suma de potencia de $PSD_{ADSL,ds-FEXT}$ para un bucle de prueba combinado se describe en 7.9.2.

La integración de $PSD_{ADSL,ds-Disturber}$ y $PSD_{ADSL,ds-FEXT}$ en varias gamas de frecuencias se presenta en el cuadro 31 (señales G.992.1, FDM) y en el cuadro 32 (señales G.992.2, FDM) para el caso de cable aislado con papel de 0,4 mm con estado de acondicionamiento de línea dentro del cuadrete y con $d = 2,07 \times 10^3, 2,94 \times 10^3, 3,97 \times 10^3$ y $5,16 \times 10^3$ metros.

Cuadro 31/G.996.1 – Potencia de transmisión hacia el destino de señales G.992.1 FDM y potencia de FEXT inducida

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión	Potencia de FEXT (FPSL ₂₄ = 45,0 dB)			
		d = 2,07 km	d = 2,94 km	d = 3,97 km	d = 5,16 km
0 ~ 1104 kHz	18,4 dBm	-54,9 dBm	-66,5 dBm	-79,5 dBm	-94,2 dBm
0 ~ 2208 kHz	18,5 dBm	-54,9 dBm	-66,5 dBm	-79,5 dBm	-94,2 dBm
0 ~ 4416 kHz	18,5 dBm	-54,9 dBm	-66,5 dBm	-79,5 dBm	-94,2 dBm

Cuadro 32/G.996.1 – Potencia de transmisión hacia el destino de señales G.992.2 FDM y potencia de FEXT inducida

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión	Potencia de FEXT (FPSL ₂₄ = 45,0 dB)			
		d = 2,07 km	d = 2,94 km	d = 3,97 km	d = 5,16 km
0 ~ 552 kHz	15,5 dBm	-55,2 dBm	-66,5 dBm	-79,5 dBm	-94,2 dBm
0 ~ 1105 kHz	15,8 dBm	-55,1 dBm	-66,5 dBm	-79,5 dBm	-94,2 dBm
0 ~ 2208 kHz	15,8 dBm	-55,1 dBm	-66,5 dBm	-79,5 dBm	-94,2 dBm

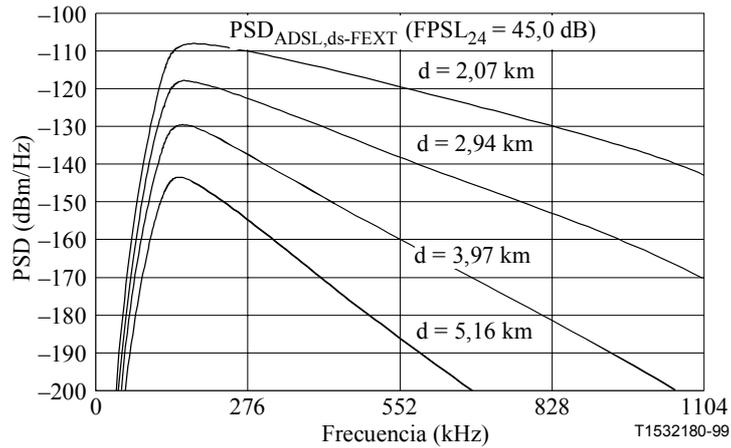


Figura 35/G.996.1 – FEXT hacia el destino de señales G.992.1 (FDM) de 24 perturbadores

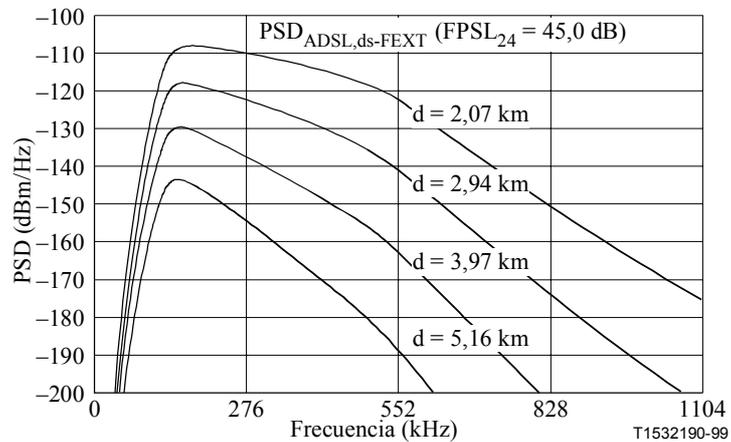


Figura 36/G.996.1 – FEXT hacia el destino de señales de G.992.2 (FDM) de 24 perturbadores

7.9.6 PSD hacia el origen de ADSL simulada y NEXT y FEXT inducidas

7.9.6.1 PSD hacia el origen de ADSL

La PSD unilateral de los perturbadores hacia el origen de señales G.992.1/G.992.2 se puede expresar como sigue:

$$PSD_{ADSL,us-Disturber} = K_{ADSL,us} \times \frac{2}{f_0} \times \frac{\left[\text{sen} \left(\pi \frac{f}{f_0} \right) \right]^2}{\left(\pi \frac{f}{f_0} \right)^2} \times \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{LP3dB}} \right)^{16}} \times \frac{1}{1 + \left(\frac{f_{HP3dB}}{f} \right)^8},$$

$(0 \leq f < \infty)$

donde: f en Hz, $f_0 = 276 \times 10^3$ Hz, $f_{LP3dB} = 138 \times 10^3$, $f_{HP3dB} = 25,875 \times 10^3$ Hz,

$K_{ADSL,us} = 0,02187$ vatios (correspondiente a la PSD de banda de paso máxima de -38 dBm/Hz)

7.9.6.2 NEXT hacia el origen de ADSL en el sentido hacia el destino

La PSD de NEXT hacia el origen de señales G.992.1/G.992.2 en el sentido hacia el destino se puede expresar como sigue:

$$PSD_{ADSL,us-NEXT} = PSD_{ADSL,us-Disturber} \times \left[10^{\frac{-NPSL_a}{10}} \times f_{NXT}^{\frac{-3}{2}} \right] \times f^{\frac{3}{2}}, \quad (0 \leq f < \infty)$$

donde: f en Hz, $f_{NXT} = 160 \times 10^3$ Hz

La integración de $PSD_{ADSL,us-Disturber}$ y $PSD_{ADSL,us-NEXT}$ en varias gamas de frecuencia se presenta en el cuadro 33 para el caso de un cable aislado con papel con estado de acondicionamiento de línea dentro del cuadro.

Cuadro 33/G.996.1 – Potencia de transmisión hacia el origen de señales G.992.1/G.992.2 y potencia de NEXT inducida

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión	Potencia de NEXT (NPSL ₂₄ = 47,0 dB)
0 ~ 138,000 kHz	10,9 dBm	-40,9 dBm
0 ~ 181,125 kHz	11,0 dBm	-40,6 dBm
0 ~ 224,250 kHz	11,0 dBm	-40,6 dBm

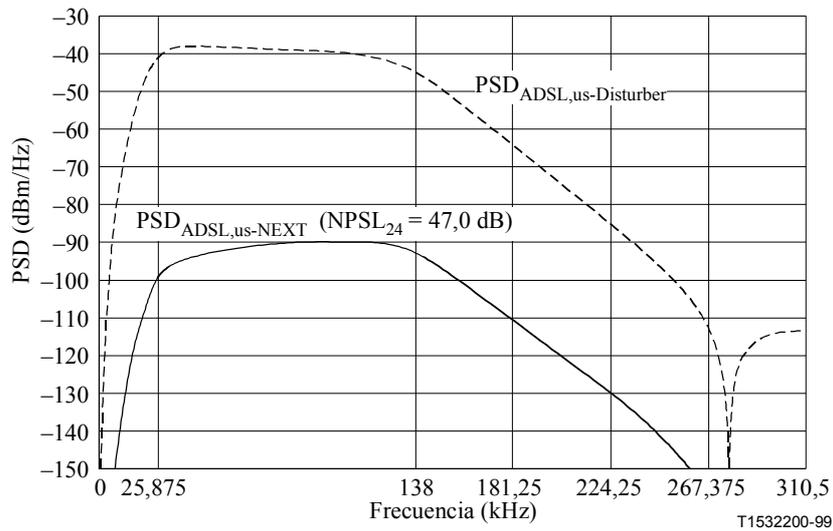


Figura 37/G.996.1 – NEXT hacia el origen de señales G.992.1/G.992.2 de 24 perturbadores

7.9.6.3 FEXT hacia el origen de ADSL en el sentido hacia el origen

La PSD de FEXT hacia el origen de señales G.992.1/G.992.2 en el sentido hacia el origen se puede expresar como sigue:

$$PSD_{ADSL,us-FEXT} = PSD_{ADSL,us-Disturber} \times |H_{channel}(f, d)|^2 \times \left[10^{\frac{FPSL_n}{10}} \times d_{FXT}^{-1} \times f_{FXT}^{-2} \right] \times d \times f^2, \quad (0 \leq f < \infty)$$

donde: f en Hz, d en metros, $f_{FXT} = 160 \times 10^3$ Hz, $d_{FXT} = 1,0 \times 10^3$ metros

$H_{channel}(f, d)$ es la función de transferencia de canal, " d " es la distancia del trayecto de acoplamiento en metros. La suma de potencia de $PSD_{ADSL,us-FEXT}$ para un bucle de prueba combinado se describe en 7.9.2.

La integración de $PSD_{ADSL,us-Disturber}$ y $PSD_{ADSL,us-FEXT}$ en varias gamas de frecuencias se presenta en el cuadro 34 para el caso de un cable aislado con papel de 0,4 mm con estado de acondicionamiento de línea dentro del cuadrete con $d = 2,07 \times 10^3$, $2,94 \times 10^3$, $3,97 \times 10^3$ y $5,16 \times 10^3$ metros.

Cuadro 34/G.996.1 – Potencia de transmisión hacia el origen de señales G.992.1/G.992.2 y potencia de FEXT inducida

Gama de frecuencia	Potencia de transmisión	Potencia de FEXT (FPSL ₂₄ = 45,0 dB)			
		d = 2,07 km	d = 2,94 km	d = 3,97 km	d = 5,16 km
0 ~ 138,000 kHz	10,9 dBm	-59,1 dBm	-66,5 dBm	-75,5 dBm	-86,0 dBm
0 ~ 181,125 kHz	11,0 dBm	-58,9 dBm	-66,4 dBm	-75,4 dBm	-85,9 dBm
0 ~ 224,250 kHz	11,0 dBm	-58,9 dBm	-66,4 dBm	-75,4 dBm	-85,9 dBm

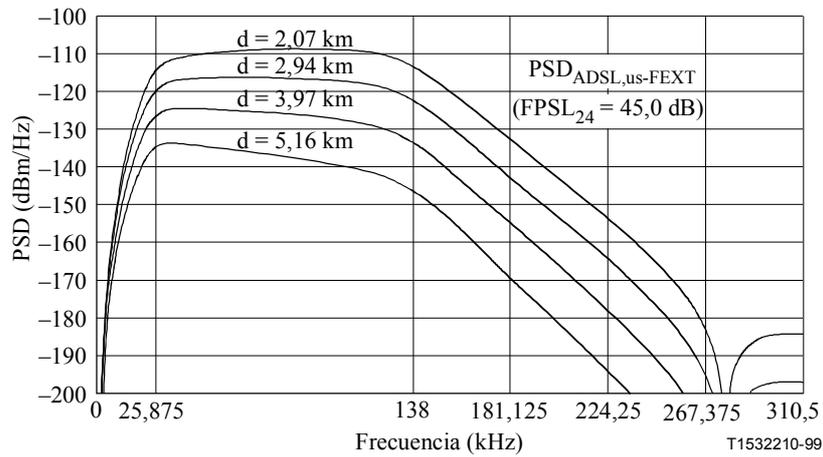


Figura 38/G.996.1 – FEXT hacia el origen de señales G.992.1/G.992.2 de 24 perturbadores

8 Características de formas de onda de ruido impulsivo

En las figuras 39 y 40 se muestran las dos formas de onda de ruido impulsivo de prueba. Los cuadros 35 y 36 contienen la amplitud de la onda del impulso en milivoltios a intervalos de 160 nanosegundos.

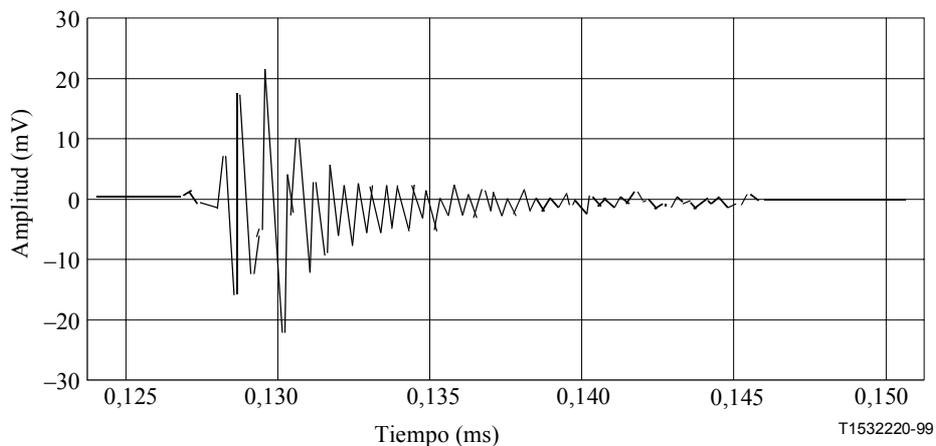


Figura 39/G.996.1 – Impulso de prueba 1

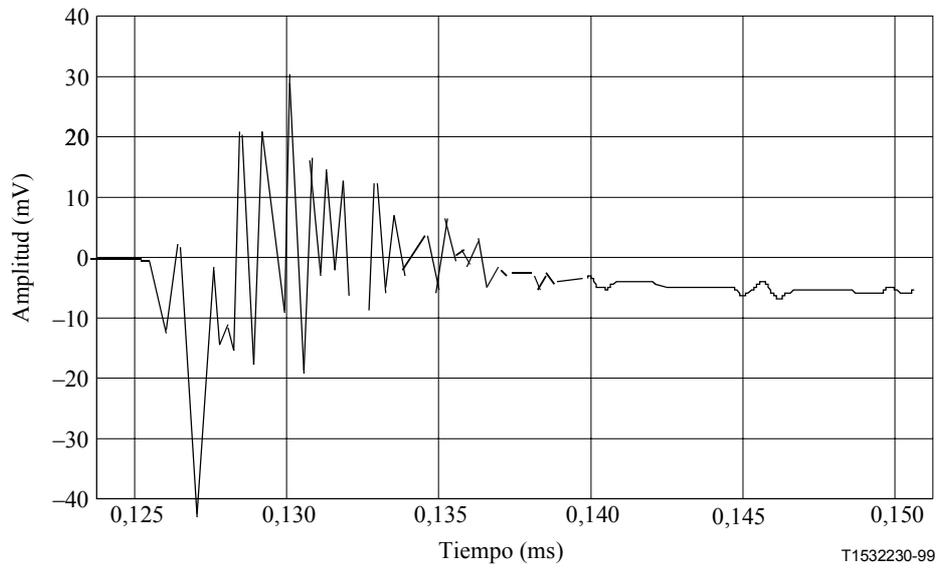


Figura 40/G.996.1 – Impulso de prueba 2

Cuadro 35/G.996.1 – Impulso número 1

Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV
1	0,0000	51	-6,3934	101	0,1598
2	0,0000	52	1,7582	102	-1,7582
3	0,0000	53	2,2377	103	0,1598
4	0,0000	54	-4,9549	104	0,4795
5	0,0000	55	2,2377	105	-1,2787
6	0,0000	56	1,7582	106	0,7992
7	0,0000	57	-5,5943	107	1,2787
8	0,0000	58	1,4385	108	-0,7992
9	0,0000	59	2,3975	109	0,0000
10	0,9590	60	-3,6762	110	-0,3197
11	-0,4795	61	1,4385	111	-2,2377
12	-1,2787	62	0,4795	112	-1,1188
13	-1,1188	63	-5,7541	113	-0,7992
14	-1,4385	64	-0,4795	114	-1,5984
15	-1,5984	65	0,3197	115	0,1598
16	-2,2377	66	-3,3566	116	0,4795
17	-1,4385	67	2,3975	117	-0,9590
18	7,6721	68	2,3975	118	0,0000
19	6,7131	69	-3,1967	119	-0,3197
20	-16,6229	70	0,7992	120	-1,5984
21	-12,9467	71	0,6393	121	0,0000
22	18,7008	72	-3,5164	122	0,4795
23	9,5902	73	1,1188	123	-0,7992
24	-13,5861	74	1,7582	124	0,4795
25	-5,2746	75	-2,3975	125	0,7992
26	-6,3934	76	1,2787	126	-0,9590
27	-1,9180	77	0,9590	127	-0,9590
28	23,0164	78	-3,3566	128	-0,4795
29	3,9959	79	0,0000	129	-0,6393
30	-23,4959	80	0,1598	130	0,4795
31	-3,1967	81	-3,0369	131	1,1188
32	4,3156	82	1,1188	132	0,0000
33	-3,0369	83	1,5984	133	0,0000
34	10,7090	84	-2,0779	134	0,0000
35	2,2377	85	0,1598	135	0,0000
36	-12,9467	86	0,3197	136	0,0000

Cuadro 35/G.996.1 – Impulso número 1

Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV
37	3,1967	87	-2,5574	137	0,0000
38	1,9180	88	0,1598	138	0,0000
39	-9,9098	89	0,1598	139	0,0000
40	5,5943	90	-2,0779	140	0,0000
41	5,9139	91	0,6393		
42	-6,7131	92	0,9590		
43	2,3975	93	-1,7582		
44	1,2787	94	-0,1598		
45	-8,4713	95	-0,6393		
46	2,5574	96	-3,0369		
47	2,8771	97	-0,3197		
48	-6,0738	98	0,4795		
49	2,2377	99	-1,4385		
50	1,7582	100	0,4795		

Cuadro 36/G.996.1 – Impulso número 2

Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV
1	0,0000	51	0,6404	101	0,6404
2	0,0000	52	15,5295	102	0,6404
3	0,0000	53	18,8916	103	-0,4803
4	0,0000	54	-3,8424	104	-0,3202
5	0,0000	55	-3,0419	105	-0,9606
6	0,0000	56	11,6872	106	-2,8818
7	0,0000	57	-0,3202	107	-2,5616
8	0,0000	58	-7,5246	108	-0,8005
9	0,0000	59	13,4483	109	-0,4803
10	-0,6404	60	18,4113	110	-0,8005
11	0,9606	61	-0,4803	111	-0,4803
12	0,1601	62	-3,0419	112	-0,9606
13	-5,4433	63	9,7660	113	-1,1207
14	-12,3276	64	11,2069	114	-0,6404
15	-12,1675	65	4,0025	115	-0,4803
16	0,0000	66	0,6404	116	-0,9606
17	5,2832	67	0,6404	117	-1,4409
18	0,1601	68	1,7611	118	-1,6010
19	-20,8128	69	3,3621	119	-1,2808
20	-45,3078	70	5,6034	120	-0,9606
21	-46,7487	71	7,8448	121	-0,9606
22	-28,9778	72	2,5616	122	-1,2808
23	-13,4483	73	-4,6428	123	-1,1207
24	0,6404	74	0,6404	124	-1,1207
25	0,9606	75	10,7266	125	-1,4409
26	-14,4089	76	8,3251	126	-1,4409
27	-13,7685	77	1,9212	127	-1,4409
28	-9,4458	78	3,6823	128	-2,0813
29	-17,4507	79	4,3227	129	-2,4015
30	-2,5616	80	0,3202	130	-1,9212
31	26,5763	81	2,7217	131	-1,4409
32	16,1699	82	7,2044	132	-1,1207
33	-17,7709	83	3,2020	133	-1,2808
34	-17,1305	84	-2,7217	134	-1,9212
35	13,6084	85	-1,4409	135	-2,2414
36	27,0566	86	1,2808	136	-2,2414

Cuadro 36/G.996.1 – Impulso número 2

Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV
37	18,0911	87	1,4409	137	-2,5616
38	14,2488	88	0,8005	138	-3,0419
39	5,6034	89	0,1601	139	-3,0419
40	-8,1650	90	0,0000	140	-2,5616
41	12,4877	91	1,1207	141	-1,2808
42	37,3029	92	1,1207	142	-0,1601
43	9,6059	93	0,6404	143	-0,6404
44	-18,8916	94	1,1207	144	-2,5616
45	5,1231	95	0,6404	145	-3,2020
46	22,2537	96	-1,1207	146	-3,0419
47	1,1207	97	-0,8005	147	-2,5616
48	-0,9606	98	0,1601	148	-2,0813
49	20,4926	99	-1,2808	149	-1,4409
50	14,2488	100	-1,4409	150	-1,6010
151	-1,9212	201	-0,8005	251	-1,2808
152	-1,9212	202	-0,9606	252	-1,6010
153	-2,0813	203	-1,6010	253	-1,6010
154	-2,4015	204	-2,4015	254	-1,4409
155	-2,5616	205	-2,5616	255	-0,4803
156	-2,5616	206	-2,8818	256	0,4803
157	-1,9212	207	-2,7217	257	0,4803
158	-1,6010	208	-1,9212	258	-0,4803
159	-1,6010	209	-1,1207	259	-0,9606
160	-1,9212	210	-0,9606	260	-1,1207
161	-1,9212	211	-1,1207	261	-1,4409
162	-2,0813	212	-1,4409	262	-1,2808
163	-2,2414	213	-1,7611	263	-0,1601
164	-2,5616	214	-2,4015	264	0,3202
165	-2,7217	215	-2,5616	265	0,0000
166	-2,2414	216	-2,2414	266	-0,4803
167	-1,2808	217	-1,7611	267	-0,4803
168	-1,2808	218	-1,7611	268	-0,4803
169	-2,2414	219	-1,4409	269	-0,6404
170	-3,0419	220	-0,9606	270	-0,4803
171	-2,8818	221	-0,8005	271	-0,1601
172	-2,5616	222	-0,9606	272	0,0000

Cuadro 36/G.996.1 – Impulso número 2

Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV
173	-2,2414	223	-1,6010	273	0,0000
174	-1,9212	224	-2,2414	274	-0,1601
175	-1,9212	225	-2,4015	275	-0,1601
176	-2,2414	226	-2,2414	276	-0,4803
177	-2,5616	227	-1,9212	277	-0,6404
178	-2,7217	228	-1,4409	278	-0,3202
179	-2,5616	229	-0,4803	279	0,1601
180	-2,4015	230	0,0000	280	0,4803
181	-2,2414	231	-0,6404	281	0,3202
182	-2,0813	232	-1,6010	282	-0,1601
183	-1,7611	233	-1,7611	283	-0,3202
184	-1,6010	234	-1,6010	284	-0,4803
185	-1,7611	235	-1,9212	285	-0,6404
186	-2,2414	236	-1,9212	286	-0,4803
187	-3,0419	237	-1,4409	287	0,1601
188	-3,2020	238	-0,4803	288	0,6404
189	-2,7217	239	0,0000	289	0,6404
190	-1,9212	240	0,0000	290	0,4803
191	-1,2808	241	-0,6404	291	0,0000
192	-0,9606	242	-1,6010	292	-0,6404
193	-1,1207	243	-2,4015	293	-0,6404
194	-2,0813	244	-1,9212	294	-0,4803
195	-2,8818	245	-0,9606	295	-0,1601
196	-3,0419	246	-0,4803	296	0,4803
197	-2,7217	247	-0,1601	297	0,6404
198	-2,7217	248	-0,1601	298	0,4803
199	-2,0813	249	0,0000	299	0,6404
200	-1,4409	250	-0,8005	300	0,4803
301	-0,1601	351	0,8005	401	0,9606
302	-0,9606	352	1,4409	402	0,6404
303	-0,9606	353	1,6010	403	0,4803
304	-0,1601	354	1,2808	404	0,6404
305	0,6404	355	0,6404	405	0,6404
306	0,8005	356	0,0000	406	0,4803
307	0,8005	357	-0,4803	407	0,3202
308	0,4803	358	-0,6404	408	0,1601

Cuadro 36/G.996.1 – Impulso número 2

Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV
309	0,1601	359	0,0000	409	0,3202
310	-0,1601	360	0,8005	410	0,4803
311	-0,3202	361	1,4409	411	0,9606
312	-0,1601	362	1,6010	412	1,2808
313	0,0000	363	1,2808	413	0,9606
314	0,1601	364	0,6404	414	0,1601
315	0,6404	365	0,0000	415	-0,1601
316	0,8005	366	-0,4803	416	0,0000
317	0,6404	367	-0,1601	417	0,4803
318	0,4803	368	0,1601	418	0,8005
319	0,0000	369	0,9606	419	0,6404
320	-0,4803	370	1,4409	420	0,4803
321	-0,4803	371	1,6010	421	0,8005
322	0,1601	372	1,1207	422	0,8005
323	0,8005	373	0,3202	423	0,4803
324	0,8005	374	-0,4803	424	0,1601
325	0,6404	375	-0,4803	425	0,0000
326	0,1601	376	0,1601	426	0,0000
327	0,4803	377	0,8005	427	0,1601
328	0,4803	378	1,1207	428	0,3202
329	0,3202	379	1,1207	429	0,6404
330	-0,3202	380	0,9606	430	0,9606
331	-0,4803	381	0,6404	431	0,8005
332	0,0000	382	0,1601	432	0,3202
333	0,6404	383	0,0000	433	0,1601
334	1,1207	384	0,1601	434	0,0000
335	1,2808	385	0,6404	435	0,1601
336	0,6404	386	1,1207	436	0,1601
337	0,1601	387	0,9606	437	0,1601
338	-0,1601	388	0,6404	438	0,1601
339	0,0000	389	0,6404	439	0,6404
340	0,0000	390	0,6404	440	1,1207
341	0,1601	391	0,3202	441	0,9606
342	0,3202	392	0,0000	442	0,4803
343	0,8005	393	0,4803	443	0,0000
344	1,2808	394	1,1207	444	-0,3202
345	1,2808	395	1,1207	445	-0,3202

Cuadro 36/G.996.1 – Impulso número 2

Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV	Intervalo #	Amplitud mV
346	0,9606	396	0,6404	446	0,0000
347	0,1601	397	0,1601	447	0,1601
348	-0,8005	398	0,0000	448	0,6404
349	-0,9606	399	0,1601	449	0,9606
350	-0,1601	400	0,8005	450	0,8005
451	0,6404	461	0,0000	471	0,0000
452	0,0000	462	-0,9606	472	0,0000
453	-0,8005	463	-1,1207	473	0,0000
454	-0,8005	464	-0,4803	474	0,0000
455	0,0000	465	0,4803	475	0,0000
456	0,4803	466	1,1207	476	0,0000
457	0,6404	467	1,1207	477	0,0000
458	0,6404	468	0,6404	478	0,0000
459	0,8005	469	0,0000	479	0,0000
460	0,6404	470	0,0000	480	0,0000

9 Estructuras de modelos de teléfonos para probar sistemas DSL sin un divisor en la ATU-R

9.1 Modelo de teléfono descolgado #1

El modelo de teléfono descolgado #1 ha sido elaborado para la prueba en un entorno de ruido TCM-RDSI. Podría ser utilizado también para prueba en otros entornos de ruido.

Las figuras 41, 42 y 43 muestran la impedancia medida para el modelo de teléfono descolgado #1, la impedancia medida y modelada para el modelo de teléfono descolgado #1 y la impedancia para el modelo de teléfono descolgado #1.

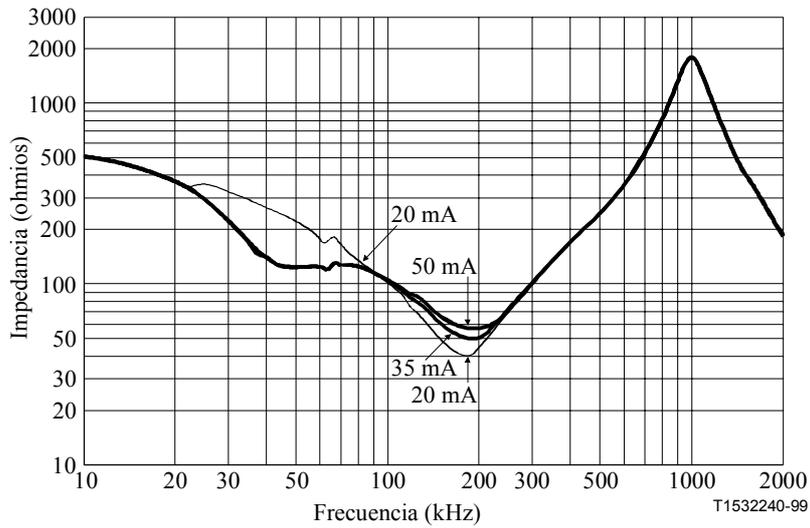


Figura 41/G.996.1 – Impedancia medida para el modelo de teléfono descolgado #1

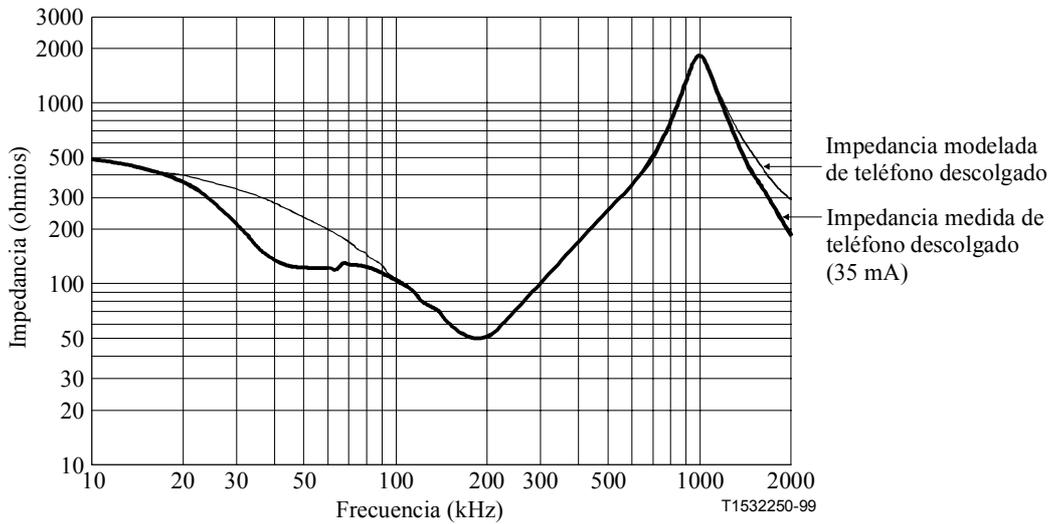


Figura 42/G.996.1 – Impedancia medida y modelada para el modelo de teléfono descolgado #1

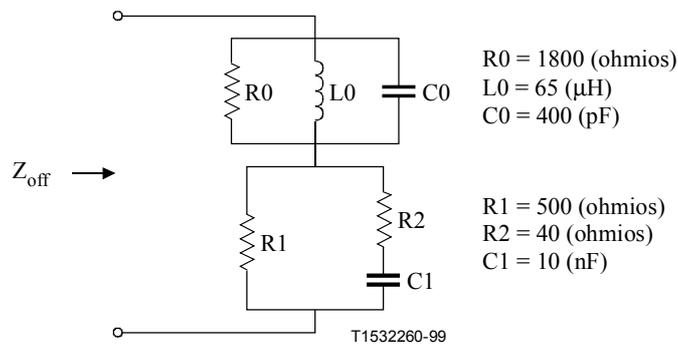
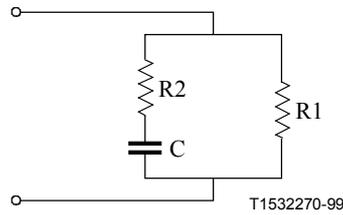


Figura 43/G.996.1 – Impedancia para el modelo de teléfono descolgado #1

9.2 Modelo de teléfono descolgado #2

El modelo de teléfono descolgado #2 (véanse las figuras 44 y 45) se ha elaborado para la prueba en el entorno de ruido de América del Norte sin divisor. Podría ser utilizado también para la prueba en otros entornos de ruido.



($R1 = 720 \Omega$, $R2 = 183 \Omega$, $C = 4300 \text{ pF}$)

Figura 44/G.996.1 – Modelo simple de un teléfono descolgado

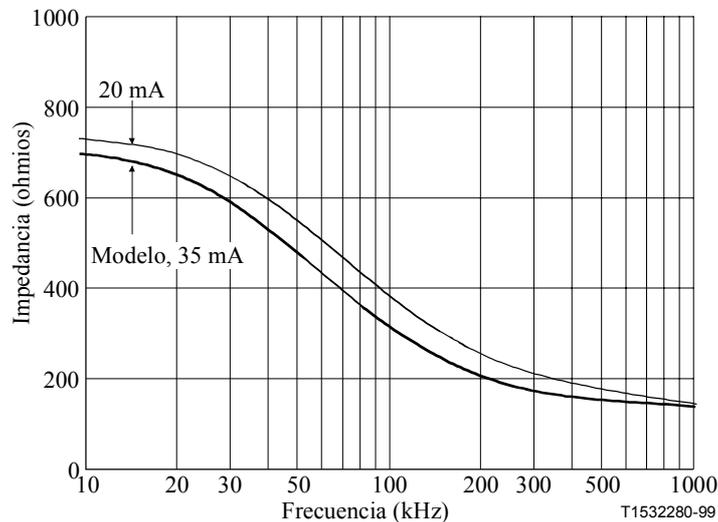


Figura 45/G.996.1 – Impedancia medida de teléfono descolgado comparada con el modelo

9.3 Modelo de teléfono colgado

Este modelo de teléfono colgado (véanse las figuras 46 a 48 y el cuadro 37) se ha elaborado para la prueba en el entorno de ruido TCM-RDSI. Podría ser utilizado también en otros entornos de ruido.

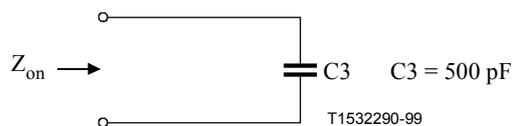


Figura 46/G.996.1 – Modelo de impedancia con teléfono colgado

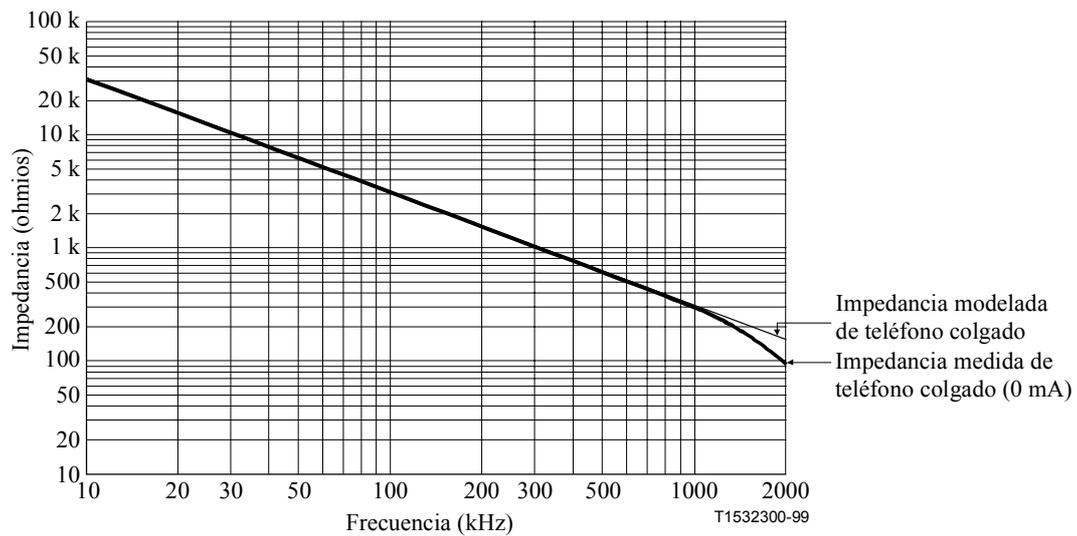


Figura 47/G.996.1 – Impedancia medida y modelada con teléfono colgado

Cuadro 37/G.996.1 – Coeficientes para el cálculo de las constantes de línea primarias para cables de cableado interno

Coeficiente	Hilo de un par no torcido de 0,5 mm
$r(m)$	$0,25 \times 10^{-3}$
$c_o(m)$	$0,75 \times 10^{-3}$
μ_r	1
$\mu_0 (H/m)$	$4\pi \times 10^{-7}$
$\sigma(mho/m)$	$5,8 \times 10^7$
$\tan \delta$	$5,0 \times 10^{-4}$
$C(F/m)$	55×10^{-12}
NOTA – $d = 2(r + c_o)$	

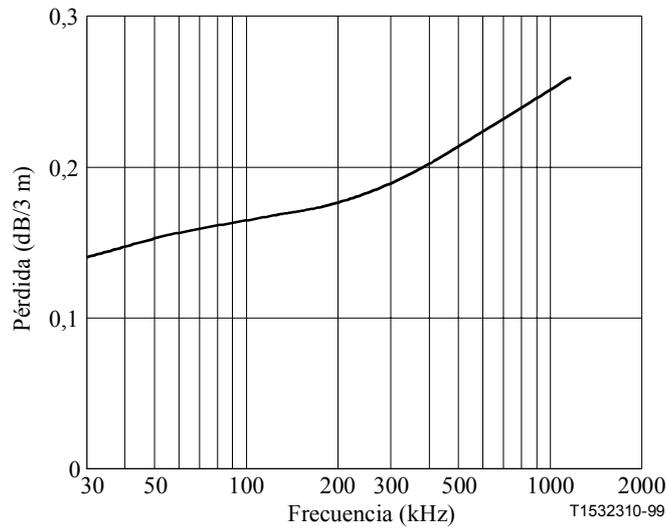


Figura 48/G.996.1 – Características de pérdida de inserción de un cordón de conexión de tres metros

Modelos de ingreso de radiofrecuencia

Se proporcionan dos modelos de ingreso de radiofrecuencia (RFI) para tener en cuenta diferentes distribuciones de las ingresantes. El primer modelo, mostrado en la figura 49, se distingue por la existencia de una ingresante de gran amplitud, a 540 kHz, que está dentro de la banda G.992.2. Este modelo se utiliza para acentuar la calidad de funcionamiento G.999.2 en presencia de una ingresante dentro de banda. En el segundo modelo, mostrado en la figura 50, las frecuencias de todas las ingresantes son superiores a 620 kHz.

Los niveles de las señales ingresantes se especifican para la cobertura del percentil 80. Las frecuencias de los tonos de nivel más elevados se han seleccionado de modo que sus productos de intermodulación de segundo y tercer orden caigan en frecuencias inferiores a 440 kHz o a una frecuencia igual a la de un tono ingresado intencionalmente. Los tonos de intermodulación por debajo de 440 kHz pueden ser prácticamente eliminados por filtrado, y los productos de intermodulación por encima de 540 kHz pueden ser enmascarados por tonos intencionales, efectuándose en la calibración cualquier ajuste de nivel que sea necesario. De esta manera se puede mitigar el requisito de la linealidad de los amplificadores de prueba.

Se mantuvo un espaciamiento mínimo de 30 kHz entre las ingresantes AM, ya que, dadas las disposiciones reglamentarias que deben cumplir los radiodifusores, es improbable que dos ingresantes significativas aparezcan menos espaciadas.

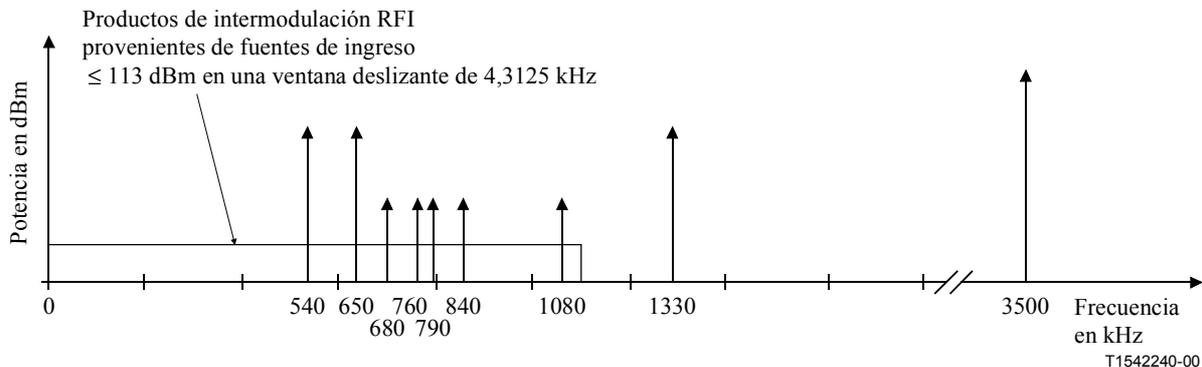


Figura 49/G.996.1 – Modelo 1 de ingreso de radiofrecuencia

Cuadro 38/G.996.1 – Modelo 1 de ingreso de radiofrecuencia

Tipo de ingreso	Frecuencia central (kHz)	Modo común (dBm)	Diferencial (dBm)	Observaciones
AM1	540	0	-40	Dentro de la banda G.992.2
AM2	650	0	-40	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
AM3	680	-30	-70	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
AM4	760	-30	-70	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
AM5	790	-30	-70	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
AM6	840	-30	-70	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
AM7	1080	-30	-70	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
AM8	1330	0	-40	Fuera de G.992.2 y G.992.1 posible superposición de productos de intermodulación
Radioaficionados	3500	10	-30	Fuera de G.992.2 y G.992.1 posible superposición de productos de intermodulación Ausente durante el acondicionamiento, presente durante la medición de margen

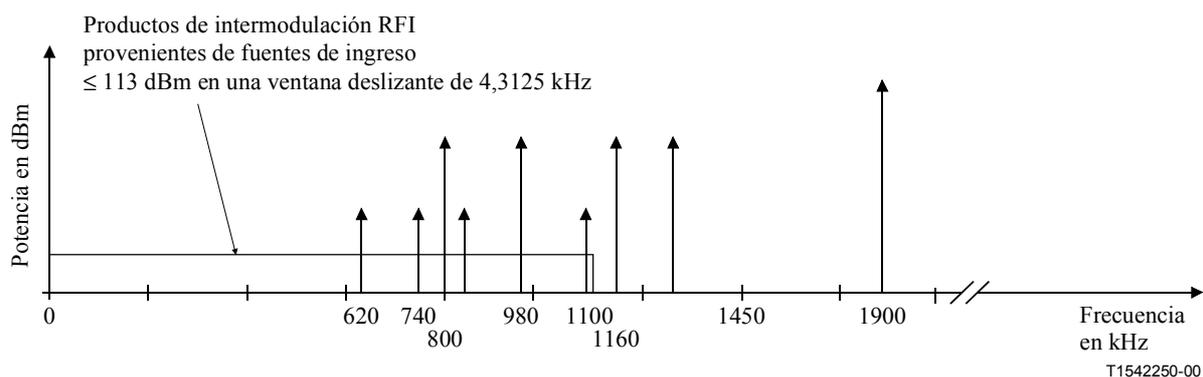


Figura 50/G.996.1 – Modelo 2 de ingreso de radiofrecuencia

Cuadro 39/G.996.1 – Modelo 2 de ingreso de radiofrecuencia

Tipo de ingreso	Frecuencia central (kHz)	Modo común (dBm)	Diferencial (dBm)	Observaciones
AM1	620	-30	-70	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
AM2	740	-30	-70	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
AM3	800	0	-40	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
AM4	980	0	-40	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
AM5	1100	-30	-70	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
AM6	1160	0	-40	Fuera de G.992.2 dentro de G.992.1
Radioaficionados	1900	10	-30	Fuera de G.992.2 y G.992.1 posible superposición de productos de intermodulación Ausente durante el acondicionamiento, presente durante la medición de margen

Modelos interferencia

Modelo de señal AM: La interferencia causada por señales radio AM y la debida a la diafonía están presentes durante la inicialización.

Se utiliza una forma de onda sinusoidal no modulada para simplificar el equipo de prueba y facilitar el tratamiento de los productos de intermodulación. La señal AM real ocupa, en efecto, una banda de 10 kHz. Sin embargo, la cresta de la señal de modulación generalmente estará cerca de 500 Hz, por lo que la mayor parte de la potencia caerá dentro de 500-1000 Hz de la portadora (por lo general bien en el interior de un intervalo de la tecnología DMT).

Es posible que el comportamiento dinámico del ingreso AM sea un factor apreciable en la permutación de bits y el comportamiento de reacondicionamiento de los módems G.992.1. Si en estudios ulteriores se demuestra que esto sucede, es posible que haya que utilizar un nuevo modelo de ingreso AM para las pruebas de la calidad de funcionamiento.

Modelo de señal de radioaficionado: Para las pruebas de la calidad de funcionamiento se utiliza un modelo en el que la señal de radioaficionado no está presente durante el acondicionamiento pero sí durante la operación. Por tanto, la señal de radioaficionado se aplicará a plena potencia al comienzo de la prueba del margen. Estando presente la señal de radioaficionado, se aumenta el nivel de la conversación diafónica hasta que alcance la tasa de errores en los bits especificada. El margen se determina por la cuantía en que se aumentó el nivel de la conversación diafónica. Al igual que en el caso de la señal radio AM, para modelar la señal de radioaficionado se utiliza una forma de onda sinusoidal no modulada.

ANEXO A

Constantes primarias del cable con aislamiento de polietileno (PIC)

NOTA – Para la conversión de los valores de las constantes primarias, de millas (mi) a kilómetros (km), se dividen por 1,61 los valores en cada uno de los cuadros A.1 a A.3.

Cuadro A.1/G.996.1 – Cable PIC 26 AWG constantes primarias 1 Hz a 5 MHz

Frecuencia (Hz)	a 120° F				a 70° F				a 0° F			
	R (ohmios/mi)	L (mH/mi)	G (μmho/mi)	C (μF/mi)	R (ohmios/mi)	L (mH/mi)	G (μmho/mi)	C (μF/mi)	R (ohmios/mi)	L (mH/mi)	G (μmho/mi)	C (μF/mi)
1	488,83	0,9935	0,000	0,08300	440,75	0,9861	0,000	0,08300	373,45	0,9758	0,000	0,08300
5	488,83	0,9935	0,001	0,08300	440,75	0,9861	0,001	0,08300	373,45	0,9758	0,001	0,08300
10	488,83	0,9935	0,002	0,08300	440,75	0,9861	0,002	0,08300	373,45	0,9758	0,002	0,08300
15	488,83	0,9935	0,003	0,08300	440,76	0,9861	0,003	0,08300	373,45	0,9758	0,003	0,08300
20	488,83	0,9935	0,004	0,08300	440,76	0,9861	0,004	0,08300	373,45	0,9758	0,004	0,08300
30	488,83	0,9935	0,005	0,08300	440,76	0,9861	0,005	0,08300	373,45	0,9758	0,005	0,08300
50	488,83	0,9935	0,008	0,08300	440,76	0,9861	0,008	0,08300	373,45	0,9758	0,008	0,08300
70	488,83	0,9935	0,011	0,08300	440,76	0,9361	0,011	0,08300	373,45	0,9757	0,011	0,08300
100	488,83	0,9935	0,016	0,08300	440,76	0,9861	0,016	0,08300	373,45	0,9757	0,016	0,08300
150	488,83	0,9935	0,022	0,08300	440,76	0,9861	0,022	0,08300	373,45	0,9757	0,022	0,08300
200	488,83	0,9934	0,028	0,08300	440,76	0,9860	0,028	0,08300	373,46	0,9757	0,028	0,08300
300	488,84	0,9934	0,040	0,08300	440,76	0,9660	0,040	0,08300	373,46	0,9757	0,040	0,08300
500	488,84	0,9933	0,063	0,08300	440,77	0,9859	0,063	0,08300	373,46	0,9756	0,063	0,08300
700	488,85	0,9933	0,084	0,08300	440,78	0,9859	0,084	0,08300	373,47	0,9755	0,084	0,08300
1 000	488,86	0,9932	0,115	0,08300	440,79	0,9858	0,115	0,08300	373,48	0,9754	0,115	0,08300
1 500	488,89	0,9930	0,164	0,08300	440,81	0,9856	0,164	0,08300	373,50	0,9752	0,164	0,08300
2 000	488,91	0,9928	0,210	0,08300	440,83	0,9854	0,210	0,08300	373,52	0,9751	0,210	0,08300
3 000	488,97	0,9924	0,299	0,08300	440,88	0,9850	0,299	0,08300	373,56	0,9747	0,299	0,08300
5 000	489,11	0,9917	0,466	0,08300	441,01	0,9843	0,466	0,08300	373,67	0,9740	0,466	0,08300
7 000	489,26	0,9910	0,625	0,08300	441,15	0,9836	0,625	0,08300	373,78	0,9733	0,625	0,08300
10 000	489,53	0,9899	0,853	0,08300	441,39	0,9825	0,853	0,08300	373,99	0,9722	0,853	0,08300
15 000	490,07	0,9881	1,213	0,08300	441,37	0,9807	1,213	0,08300	374,40	0,9704	1,213	0,08300
20 000	490,71	0,9863	1,558	0,08300	442,83	0,9789	1,558	0,08300	376,89	0,9687	1,558	0,08300
30 000	492,30	0,9826	2,213	0,08300	443,88	0,9758	2,217	0,08300	376,10	0,9651	2,217	0,08300
50 000	496,65	0,9733	3,458	0,08300	447,81	0,9660	3,458	0,08300	379,43	0,9559	3,458	0,08300
70 000	502,51	0,9617	4,634	0,08300	453,09	0,9546	4,634	0,08300	383,91	0,9446	4,634	0,08300
100 000	513,93	0,9502	6,320	0,08300	463,39	0,9432	6,320	0,08300	392,63	0,9333	6,320	0,08300
150 000	536,26	0,9375	8,993	0,08300	485,80	0,9306	8,993	0,08300	415,15	0,9208	8,993	0,08300
200 000	561,79	0,9281	11,550	0,08300	513,04	0,9212	11,550	0,08300	444,79	0,9115	11,550	0,08300
300 000	622,63	0,9139	16,436	0,08300	575,17	0,9062	16,436	0,08300	508,72	0,8955	16,436	0,08300
500 000	746,31	0,8910	25,633	0,08300	699,61	0,8816	25,633	0,08300	634,23	0,8655	25,633	0,08300
700 000	862,21	0,8717	34,351	0,08300	812,95	0,8614	34,351	0,08300	743,98	0,8468	34,351	0,08300
1 000 000	1013,99	0,8495	46,849	0,08300	956,65	0,8331	46,849	0,08300	876,38	0,8222	46,849	0,08300
1 500 000	1398,54	0,8271	66,665	0,08300	1154,38	0,8146	66,665	0,08300	1058,74	0,7972	66,665	0,08300
2 000 000	1693,35	0,8133	85,624	0,08300	1321,07	0,8001	85,624	0,08300	1212,60	0,7816	85,624	0,08300
3 000 000	1693,35	0,7965	121,841	0,08300	1600,68	0,7823	121,841	0,08300	1470,94	0,7624	121,841	0,08300
5 000 000	2160,47	0,7794	190,021	0,08300	2044,07	0,7638	190,021	0,08300	1881,11	0,7420	190,021	0,08300

Cuadro A.2/G.996.1 – Cable PIC 24 AWG constantes primarias 1 Hz a 5 MHz

Frecuencia (Hz)	a 120° F				a 70° F				a 0° F			
	R (ohmios/mi)	L (mH/mi)	G (μmho/mi)	C (μF/mi)	R (ohmios/mi)	L (mH/mi)	G (μmho/mi)	C (μF/mi)	R (ohmios/mi)	L (mH/mi)	G (μmho/mi)	C (μF/mi)
1	307,43	0,9935	0,000	0,08300	277,19	0,9861	0,000	0,08300	234,87	0,9758	0,000	0,08300
5	307,43	0,9935	0,001	0,08300	277,19	0,9861	0,001	0,08300	234,87	0,9758	0,001	0,08300
10	307,43	0,9935	0,002	0,08300	277,19	0,9861	0,002	0,08300	234,87	0,9758	0,002	0,08300
15	307,43	0,9935	0,003	0,08300	277,19	0,9861	0,003	0,08300	234,87	0,9758	0,003	0,08300
20	307,43	0,9935	0,004	0,08300	277,19	0,9861	0,004	0,08300	234,87	0,9758	0,004	0,08300
30	307,43	0,9935	0,005	0,08300	277,19	0,9861	0,005	0,08300	234,87	0,9758	0,005	0,08300
50	307,43	0,9935	0,008	0,08300	277,19	0,9861	0,008	0,08300	234,87	0,9757	0,008	0,08300
70	307,43	0,9935	0,011	0,08300	277,19	0,9861	0,011	0,08300	234,87	0,9757	0,011	0,08300
100	307,43	0,9935	0,016	0,08300	277,19	0,9861	0,016	0,08300	234,87	0,9757	0,016	0,08300
150	307,43	0,9934	0,022	0,08300	277,20	0,9860	0,022	0,08300	234,87	0,9757	0,022	0,08300
200	307,43	0,9934	0,028	0,08300	277,20	0,9860	0,028	0,08300	234,87	0,9757	0,028	0,08300
300	307,43	0,9934	0,040	0,08300	277,20	0,9860	0,040	0,08300	234,87	0,9756	0,040	0,08300
500	307,44	0,9933	0,063	0,08300	277,21	0,9859	0,063	0,08300	234,88	0,9755	0,063	0,08300
700	307,45	0,9932	0,084	0,08300	277,22	0,9858	0,084	0,08300	234,89	0,9755	0,084	0,08300
1000	307,47	0,9931	0,115	0,08300	277,23	0,9857	0,115	0,08300	234,90	0,9753	0,115	0,08300
1500	307,49	0,9928	0,164	0,08300	277,25	0,9854	0,164	0,08300	234,92	0,9751	0,164	0,08300
2000	307,52	0,9926	0,210	0,08300	277,28	0,9852	0,210	0,08300	234,94	0,9749	0,210	0,08300
3000	307,59	0,9921	0,299	0,08300	277,34	0,9848	0,299	0,08300	234,99	0,9744	0,299	0,08300
5000	307,75	0,9912	0,466	0,08300	277,48	0,9839	0,466	0,08300	235,11	0,9735	0,466	0,08300
7000	307,94	0,9903	0,625	0,08300	277,66	0,9829	0,625	0,08300	235,26	0,9726	0,625	0,08300
10 000	308,27	0,9889	0,853	0,08300	277,96	0,9816	0,853	0,08300	235,51	0,9713	0,853	0,08300
15 000	308,97	0,9866	1,213	0,08300	278,58	0,9793	1,213	0,08300	236,04	0,9690	1,213	0,08300
20 000	309,82	0,9843	1,558	0,08300	279,35	0,9770	1,558	0,08300	236,69	0,9667	1,558	0,08300
30 000	311,98	0,9796	2,217	0,08300	281,30	0,9723	2,217	0,08300	238,35	0,9621	2,217	0,08300
50 000	318,10	0,9649	3,458	0,08300	286,82	0,9577	3,458	0,08300	243,02	0,9476	3,458	0,08300
70 000	326,39	0,9535	4,634	0,08300	294,29	0,9464	4,634	0,08300	249,35	0,9365	4,634	0,08300
100 000	339,90	0,9417	6,320	0,08300	308,41	0,9347	6,320	0,08300	264,34	0,9249	6,320	0,08300
150 000	367,43	0,9273	8,993	0,08300	337,22	0,9204	8,993	0,08300	294,92	0,9107	8,993	0,08300
200 000	398,81	0,9166	11,550	0,08300	369,03	0,9087	11,550	0,08300	327,32	0,8976	11,550	0,08300
300 000	460,98	0,8978	16,436	0,08300	431,55	0,8885	16,436	0,08300	390,34	0,8756	16,436	0,08300
500 000	574,39	0,8678	25,633	0,08300	541,69	0,8570	25,633	0,08300	495,92	0,8419	25,633	0,08300
700 000	669,84	0,8467	34,351	0,08300	632,08	0,8350	34,351	0,08300	579,22	0,8186	34,351	0,08300
1 000 000	790,12	0,8273	46,849	0,08300	746,04	0,8146	46,849	0,08300	684,34	0,7969	46,849	0,08300
1 500 000	955,50	0,8084	66,665	0,08300	902,84	0,7947	66,665	0,08300	829,13	0,7756	66,665	0,08300
2 000 000	1094,84	0,7970	85,624	0,08300	1035,03	0,7825	85,624	0,08300	951,29	0,7623	85,624	0,08300
3 000 000	1328,44	0,7831	121,841	0,08300	1256,77	0,7676	121,841	0,08300	1156,42	0,7459	121,841	0,08300
5 000 000	1698,58	0,7729	190,021	0,08300	1608,38	0,7523	190,021	0,08300	1482,09	0,7235	190,021	0,08300

Cuadro A.3/G.996.1 – Cable PIC 22 AWG constantes primarias 1 Hz a 5 MHz

Frecuencia (Hz)	a 120° F				a 70° F				a 0° F			
	R (ohmios/mi)	L (mH/mi)	G (μmho/mi)	C (μF/mi)	R (ohmios/mi)	L (mH/mi)	G (μohm/mi)	C (μF/mi)	R ohmios/mi	L mH/mi	G μohm/mi	C μF/mi
1	193,28	0,9935	0,000	0,08300	174,27	0,9861	0,000	0,08300	147,66	0,9758	0,000	0,08300
5	193,28	0,9935	0,001	0,08300	174,27	0,9861	0,001	0,08300	147,66	0,9758	0,001	0,08300
10	193,28	0,9935	0,001	0,08300	174,27	0,9861	0,001	0,08300	147,66	0,9758	0,001	0,08300
15	193,28	0,9935	0,001	0,08300	174,27	0,9861	0,001	0,08300	147,66	0,9758	0,001	0,08300
20	193,28	0,9935	0,002	0,08300	174,27	0,9861	0,002	0,08300	147,66	0,9758	0,002	0,08300
30	193,28	0,9935	0,003	0,08300	174,27	0,9861	0,003	0,08300	147,66	0,9758	0,003	0,08300
50	193,28	0,9935	0,005	0,08300	174,27	0,9861	0,005	0,08300	147,66	0,9758	0,005	0,08300
70	193,28	0,9935	0,006	0,08300	174,27	0,9861	0,006	0,08300	147,66	0,9757	0,006	0,08300
100	193,28	0,9935	0,009	0,08300	174,27	0,9861	0,009	0,08300	147,66	0,9757	0,009	0,08300
150	193,28	0,9934	0,013	0,08300	174,27	0,9860	0,013	0,08300	147,66	0,9757	0,013	0,08300
200	193,28	0,9934	0,017	0,08300	174,27	0,9860	0,017	0,08300	147,66	0,9757	0,017	0,08300
300	193,29	0,9934	0,024	0,08300	174,28	0,9860	0,024	0,08300	147,67	0,9756	0,024	0,08300
500	193,29	0,9932	0,040	0,08300	174,29	0,9858	0,040	0,08300	147,67	0,9755	0,040	0,08300
700	193,30	0,9931	0,054	0,08300	174,29	0,9857	0,054	0,08300	147,68	0,9754	0,054	0,08300
1000	193,32	0,9930	0,076	0,08300	174,31	0,9856	0,076	0,08300	147,69	0,9752	0,076	0,08300
1500	193,35	0,9927	0,110	0,08300	174,34	0,9853	0,110	0,08300	147,72	0,9749	0,110	0,08300
2000	193,39	0,9924	0,145	0,08300	174,37	0,9850	0,145	0,08300	147,74	0,9747	0,145	0,08300
3000	193,47	0,9918	0,211	0,08300	174,44	0,9844	0,211	0,08300	147,80	0,9741	0,211	0,08300
5000	193,66	0,9906	0,341	0,08300	174,62	0,9833	0,341	0,08300	147,95	0,9729	0,341	0,08300
7000	193,90	0,9895	0,467	0,08300	174,83	0,9821	0,467	0,08300	148,13	0,9718	0,467	0,08300
10 000	194,33	0,9877	0,652	0,08300	175,22	0,9804	0,652	0,08300	148,47	0,9701	0,652	0,08300
15 000	195,26	0,9847	0,954	0,08300	176,06	0,9778	0,954	0,08300	149,17	0,9671	0,954	0,08300
20 000	196,43	0,9817	1,248	0,08300	177,11	0,9744	1,248	0,08300	150,07	0,9642	1,248	0,08300
30 000	199,48	0,9744	1,824	0,08300	179,86	0,9672	1,824	0,08300	152,39	0,9570	1,824	0,08300
50 000	208,10	0,9562	2,943	0,08300	187,64	0,9491	2,943	0,08300	158,98	0,9391	2,943	0,08300
70 000	217,24	0,9443	4,032	0,08300	197,71	0,9372	4,032	0,08300	170,37	0,9274	4,032	0,08300
100 000	234,48	0,9309	5,630	0,08300	215,55	0,9237	5,630	0,08300	189,06	0,9137	5,630	0,08300
150 000	266,20	0,9141	8,229	0,08300	247,57	0,9055	8,229	0,08300	221,40	0,8935	8,229	0,08300
200 000	296,40	0,8993	10,772	0,08300	277,95	0,8898	10,772	0,08300	252,11	0,8765	10,772	0,08300
300 000	353,55	0,8749	15,744	0,08300	333,39	0,8642	15,744	0,08300	305,18	0,8492	15,744	0,08300
500 000	446,65	0,8430	25,396	0,08300	421,57	0,8309	25,396	0,08300	386,45	0,8140	25,396	0,08300
700 000	522,27	0,8252	34,796	0,08300	493,24	0,8123	34,796	0,08300	452,58	0,7941	34,796	0,08300
1 000 000	617,56	0,8090	48,587	0,08300	583,59	0,7950	48,587	0,08300	536,03	0,7756	48,587	0,08300
1 500 000	748,59	0,7933	71,014	0,08300	707,91	0,7783	71,014	0,08300	650,97	0,7574	71,014	0,08300
2 000 000	858,98	0,7838	92,958	0,08300	812,72	0,7681	92,958	0,08300	747,95	0,7460	92,958	0,08300
3 000 000	1044,05	0,7759	135,865	0,08300	988,53	0,7557	135,865	0,08300	910,79	0,7275	135,865	0,08300
5 000 000	1337,29	0,7685	219,158	0,08300	1267,31	0,7429	219,158	0,08300	1169,33	0,7071	219,158	0,08300

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación