

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

J.210

(11/2006)

SERIE J: REDES DE CABLE Y TRANSMISIÓN DE
PROGRAMAS RADIOFÓNICOS Y TELEVISIVOS, Y
DE OTRAS SEÑALES MULTIMEDIA

Sistemas interactivos para distribución de televisión digital

**Interfaz de radiofrecuencia en sentido
descendente para sistemas de terminación
de módem de cable**

Recomendación UIT-T J.210



Recomendación UIT-T J.210

Interfaz de radiofrecuencia en sentido descendente para sistemas de terminación de módem de cable

Resumen

En esta Recomendación se define la especificación de la interfaz de radiofrecuencia en sentido descendente (DRFI) para:

- un dispositivo de modulador QAM en borde (EQAM); o
- un sistema de terminación de módem de cable (CMTS) con varios canales descendentes en cada puerto de radiofrecuencia (RF); o
- un CMTS integrado posterior a DOCSIS 2.0.

Orígenes

La Recomendación UIT-T J.210 fue aprobada el 29 de noviembre de 2006 por la Comisión de Estudio 9 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

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.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

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 no 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 en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
1.1 Alcance	1
1.2 Utilización global	1
2 Referencias	2
2.1 Referencias normativas	2
2.2 Referencias informativas	3
2.3 Fuentes de referencias	3
3 Términos y definiciones	4
4 Abreviaturas, acrónimos y convenios.....	6
4.1 Abreviaturas y acrónimos.....	6
4.2 Convenios	6
5 Supuestos funcionales.....	7
5.1 Red de acceso de banda ancha.....	7
5.2 Supuestos relativos a los equipos	7
5.3 Supuestos relativos a la red en sentido descendente	8
6 Especificación de la subcapa dependiente del medio físico	9
6.1 Alcance	9
6.2 Diferencias entre el EQAM y el CMTS	10
6.3 Sentido descendente	10
7 Subcapa de convergencia de transmisión en sentido descendente	21
7.1 Introducción.....	21
7.2 Formato de los paquetes MPEG	21
7.3 Encabezamiento MPEG para datos por cable DOCSIS	22
7.4 Cabida útil MPEG para datos por cable DOCSIS	22
7.5 Interacción con la subcapa MAC	23
7.6 Interacción con la capa física	24
Anexo A – Adiciones y modificaciones para la especificación europea	25
A.1 Alcance y objetivos	25
A.2 Referencias	25
A.3 Términos y definiciones	25
A.4 Abreviaturas y acrónimos.....	25
A.5 Supuestos funcionales	25
A.6 Especificación de la subcapa dependiente del medio físico.....	27
A.7 Subcapa de convergencia de transmisión en sentido descendente	35

	Página
Anexo B – Adiciones y modificaciones para la especificación japonesa	36
B.1 Alcance y objetivos	36
B.2 Referencias	36
B.3 Términos y definiciones	36
B.4 Abreviaturas y acrónimos	36
B.5 Supuestos funcionales	36
B.6 Especificación de la subcapa dependiente del medio físico	37
B.7 Subcapa de convergencia de transmisión en sentido descendente	47

Recomendación UIT-T J.210

Interfaz de radiofrecuencia en sentido descendente para sistemas de terminación de módem de cable

1 Alcance

1.1 Alcance

La Rec. J.112 relativa a DOCSIS y [UIT-T J.122] definen los requisitos de los dos componentes fundamentales que constituyen un sistema de datos por cable de alta velocidad, a saber, el módem de cable (CM, *cable modem*) y el sistema de terminación de módem de cable (CMTS, *cable modem termination system*). Esta Recomendación presenta los requisitos de la capa física de los transmisores del CMTS en la arquitectura DOCSIS. Se aplica a los componentes de la cabecera construidos de conformidad con la arquitectura M-CMTS ([UIT-T J.212] y [UIT-T J.211]), así como a los sistemas CMTS integrados.

En este documento se definen las especificaciones de la interfaz de radiofrecuencia en sentido descendente (DRFI, *downstream radio-frequency interface*) para:

- un dispositivo de modulador QAM en borde (EQAM, *edgeQAM*); o
- un sistema de terminación de módem de cable (CMTS) integrado con varios canales descendentes en cada puerto RF; o
- un CMTS integrado posterior a DOCSIS 2.0.

1.2 Utilización global

Las distintas redes que existen en todo el mundo difieren en la planificación que hacen del espectro que se utiliza en el cable. En consecuencia, se han incluido tres opciones para la tecnología de la capa física, todas con la misma prioridad y que no se exige que sean interoperables. Una de las opciones tecnológicas se basa en la distribución de programas de televisión en sentido descendente utilizada en América y que emplea canales de 6 MHz. La segunda opción tecnológica se basa en la distribución de programas de televisión europea que utiliza canales de 8 MHz. La tercera opción tecnológica se basa en la distribución de programas de televisión japonesa, que emplea canales de 6 MHz. Todas las opciones tienen el mismo estatus, aunque la estructura del documento no refleje dicha igualdad por el orden en que se presenta cada una. La primera de las opciones se define en las cláusulas 5, 6 y 7, mientras que la segunda y la tercera se definen en los anexos A y B respectivamente, sustituyendo el contenido de las cláusulas pertinentes. En consecuencia, [UIT-T J.83-B] y [CEA-542-B] se aplican solamente a la primera opción, [ETSI EN 300 429] se aplica exclusivamente a la segunda y [UIT-T J.83-C] sólo se aplica a la tercera opción. La conformidad con esta Recomendación, se requiere la conformidad con al menos uno de dichas implementaciones, no necesariamente con más de una. No se requiere que un equipo construido de acuerdo con una opción sea interoperable con un equipo construido según alguna de las otras dos opciones.

Un dispositivo que sea conforme con DRFI puede ser de un solo canal o multicanal, capaz de generar una o varias portadoras de RF descendentes sobre un puerto de radiofrecuencia (RF) de salida. Un EQAM puede ser un módulo de un sistema de terminación de módem de cable modular (M-CMTS, *modular cable modem termination system*) y puede utilizarse para distribuir un servicio de datos de alta velocidad, o como componente de un sistema de vídeo digital o de vídeo por demanda (VoD, *video-on-demand*) que ofrezca un servicio de vídeo digital de alta calidad a sus abonados. Estas especificaciones se han elaborado para permitir que un EQAM sea utilizado sin restricciones en uno o simultáneamente dos escenarios de distribución de servicios. En el caso de los primeros despliegues, "simultáneamente" significa que si un puerto de salida de RF tiene

múltiples canales QAM, alguno o algunos de dichos canales pueden distribuir datos a alta velocidad al tiempo que uno o más canales adicionales pueden distribuir vídeo digital. Esta especificación permite usos futuros en los que un solo canal QAM pueda compartir la anchura de banda entre datos de alta velocidad y vídeo digital en el mismo flujo de transporte MPEG.

Conceptualmente, un EQAM acepta una entrada a través de un enlace Ethernet, integra los datos entrantes en un flujo de transporte MPEG, modula una de entre un conjunto de portadoras RF, según estas especificaciones, y entrega la portadora a un único conector de salida de RF que comparten todos los moduladores. En principio, es posible poder utilizar un único canal RF EQAM para datos y vídeo simultáneamente. El motivo por el que un canal RF EQAM pueda utilizarse para ambos fines es que los dos canales descendentes, es decir, vídeo y datos DOCSIS, se basan en [UIT-T J.83-B] para las redes de cable en América, en [ETSI EN 300 429] para las redes de cable desplegadas en Europa y en [UIT-T J.83-C] para las redes de cable en Japón. En los canales descendentes que sean conformes con [UIT-T J.83-B], típicamente la única diferencia entre un canal RF EQAM que funcione en modo vídeo y un canal RF EQAM que funciones en modo datos EQAM, es la profundidad del intercalador (véanse las cláusulas 6.3.1 y 6.3.3). Los datos DOCSIS se transportan en un modo de bajo retardo, mediante la utilización de un intercalador de escasa profundidad, pero a costa del nivel de protección de las ráfagas. Esto puede hacerse con los datos DOCSIS porque si ocurre un error de transmisión, los protocolos de capa superior requieren la retransmisión de los datos perdidos. En el caso de los servicios de vídeo, la secuencia de las tramas del programa es sensible tanto al tiempo como al orden en que se recibe y no puede ser retransmitida. Por este motivo, el vídeo utiliza un intercalador de mayor profundidad para permitir una mayor protección contra errores en las ráfagas y poder así entregar una parte mayor del contenido del programa sin pérdidas. La penalización que paga por ello el servicio de vídeo es el retardo. Todo el contenido del programa se retrasa unos pocos milisegundos, cosa que no es perceptible por quienes estén viendo el programa. La existencia de demandas que entran en conflicto en relación con la profundidad del intercalador es lo que impide que un único canal RF EQAM sea utilizado de forma óptima simultáneamente para vídeo y datos DOCSIS. No obstante, un CMTS integrado tradicional sólo se utiliza para datos DOCSIS.

2 Referencias

2.1 Referencias normativas

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. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

[UIT-T H.222-0] Recomendación UIT-T H.222.0 (2006) | ISO/CEI 13818-1:2006, *Tecnología de la información – Codificación genérica de imágenes en movimiento e información de audio asociada: Sistemas.*

[UIT-T J.83-B] Recomendación UIT-T J.83 (1997), *Sistemas digitales multiprogramas para servicios de televisión, sonido y datos de distribución por cable.*

[UIT-T J.83-C] Recomendación UIT-T J.83 (1997), *Sistemas digitales multiprogramas para servicios de televisión, sonido y datos de distribución por cable.*

- [UIT-T J.122] Recomendación UIT-T J.122 (2002), *Sistemas de transmisión de segunda generación para servicios interactivos de televisión por cable – Módems de cable para protocolo Internet.*
- [UIT-T J.211] Recomendación UIT-T J. 211 (2006), *Interfaz de sincronización en sistemas de terminación de módem de cable.*
- [ETSI EN 300 429] ETSI EN 300 429 V1.2.1 (1998), *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems.*
- [CEI 60169-24] CEI 60169-24 (1991), *Radio-frequency connectors – Part 24: Radio-frequency coaxial connectors with screw coupling, typically for use in 75 ohm cable distribution systems (Type F).*

2.2 Referencias informativas

- [UIT-T J.212] Recomendación UIT-T J.212 (2006), *Interfaz externa de capa física en sentido descendente para sistemas modulares de terminación de módem de cable.*
- [NSI] *Cable Modem Termination System Network Side Interface*, SP-CMTS-NSI-I01-960702, 2 de julio de 1996, Cable Television Laboratories, Inc.
- [M-OSSI] *Modular CMTS Operations Support System Interface*, CM-SP-M-OSSI-I02-051209, 9 de diciembre de 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
- [CEA-542-B] CEA-542-B: *CEA Standard: Cable Television Channel Identification Plan*, julio de 2003.
- [CMCI] *Cable Modem to Customer Premises Equipment Interface*, CM-SP-CMCI-I10-050408, 8 de abril de 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
- [ERMI] *Edge Resource Manager Interface*, CM-SP-ERMI-I02-051209, 9 de diciembre de 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
- [Article 23-(1)] *Regulations for Enforcement of the Cable Television Article 23-(1)*, Ministry of Internal Affairs and Communications (MIC), Japón.

2.3 Fuentes de referencias

- Cable Television Laboratories, Inc., <http://www.cablelabs.com/>
- EIA: Electronic Industries Alliance, http://www.eia.org/new_contact/
- ETSI: European Telecommunications Standards Institute, http://www.etsi.org/services_products/freestandard/home.htm
- ITU: International Telecommunication Union (ITU), <http://www.itu.int/home/contact/index.html>
- ISO: International Organization for Standardization (ISO), <http://www.iso.org/iso/en/xsite/contact/contact.html>
- MIC: Ministry of Internal Affairs and Communications (MIC), http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/eng/index.html

3 Términos y definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

3.1 múltiplo superior: La función múltiplo superior (mulsup) redondea un número al entero o cifra significativa superior más próxima. Se utiliza de la forma siguiente: Múltiplo superior (número, cifra significativa).

3.2 módem de cable (CM, *cable modem*): Modulador-demodulador en dependencias del abonado que se utiliza para la comunicación de datos en un sistema de televisión por cable.

3.3 equipo en las instalaciones del cliente (CPE, *customer premises equipment*): Equipos situados en las instalaciones del usuario final; puede ser proporcionado por el proveedor de servicio.

3.4 relación portadora – ruido (C/N o CNR): Relación entre la potencia de la señal y la potencia de ruido en una anchura de banda de medida definida. Para modulación digital, $CNR = E_s/N_0$, relación entre la energía por símbolo y la densidad de ruido; la potencia de señal se mide en la anchura de banda ocupada y la potencia de ruido se normaliza a la anchura de banda de la velocidad de modulación. En el caso de una modulación de vídeo NTSC analógica, la anchura de banda de medida de ruido es de 4 MHz.

3.5 decibelio (dB): Relación entre dos niveles de potencia expresada matemáticamente como $dB = 10\log_{10}(P_{OUT}/P_{IN})$.

3.6 decibelio-milivoltio (dBmV): Unidad de potencia en RF expresada en decibelios relativos a 1 milivoltio sobre 75 ohmios, donde $dBmV = 20\log_{10}$ (valor en mV/1 mV).

3.7 decibelio-microvoltio (dBμV): Unidad de potencia en RF expresada en decibelios relativos a 1 microvoltio sobre 75 ohmios, donde $dBμV = 20\log_{10}$ (valor en μV/1 μV).

3.8 electronic Industries Alliance (EIA): Entidad de carácter voluntario formada por fabricantes que, entre otras actividades, elabora y publica normas.

3.9 modulador QAM en borde (EQAM, *edgeQAM modulator*): Dispositivo situado en la cabecera o en un nodo principal de un sistema de cable que recibe paquetes de vídeo digital o de datos. Vuelve a paquetizar el vídeo o los datos en un flujo de transporte MPEG y modula digitalmente dicho flujo de transporte digital en una portadora RF en sentido descendente, utilizando modulación de amplitud en cuadratura (QAM, *quadrature amplitude modulation*).

3.10 corrección de errores en recepción (FEC, *forward error correction*): Método para controlar los errores en un sistema de comunicación. El sistema FEC transmite información de paridad conjuntamente con los datos, que puede utilizar el receptor para verificar y, en su caso, corregir los datos.

3.11 portadoras relacionadas con armónicas (HRC, *harmonic related carriers*): Método de separación de canales en un sistema de televisión por cable en el que todas las portadoras están relacionadas con una referencia común.

3.12 sistema híbrido de fibra óptica/cable coaxial (HFC, *hybrid fibre/coax system*): Sistema de transmisión de medio compartido bidireccional de banda ancha que utiliza enlaces troncales de fibra óptica entre la cabecera y los nodos de fibra, y distribución por cable coaxial desde los nodos de fibra a las dependencias de los clientes.

3.13 portadoras relacionadas con incrementos (IRC, *incremental related carriers*): Método de separación de canales de televisión NTSC en un sistema de televisión por cable en el que todos los canales están desplazados 12,5 kHz por encima del plan de canales normalizado [CEA-542-B], excepto los canales 5 y 6.

- 3.14 control de acceso a medios (MAC, *media access control*):** Término utilizado para hacer referencia al elemento de capa 2 del sistema que incluye la formación de la trama y la señalización DOCSIS.
- 3.15 tasa de errores de modulación (MER, *modulation error ratio*):** Relación entre la potencia media por símbolo y la potencia media de error.
- 3.16 M/N:** Relación entre los números enteros M y N que representa la relación entre la velocidad del reloj de símbolos descendentes y la velocidad del reloj maestro DOCSIS.
- 3.17 operador de sistemas múltiples (MSO, *multiple system operator*):** Entidad corporativa que es propietaria y/o explota más de un sistema de cable.
- 3.18 National Television Systems Committee (NTSC):** Comité que definió la norma analógica de radiodifusión de la televisión en color en Estados Unidos de América y que dio nombre al formato de vídeo de 525 líneas para televisión que se utiliza en Estados Unidos de América.
- 3.19 NGNA LLC:** Compañía formada por operadores de cable para definir una arquitectura de red de la próxima generación que satisfaga los futuros requisitos de mercado y de negocio de la industria del cable.
- 3.20 subcapa dependiente del medio físico (PMD, *physical media dependent sublayer*):** Subcapa del medio físico que se ocupa de la transmisión de bits o grupos de bits sobre tipos específicos de enlaces de transmisión entre sistemas abiertos y que incluyen procedimientos eléctricos, mecánicos y de intercambio de mensajes.
- 3.21 canal QAM (QAM ch):** Canal en RF analógico que utiliza modulación de amplitud en cuadratura para transportar la información.
- 3.22 modulación de amplitud en cuadratura (QAM, *quadrature amplitude modulation*):** Técnica de modulación en la que para transportar información, tal como datos digitales, varían tanto la amplitud como la fase de una señal analógica.
- 3.23 radiofrecuencia (RF, *radio frequency*):** Parte del espectro electromagnético comprendido desde unos pocos kilohercios hasta justamente por debajo de la luz infrarroja.
- 3.24 interfaz de radiofrecuencia (RFI, *radio frequency interface*):** Término que abarca las interfaces de radiofrecuencia ascendentes y descendentes.
- 3.25 valor cuadrático medio (RMS, *root mean square*):** Raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de los valores de una función.
- 3.26 autoagregación:** Método empleado para calcular el ruido de base mínimo en la cabecera sumando el ruido medido en un único dispositivo sobre una gama especificada de frecuencias de salida.
- 3.27 plan de canales normalizado (STD, *standard channel plan*):** Método para establecer la separación de canales de televisión NTSC en sistemas de televisión por cable definido en [CEA-542-B].
- 3.28 descriptor de canal en sentido ascendente (UCD, *upstream channel descriptor*):** Mensaje de gestión MAC utilizado para comunicar las características de la capa física ascendente a los módems de cable.
- 3.29 vídeo por demanda (VoD, *video-on-demand*):** Sistema que permite que las personas seleccionen y visualicen contenidos de vídeo sobre una red con un sistema de televisión interactivo.

4 Abreviaturas, acrónimos y convenios

4.1 Abreviaturas y acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas y acrónimos:

CMCI	Interfaz módem de cable – CPE (<i>cable modem to CPE interface</i>)
CMTS	Sistema de terminación de módem de cable (<i>cable modem termination system</i>)
CW	Onda continua (<i>continuous wave</i>)
dBc	Decibelios relativos a la potencia de la portadora (<i>decibels relative to carrier power</i>)
DEPI	Interfaz física externa en sentido descendente (<i>downstream external-PHY interface</i>)
DOCSIS	Especificación de interfaz del servicio de datos por cable (<i>data-over-cable service interface specification</i>)
DRFI	Interfaz de radiofrecuencia en sentido descendente (<i>downstream radio frequency interface</i>)
DTI	Interfaz de temporización DOCSIS (<i>DOCSIS timing interface</i>)
ERMI	Interfaz del gestor de recursos en borde (<i>edge resource manager interface</i>)
M-CMTS	Sistema de terminación de módem de cable modular (<i>modular cable modem termination system</i>)
MPEG	Grupo de expertos en imágenes en movimiento (<i>moving picture experts group</i>)
NGNA	Arquitectura de red de la próxima generación (<i>next generation network architecture</i>), véase <i>NGNA LLC</i>
OSSI	Interfaz del sistema de soporte de operaciones (<i>operations support system interface</i>)
PHY	Capa física (<i>physical layer</i>)
ppm	Partes por millón
Q	Componente de modulación en cuadratura (<i>quadrature modulation component</i>)
S-CDMA	Acceso múltiple por división de código síncrono (<i>synchronous code division multiple access</i>)

4.2 Convenios

En esta Recomendación, las palabras utilizadas para señalar la importancia de determinados requisitos se escriben con mayúsculas y son las siguientes:

"DEBE(N)" o "tiempo futuro del verbo"	Esta palabra, o el adjetivo "REQUERIDO", significa que el elemento es un requisito absoluto de esta Recomendación.
"NO DEBE(N)" o "tiempo futuro negativo del verbo"	Esta expresión significa que el elemento es una prohibición absoluta de esta Recomendación.
"DEBERÍA(N)"	Esta palabra, o el adjetivo "RECOMENDADO", significa que, en determinadas circunstancias, pueden existir motivos válidos para hacer caso omiso de este elemento, pero que deberían tenerse en cuenta todas las explicaciones y ponderar cuidadosamente el caso antes de optar por una vía diferente.

"NO DEBERÍA(N)"

Esta expresión significa que pueden existir motivos válidos en determinadas circunstancias en las que el comportamiento indicado sea aceptable o incluso de utilidad, pero que deberían tenerse en cuenta todas las implicaciones y ponderar cuidadosamente el caso antes de implementar cualquier comportamiento descrito con esta etiqueta.

"PUEDE(N)"

Esta palabra, o el adjetivo "OPCIONAL", significa que el elemento es verdaderamente opcional. Un vendedor puede optar por incluir el elemento porque así se exige en un determinado mercado o porque mejora el producto, por ejemplo; otro vendedor puede omitir el mismo elemento.

5 Supuestos funcionales

En esta cláusula se describen las características de una red de televisión por cable, supuestamente destinada a la explotación de un sistema de datos por cable. No es una descripción de los parámetros del EQAM o CMTS. El sistema de datos por cable DEBE ser interoperable en el entorno descrito en esta cláusula.

Siempre que en esta cláusula se haga referencia a planes de frecuencia o compatibilidad con otros servicios, o a conflictos con cualquier requisito jurídico relativo a la explotación, este último aspecto tendrá prioridad. Cualquier referencia a señales analógicas NTSC en canales de 6 MHz no significa que dichas señales estén físicamente presentes.

5.1 Red de acceso de banda ancha

Se supone que se trata de una red de acceso de banda ancha constituida por sistemas coaxiales. Ésta puede ser una red exclusivamente formada por sistemas coaxiales o una red híbrida fibra/coaxial (HFC). El término genérico "red de cable" se utiliza para hacer referencia a cualquiera de los casos.

Una red de cable utiliza un medio compartido con una arquitectura de tipo "árbol y ramificaciones" con transmisión analógica. Las características funcionales principales asumidas en esta Recomendación son las siguientes:

- Transmisión bidireccional.
- Una separación óptica/eléctrica máxima entre el dispositivo conforme con DRFI y el CM más cercano de 100 millas en cada sentido, aunque la distancia máxima normalmente puede ser de 10 a 15 millas.
- Una separación óptica/eléctrica diferencial máxima entre el dispositivo conforme con DRFI y los módems más cercano y más lejano de 100 millas en cada sentido, aunque normalmente está limitada a unas 15 millas.

Para una velocidad de propagación en fibra de aproximadamente 1,5 ns/pie, 100 millas de fibra en cada sentido implican un retardo de ida y vuelta de aproximadamente 1,6 ms. Para más información véase el apéndice VIII de [UIT-T J.122].

5.2 Supuestos relativos a los equipos

5.2.1 Plan de frecuencias

Se supone que en el sentido descendente, el sistema de cable tiene una banda de paso con un límite inferior entre 50 y 54 MHz y un límite superior que es función de la implementación, pero que típicamente puede estar entre 300 y 870 MHz. Dentro de la banda de paso, se supone que están presentes señales de televisión analógicas NTSC en canales de 6 MHz utilizando los planes de

frecuencia Standard (STD), HRC o IRC, así como otras señales digitales de banda ancha y de banda estrecha.

5.2.2 Compatibilidad con otros servicios

El CM y el EQAM o CMTS DEBEN coexistir con otros servicios en la red de cable, por ejemplo:

- a) DEBEN ser interoperables en el espectro del cable asignado para el interfuncionamiento entre EQAM o CMTS con CM, mientras que en su conjunto, el espectro del cable es ocupado por cualquier combinación de señales de televisión o de otro tipo; y
- b) NO DEBEN causar interferencia perjudicial a ningún otro servicio asignado a la red de cable cuyo espectro esté fuera del atribuido al EQAM o al CMTS. Esto último debe entenderse como:
 - 1) ninguna degradación mensurable (nivel máximo de compatibilidad);
 - 2) ninguna degradación más allá del nivel perceptible de degradación de cualquier servicio (nivel normalizado o medio de compatibilidad); o
 - 3) ninguna degradación más allá de los niveles mínimos normalizados aceptados por la industria (por ejemplo, los de la FCC para servicios de vídeo analógico) u otros proveedores de servicio (nivel mínimo de compatibilidad).

5.2.3 Impacto de la detección de averías producidas sobre otros usuarios

Dado que las transmisiones en sentido descendente se realizan sobre el medio compartido de un sistema punto a multipunto, los procedimientos de detección de averías deberían tener en cuenta el posible impacto perjudicial de las averías y de los procedimientos de detección de averías en los numerosos usuarios de datos por cable, vídeo y otros servicios.

Para interpretar el significado del término impacto perjudicial, véase la cláusula 5.2.2.

5.3 Supuestos relativos a la red en sentido descendente

Las especificaciones de DRFI se han desarrollado con los supuestos que aparecen en esta cláusula sobre la red en sentido descendente.

5.3.1 Niveles de transmisión

El objetivo de nivel de potencia nominal de las señales de RF en sentido descendente en un canal de 6 MHz (potencia media) está comprendido en el margen entre: -10 dBc y -6 dBc, relativo al nivel de la portadora de vídeo analógico (potencia de cresta) y normalmente no excederá el nivel de la portadora de vídeo analógico.

5.3.2 Inversión de frecuencia

No existirá inversión de frecuencia en el trayecto descendente o en el trayecto ascendente (es decir, un cambio positivo de frecuencia a la entrada de la red de cable producirá un cambio positivo en la frecuencia a la salida de la misma).

5.3.3 Alineamiento de canales analógicos y digitales

En el desarrollo de esta Recomendación se ha supuesto que despliegan un máximo de 119 canales en la cabecera. A los efectos de calcular la protección en términos de CNR (relación portadora a ruido) de los canales analógicos, se ha supuesto que éstos se colocan en frecuencias más bajas del alineamiento de canales que los canales digitales.

5.3.4 Objetivos de protección analógicos

Uno de los objetivos de la Recomendación sobre DRFI es proporcionar una protección mínima de los canales analógicos en términos de CNR de 60 dB para sistemas que despliegan hasta 119 canales QAM conformes con la DRFI.

La Recomendación asume que el nivel de potencia transmitida de los canales digitales será 6 dB inferior a la potencia de cresta de la envolvente de las señales de vídeo de los canales analógicos, que es la condición típica de una transmisión 256 QAM. Además, también se asume que el alineamiento de canales situará los canales analógicos en frecuencias más bajas que los canales digitales. Se utiliza un ajuste de $10 \cdot \log_{10}(6 \text{ MHz}/4 \text{ MHz})$ para tener en cuenta la diferencia en la anchura de banda de ruido de los canales digitales frente a los canales analógicos. Con los supuestos anteriores, para un sistema con 119 canales QAM, la especificación incluida en el elemento 5 del cuadro 6-5 es equivalente a una protección en términos de CNR analógica de 60 dB.

6 Especificación de la subcapa dependiente del medio físico

6.1 Alcance

Esta cláusula es de aplicación para la primera opción tecnológica a la que se hace referencia en la cláusula 1. Para la segunda opción, véase el anexo A.

En esta Recomendación se definen las características eléctricas de la interfaz de radiofrecuencia en sentido descendente (DRFI) de un sistema de terminación de módem de cable (CMTS), o de un QAM en borde (EQAM). Esta Recomendación pretende definir un dispositivo conforme con DRFI interoperable, de forma que cualquier implementación de un CM pueda funcionar con cualquier EQAM o CMTS. No es el propósito de esta Recomendación establecer una implementación concreta. En la figura 6-1 se muestra la estructura e interfaces del M-CMTS.

Cuando en esta cláusula se haga referencia a emisiones no deseadas y exista conflicto con cualquier requisito jurídico en el ámbito de la operación, prevalecerá esta última.

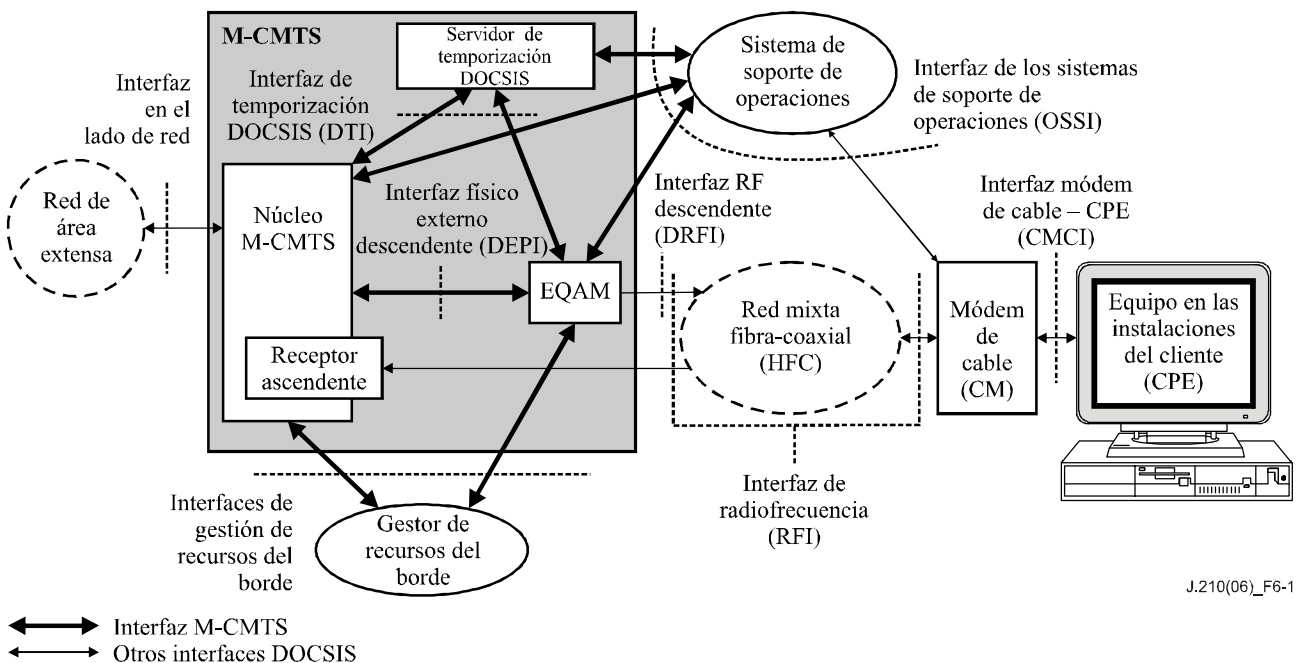


Figura 6-1 – Visión lógica de un CMTS modular y de las interfaces

La interfaz del lado de red de CMTA (NSI, *network side interface*), la interfaz del sistema de soporte de operaciones del CMTS modular (M-OSSI, *operations support system interface*), la interfaz en radiofrecuencia (RFI, *radio frequency interface*) y la interfaz módem de cable CPE (CMCI, *cable modem CPE interface*) están documentadas en las Recomendaciones DOCSIS existentes (véase la cláusula 2.2). La interfaz de temporización de DOCSIS [DTI, DOCSIS *timing interface*], la interfaz física externa en sentido descendente [UIT-T J.212], la interfaz de

radiofrecuencia en sentido descendente (esta Recomendación) y la interfaz del gestor de recursos en el borde (ERMI, *edge resource manager interface*) requieren nuevas especificaciones específicas para el M-CMTS en un entorno de arquitectura de red de la próxima generación (NGNA, *next generation network architecture*).

6.2 Diferencias entre el EQAM y el CMTS

El EQAM es esencialmente el módulo de modulación y transmisión extraído de un CMTS consolidado. Debido a que el CMTS se ha dividido en sus partes constituyentes y en módulos, el EQAM necesita una nueva interfaz con el módulo MAC del CMTS modular (M-CMTS). Dicha nueva interfaz es Ethernet, tal como se especifica en [UIT-T J.212], que necesita comunicarse con el ahora EQAM distante. La construcción, semántica y sintaxis de la DEPI, así como cualquier nuevo componente y procesamiento del EQAM están definidos en la documentación sobre la DEPI.

Los EQAM también pueden tener interfaces con servidores de vídeo, a través de la interfaz Ethernet, y proporcionar una transmisión RF descendente para ofrecer servicios de vídeo digital. Los protocolos necesarios para implementar servidores de vídeo sobre los EQAM quedan fuera del alcance de esta Recomendación.

Esta Recomendación soporta varias características novedosas. Las Recomendaciones DOCSIS 1.x y 2.0 no reflejan la capacidad de los vendedores de permitir varios canales RF en cada puerto físico de RF. En esta Recomendación se presentan los requisitos y las funciones opcionales que permiten que un EQAM, o un CMTS, tenga varios canales por cada puerto RF que son verificados, medidos y, si todo es satisfactorio, calificados.

En el caso de un M-CMTS, el módulo de sincronización no es tan sencillo como en un CMTS integrado. Un EQAM que sea conforme con DRFI tiene un puerto de temporización que permite utilizar una elevada precisión (DTI) en la distribución de un reloj común y de señales de temporización. Ello permite utilizar el EQAM en todos los modos, incluido el modo S-CDMA, dada la elevada estabilidad y reducida variación de fase del reloj externo y del sistema de distribución. La interfaz de temporización DOCSIS se define en [UIT-T J.211].

6.3 Sentido descendente

6.3.1 Protocolo en sentido descendente

La subcapa dependiente del medio físico (PMD) en sentido descendente DEBE ser conforme con [UIT-T J.83-B], excepto la cláusula B.6.2. Los valores de profundidad de los intercaladores se definen en la cláusula 6.3.3. La aplicabilidad de una profundidad de intercalador dada es en función del servicio de datos que proporcione un determinado canal RF QAM. La aplicabilidad de una profundidad de intercalador para la distribución de un servicio distinto al de datos de alta velocidad DOCSIS queda fuera del alcance de esta Recomendación.

6.3.2 Formato espectral

El modulador en sentido descendente de cada canal QAM del EQAM o CMTS DEBE permitir el funcionamiento con el formato de señal de RF $S(t) = I(t) \cdot \cos(\omega t) + Q(t) \cdot \sin(\omega t)$, donde t es el tiempo, ω la frecuencia angular de RF, $I(t)$ y $Q(t)$ son, respectivamente, los componentes en fase y cuadratura de la constelación filtradas mediante un filtro de Nyquist, tal como se especifica en [UIT-T J.83-B].

6.3.3 Intercalación escalable para soportar servicios de vídeo y de datos de alta velocidad

La subcapa PMD en sentido descendente de CMTS o EQAM DEBE soportar un intercalador de profundidad variable. En [UIT-T J.83-B], cuadro B.2/J.83, Intercalación de nivel 2, se definen las profundidades de la intercalación variable.

Un CMTS o un EQAM DEBEN soportar el conjunto de valores de profundidad de intercalación descritas en los cuadros 6-1 y 6-2. Los requisitos para la disponibilidad operacional de las profundidades del intercalador se muestran en la cláusula 6.3.5.1.2, apartado 1.

Cuadro 6-1 – Valores de profundidad de intercalador con bajo retardo

Palabra de control	Derivaciones del intercalador	Incremento del intercalador	64QAM 5,056941 Msímb/s 6 bits por símbolo		256QAM 5,360537 Msímb/s 8 bits por símbolo	
			Protección contra ráfaga	Retardo	Protección contra ráfaga	Retardo
Cuatro bits	I	J				
1001	8	16	5,9 µs	0,22 ms	4,1 µs	0,15 ms
0111	16	8	12 µs	0,48 ms	8,2 µs	0,33 ms
0101	32	4	24 µs	0,98 ms	16 µs	0,68 ms
0011	64	2	47 µs	2,0 ms	33 µs	1,4 ms
0001	128	1	95 µs	4,0 ms	66 µs	2,8 ms

Cuadro 6-2 – Valores de profundidad de intercalador de protección frente al ruido de larga duración

Palabra de control	Derivaciones del intercalador	Incremento del intercalador	64QAM 5,056941 Msímb/s 6 bits por símbolo		256QAM 5,360537 Msímb/s 8 bits por símbolo	
			Protección contra ráfaga	Retardo	Protección contra ráfaga	Retardo
Cuatro bits	I	J				
0000	128	1	95 µs	4,0 ms	66 µs	2,8 ms
0010	128	2	190 µs	8,0 ms	132 µs	5,6 ms
0100	128	3	285 µs	12 ms	198 µs	8,4 ms
0110	128	4	380 µs	16 ms	264 µs	11 ms
1000	128	5	475 µs	20 ms	330 µs	14 ms
1010	128	6	570 µs	24 ms	396 µs	17 ms
1100	128	7	664 µs	28 ms	462 µs	20 ms
1110	128	8	759 µs	32 ms	528 µs	22 ms

La profundidad del intercalador, que se codifica mediante una palabra de control de 4 bits incluida al final de sincronización de trama FEC, siempre refleja la intercalación en la trama inmediatamente siguiente. Además, los errores se permiten mientras que la memoria del intercalador se vacía después de haberse indicado un cambio en el intercalado.

En relación con las especificaciones del bit de control requeridas para especificar cuál es el modo de intercalación utilizado, véase [UIT-T J.83-B].

6.3.4 Plan de frecuencias en sentido descendente

El plan de frecuencias en sentido descendente DEBERÍA cumplir el plan de frecuencias utilizado por el sistema de cable en el que se opera. Por ejemplo, puede tratarse de un plan de frecuencias de América del Norte del tipo de portadoras relacionadas con armónicos (HRC, *harmonic related carrier*), portadoras relacionadas con incrementos (IRC, *incremental related carrier*) o el plan normalizado (STD, *standard*) para portadoras QAM. Las frecuencias de funcionamiento PUEDEN

incluir todos los canales entre 57 MHz y 999 MHz, incluyendo las frecuencias centrales. Las frecuencias de funcionamiento DEBEN incluir al menos el margen de 91 MHz a 867 MHz.

6.3.5 Salida eléctrica de la DRFI

Los EQAM y los CMTS pueden estar disponibles en dos versiones distintas:

- Dispositivos de un único canal que sólo generan un canal de radiofrecuencia por cada puerto físico de RF.
- Dispositivos multicanales capaces de generar más de un canal simultáneamente por cada puerto físico de RF. Un dispositivo multicanal puede utilizarse para generar un único canal; incluso en ese caso, se define como un dispositivo multicanal.

Un dispositivo de N canales por puerto DEBE satisfacer todos los requisitos funcionales con los N canales presentes en el puerto de RF, y DEBE satisfacer todos los requisitos para un dispositivo de N' canales por puerto que funcione con N' canales en el puerto de RF, para todos los valores pares de N' menores que N , y para $N' = 1$. Un dispositivo de un único canal DEBE satisfacer todos los requisitos de un dispositivo de N canales con $N = 1$.

Estas especificaciones suponen que el dispositivo DRFI está terminado con una carga de 75 ohmios.

Si se incluyen más de un CMTS o EQAM en una misma estructura física, cada CMTS o EQAM DEBE cumplir los parámetros y definiciones pertinentes de esta Recomendación, con independencia del número de CMTS o EQAM restantes, su ubicación en la estructura física o su configuración.

6.3.5.1 Salida eléctrica del CMTS o EQAM

Un CMTS o un EQAM DEBE presentar a su salida una señal modulada en RF con las características definidas en los cuadros 6-3, 6-4 y 6-5. Dichos requisitos suponen que a cada uno de los N canales combinados se les asigna el mismo nivel de potencia media, excepto en lo que se refiere al ruido de fase activo por canal y a la supresión de portadora para diagnóstico (cuadro 6-4).

Cuadro 6-3 – Requisitos eléctricos de la salida RF

Parámetro	Valor
Frecuencia central (fc) de cada canal RF de un CMTS o EQAM	PUEDE estar entre 57 MHz y 999 MHz ± 30 kHz (nota 1) DEBE estar entre 91 MHz a 867 MHz ± 30 kHz
Nivel	Ajustable. Véase cuadro 6-4
Tipo de modulación	64QAM, 256QAM
Velocidad de símbolos (nominal) 64QAM 256QAM	5,056941 Msímb/s 5,360537 Msímb/s
Separación nominal entre canales	6 MHz
Respuesta en frecuencia 64QAM 256QAM	Conformación de raíz cuadrada de coseno alzado $\sim 0,18$ Conformación de raíz cuadrada de coseno alzado $\sim 0,12$
Emisiones no deseadas, distorsión y ruido dentro de banda Emisiones no deseadas y ruido dentro de banda Señales y ruido no deseados fuera de banda	MER no ecualizada (nota 2) > 35 dB MER ecualizada > 43 dB ≤ -48 dBc; donde las emisiones no deseadas y el ruido del canal incluyen todas las emisiones no deseadas discretas, ruido, pérdida de portadora o desplazamiento de constelación, líneas de reloj, productos del sintetizador y otros productos no deseados del transmisor. Se excluyen las emisiones no deseadas y el ruido a menos de ± 50 kHz de la portadora. Cuando $N > 1$, se excluye el ruido fuera de la anchura de banda de Nyquist. Véase el cuadro 6-5
Ruido de fase un canal activo, $N - 1$ canales suprimidos (véase la cláusula 6.3.5.1.2 (6)) 64QAM y 256QAM Todos los N canales activos, (véase la cláusula 6.3.5.1.2 (7)) 64QAM y 256QAM	1 kHz-10 kHz: -33 dBc potencia de ruido de doble banda lateral 10 kHz-50 kHz: -51 dBc potencia de ruido de doble banda lateral 50 kHz-3 MHz: -51 dBc potencia de ruido de doble banda lateral 1 kHz-10 kHz: -33 dBc potencia de ruido de doble banda lateral 10 kHz-50 kHz: -51 dBc potencia de ruido de doble banda lateral
Impedancia de salida	75 ohmios
Pérdida de retorno de salida (nota 3)	> 14 dB en un canal de salida activo en el rango de frecuencias desde 88 MHz a 750 MHz (nota 4) > 13 dB en un canal de salida activo desde 750 MHz a 870 MHz (nota 5) > 12 dB en cada canal inactivo desde 54 MHz a 870 MHz > 10 dB en cada canal inactivo desde 870 MHz a 1002 MHz
Conector	Conector F según [CEI-60169-24]

Cuadro 6-3 – Requisitos eléctricos de la salida RF

NOTA 1 – 30 kHz incluye un margen de 25 kHz para el máximo desplazamiento de frecuencia normalmente incluido en los convertidores ascendentes.

NOTA 2 – La tasa de errores de modulación (MER, *modulation error ratio*) viene dada por la alteración de los elementos de la constelación causada por la forma de onda en transmisión a la salida del filtro adaptado ideal de recepción. La MER incluye todas las emisiones no deseadas discretas, ruido, pérdida de portadora o desplazamiento de constelación, líneas de reloj, productos del sintetizador y otros productos no deseados del transmisor. La MER sin igualación también incluye la distorsión de filtrado lineal que es compensada por un igualador en recepción. El ruido de fase que se produce en el margen de ± 50 kHz de la portadora se excluye de la especificación correspondiente a dentro de banda a fin de separar tanto como sea posible el ruido de fase y las emisiones no deseadas. Cuando se mide la MER, la longitud del registro o anchura de banda del bucle de seguimiento de portadora puede ajustarse a fin de excluir de la medida el ruido de fase de baja frecuencia. En el caso de MER con igualación, los coeficientes de igualación en recepción se calculan y se aplican cuando el receptor funciona con el dispositivo en prueba. En el caso de MER sin igualación, los coeficientes de igualación en recepción pueden calcularse para aplanar la respuesta del receptor, si ello es necesario, permaneciendo fijos cuando se conecta el dispositivo en prueba. Los requisitos de la MER asumen que las medidas se hacen con un instrumento de prueba calibrado del que se ha eliminado la contribución de la MER residual.

NOTA 3 – Los rangos de frecuencia son los existentes entre los bordes.

NOTA 4 – Si el EQAM o el CMTS proporcionan el servicio a una frecuencia central de 57 MHz (véase la línea 1 del cuadro), el EQAM o el CMTS DEBEN proporcionar una pérdida de retorno > 14 dB dentro de un canal de salida activo comprendido entre 54 MHz y 750 MHz (f_{edge}).

NOTA 5 – Si el EQAM o el CMTS proporcionan el servicio con una frecuencia central de 999 MHz (véase la línea 1 del cuadro), el EQAM o el CMTS DEBEN proporcionar una pérdida de retorno > 12 dB dentro de un canal de salida activo comprendido entre 870 MHz y 1002 MHz (f_{edge}).

6.3.5.1.1 Potencia por canal en CMTS o EQAM

Un EQAM o un CMTS DEBEN generar una salida de RF con las características de potencia definidas en el cuadro 6-4. La potencia de RF de cada canal PUEDE ser ajustable, satisfaciendo cada canal de forma independiente las características de potencia definidas en el cuadro 6-4. Si EQAM o CMTS pueden modular cada canal de forma independiente, la potencia de RF del canal DEBE ser ajustable canal a canal, satisfaciendo así cada canal de forma independiente las características de potencia definidas en el cuadro 6-4.

Cuadro 6-4 – Potencia de salida de un dispositivo DRFI

Parámetro	Valor
Rango de la potencia de transmisión asignada por canal	≥ 8 dB por debajo del nivel de potencia requerida especificada más abajo, manteniéndose fielmente sobre la gama de 8 dB.
Tamaño del escalón de los niveles de potencia asignados por canal	$\leq 0,2$ dB estrictamente monótona
Diferencia de potencia entre dos canales adyacentes de un bloque (suprimiendo la diferencia de potencia asignada si la potencia del canal es ajustable de forma independiente)	$\leq 0,5$ dB
Diferencia de potencia entre dos canales no adyacentes en un bloque (suprimiendo la diferencia de potencia asignada si la potencia del canal es ajustable de forma independiente)	≤ 1 dB
Precisión absoluta de la potencia por canal	± 2 dB
Supresión de portadora de diagnóstico (3 modos) Modo 1: se suprime un canal Modo 2: se suprimen todos los canales excepto uno Modo 3: se suprimen todos los canales	<ol style="list-style-type: none"> 1) Supresión de portadora de ≥ 50 dB en la anchura de banda de Nyquist en cualquier canal de 6 MHz del bloque. DEBE realizarse sin discontinuidades o sin detrimento de otros canales del bloque. 2) Supresión de portadora de 50 dB en la anchura de banda de Nyquist en todos los canales de 6 MHz del bloque excepto en uno. DEBE realizarse sin discontinuidades o sin detrimento de otros canales del bloque. 3) Supresión de portadora de 50 dB en la anchura de banda de Nyquist en todos los canales de 6 MHz del bloque.
Silenciamiento de bloque de RF	≥ 73 dB por debajo de la potencia agregada no silenciada del bloque, en cada canal de 6 MHz del bloque.
Potencia requerida por canal para N canales combinados en un único puerto RF. ' N ' = número de canales combinados: $N = 1$ $N = 2$ $N = 3$ $N = 4$ $N > 4$	Potencia requerida por canal en dBmV 60 dBmV 56 dBmV 54 dBmV 52 dBmV $60 - \text{mulsup} [3,6 * \log_2(N)]$ dBmV

6.3.5.1.2 Independencia de cada canal individual dentro del conjunto de canales de un mismo puerto RF

Una posible utilización de un EQAM o CMTS consiste en proporcionar una plataforma universal que pueda utilizarse para servicios de datos de alta velocidad o para servicios de vídeo. Por este motivo, es esencial que la profundidad del intercalador se fije para cada canal a fin de proporcionar un formato de transmisión adecuado para vídeo o para datos, según sea necesario en funcionamiento normal. Cualquier bloque de N canales de un CMTS o EQAM DEBE ser configurable con al menos dos profundidades de intercalador, utilizando cualquiera de las profundidades de intercalador incluidas en los cuadros 6-1 y 6-2. Aunque no es tan crítico como el control de profundidad del intercalador por canal, es muy beneficioso para el operador que el EQAM pueda fijar la potencia de RF, la frecuencia central y el tipo de modulación de cada canal.

- 1) Un CMTS o EQAM multicanal DEBEN ser configurables con al menos dos profundidades de intercalador diferentes entre los N canales de un puerto de salida RF, utilizando cada canal una de las dos (o más) profundidades de intercalador. Para más información sobre profundidades de intercalador véanse los cuadros 6-1 y 6-2.
- 2) Un CMTS o EQAM multicanal DEBEN permitir 3 modos supresión de potencia RF de portadora con fines de prueba y diagnóstico. Véanse en el cuadro 6-4 descripciones de modos y niveles de supresión de potencia RF de la portadora.
- 3) Un CMTS o EQAM multicanal PUEDEN permitir el ajuste independiente de la potencia RF por canal, cumpliendo cada portadora RF de forma independiente los requisitos definidos en el cuadro 6-4.
- 4) Un CMTS o EQAM multicanal PUEDEN permitir la selección independiente de la frecuencia central de cada canal, permitiendo así una asignación de frecuencia de canales no contigua, cumpliendo cada canal de forma independiente los requisitos del cuadro 6-3.
- 5) Un CMTS o EQAM multicanal PUEDEN permitir la selección independiente del orden de la modulación, ya sea 64QAM o 256QAM por canal, cumpliendo cada canal de forma independiente los requisitos del cuadro 6-3.
- 6) Un CMTS o EQAM DEBEN permitir un modo de funcionamiento de prueba, para pruebas realizadas fuera de servicio, configuradas para N canales pero que genera una señal de onda continua (CW) por canal, un canal en cada instante a la frecuencia central del canal seleccionado; todos los restantes canales combinados se suprimen. Uno de los objetivos de este modo de prueba es permitir un método que sirva para verificar los requisitos de ruido de fase del cuadro 6-3. En este sentido, la generación del tono de prueba CW DEBERÍA permitir reproducir la cadena de generación de señal en la mayor medida posible, de tal forma que presente características de ruido de fase típicas de una calidad de funcionamiento operacional real; por ejemplo, una selección repetitiva de un símbolo de la constelación con una potencia cercana al nivel del valor cuadrático medio (RMS) de la constelación, permitiría reproducir de forma realista la cadena de modulación y de conversión ascendente. El modo de prueba DEBE poder generar el tono de CW sobre toda la gama de frecuencias centrales del cuadro 6-3.
- 7) Un CMTS o EQAM DEBEN permitir un modo de funcionamiento de prueba, para pruebas realizadas fuera de servicio, mediante la generación de una señal CW por canal, estando activos los restantes $N - 1$ canales combinados, con una modulación de datos válida a los niveles de potencia de funcionamiento normal. Uno de los objetivos de este modo de prueba es soportar un método que permita verificar los requisitos de ruido de fase del cuadro 6-3. En este sentido, la generación del tono de prueba CW DEBERÍA permitir reproducir la cadena de generación de señal en la mayor medida posible, de tal forma que presente características de ruido de fase típicas de una calidad de funcionamiento real. Por ejemplo, una selección repetitiva de un símbolo de la constelación con una potencia cercana al nivel del valor cuadrático medio de la constelación, permitiría reproducir de forma

realista la cadena de modulación y de conversión ascendente. Para este modo de prueba, es aceptable que todos los canales funcionen con la misma potencia media, incluidos cada uno de los $N - 1$ canales en situación de funcionamiento válido, y el canal individual con un tono CW en su frecuencia central. El modo de prueba DEBE poder generar el tono de CW sobre toda la gama de frecuencias centrales del cuadro 6-3.

Si la frecuencia central 4) o el tipo de modulación 5), o bien ambos, son ajustables de forma independiente para cada canal, el CMTS o el EQAM DEBEN proporcionar el ajuste independiente de la potencia RF 3) para cada canal, de forma que cada portadora RF cumpla los requisitos definidos en el cuadro 6-3.

6.3.5.1.3 Requisitos de ruido y de emisiones no deseadas fuera de banda del CMTS o EQAM

Uno de los objetivos de la Recomendación sobre DRFI es proporcionar una protección mínima en términos de CNR de los canales analógicos de 60 dB en sistemas con hasta 119 canales QAM conformes con DRFI.

En esta Recomendación se asume que el nivel de potencia transmitida de los canales digitales será 6 dB inferior a la potencia de cresta de la envolvente de la señal de vídeo de los canales analógicos, que es una condición típica de la transmisión 256 QAM. Se asume además que el alineamiento de canales coloca los canales analógicos en frecuencias inferiores a los canales digitales. Se utiliza un ajuste de $10 \cdot \log_{10}(6 \text{ MHz}/4 \text{ MHz})$ para tener en cuenta la diferencia en la anchura de banda de ruido de los canales digitales y analógicos. Con los supuestos anteriores, para un sistema de 119 canales QAM, la especificación incluida en el elemento 5 del cuadro 6-5 es igual a una protección analógica en términos de CNR de 60 dB.

En el cuadro 6-5 se enumeran los requisitos en términos de emisiones no deseadas fuera de banda. Cuando a los N canales combinados no se les asigna el mismo nivel de potencia, "dBc" indica decibelios en relación con la portadora de mayor nivel del bloque de canales. Los requisitos de las emisiones no deseadas fuera de banda asumen una condición de prueba con un bloque contiguo de N canales, todos con una el mismo nivel de potencia asignada; para esta condición de prueba, "dBc" debería interpretarse como la potencia media por canal, promediada sobre el bloque, para mitigar la variación de la potencia por canal a lo largo del bloque (véase el cuadro 6-4) que se permite cuando a todos los canales se les asigna la misma potencia.

Los elementos 1 a 4 enumeran los requisitos en canales adyacentes a los canales con un nivel asignado.

El elemento 5 enumera los requisitos de los canales adicionales a los canales con un nivel asignado. Se permite que alguno de dichos canales "adicionales" pueda no cumplir lo especificado en el elemento 5. Todas las exclusiones, tales como los armónicos de 2º y 3º orden del canal con un nivel asignado, se identifican inequívocamente en el cuadro.

El elemento 6 enumera los requisitos de los segundos armónicos $2N$ y de los terceros armónicos $3N$.

Cuadro 6-5 – Requisitos de ruido y de emisiones no deseadas fuera de banda del CMTS o EQAM

Elemento	Banda	N, número de canales combinados por puerto de RF				
		1	2	3	4	N > 4 Todas las ecuaciones son múltiplo superior (potencia, 0,5) dBc
1	Canal adyacente hasta 750 kHz del borde del bloque del canal	< -58 dBc	< -58 dBc	< -58 dBc	< -58 dBc	$< 10 * \log_{10} [10^{-58/10} + (0,75/6) * (10^{-65/10} + (N - 2) * 10^{-73/10})]$
2	Canal adyacente (desde 750 kHz del borde del bloque del canal hasta 6 MHz del borde del bloque del canal)	< -62 dBc	< -60 dBc	< -60 dBc	< -60 dBc	$< 10 * \log_{10} [10^{-62/10} + (5,25/6) * (10^{-65/10} + (N - 2) * 10^{-73/10})]$
3	Siguiente canal adyacente (desde 6 MHz del borde del bloque del canal hasta 12 MHz del borde del bloque del canal)	< -65 dBc	< -64 dBc	< -63,5 dBc	< -63 dBc	$< 10 * \log_{10} [10^{-65/10} + (N - 1) * 10^{-73/10}]$
4	Tercer canal adyacente (desde 12 MHz del borde del bloque del canal hasta 18 MHz del borde del bloque del canal)	< -73 dBc	< -70 dBc	< -67 dBc	< -65 dBc	Para N = 5: -64,5 dBc; Para N = 6: -64 dBc; Para N ≥ 7: < -73 + 10*log ₁₀ (N) dBc
5	Ruido en los restantes canales (47 MHz a 1000 MHz) medido en cada canal de 6 MHz excluyendo los siguientes: a) Canal(es) deseado(s) b) 1 ^{er} , 2 ^{do} y 3 ^{er} canales adyacentes (véanse los elementos 1, 2, 3, 4 de este cuadro) c) Canales que coincidan con los armónicos 2º y 3º (véase el elemento 6 de este cuadro)	< -73 dBc	< -70 dBc	< -68 dBc	< -67 dBc	< -73 + 10*log ₁₀ (N)
6	En cada uno de los 2N canales contiguos de 6 MHz o en cada uno de los 3N canales contiguos de 6 MHz que coinciden con los componentes armónicos segundo y tercero respectivamente (hasta los 1000 MHz)	El mayor de < -73 + 10*log ₁₀ (N), o -63 dBc				

6.3.5.2 Variación de fase del reloj maestro del CMTS o EQAM en funcionamiento asíncrono

Un EQAM DEBE implementar un cliente y una interfaz de cliente DTI según [UIT-T J.211]. Las especificaciones del reloj maestro se definen en [UIT-T J.211]. El cliente DTI proporciona el reloj maestro. Un CMTS integrado que no esté efectivamente servido por un servidor DTI DEBE incluir un reloj maestro que cumpla las especificaciones siguientes:

El reloj maestro de 10,24 MHz DEBE mantener las características siguientes durante diez años desde la fecha de fabricación y en un margen de temperaturas de 0 a 40 grados C (véase la nota):

- una precisión de frecuencia de $\leq \pm 5$ ppm;
- una deriva $\leq 10^{-8}$ por segundo; y
- una variación de fase de borde de ≤ 10 ns de cresta a cresta (± 5 ns).

NOTA – Esta especificación también PUEDE cumplirse sincronizando el oscilador del reloj maestro del dispositivo DRFI con una fuente de frecuencia de referencia externa. Si se utiliza este método, el reloj

maestro del dispositivo DRFI interno DEBE mantener una precisión de frecuencia de ± 20 ppm durante diez años desde la fecha de fabricación y en un margen de temperatura de 0 a 40 grados C, cuando no está conectada ninguna fuente de frecuencia de referencia. La deriva y la variación de fase de borde DEBEN ser las arriba especificadas.

Los requisitos de deriva y de variación de fase del reloj maestro del dispositivo DRFI implican que la duración de dos segmentos adyacentes de 10.240.000 ciclos será menor o igual a 30 ns, debido a una variación de fase de 10 ns que afecta a la duración de cada segmento y a 10 ns de la deriva de frecuencia. Igualmente pueden deducirse las duraciones de otros segmentos del contador: segmentos adyacentes de $1.024.000 \leq 21$ ns; segmentos de longitud 1.024.000 separados por un segmento de 10.240.000 ciclos, ≤ 30 ns; segmentos adyacentes de 102.400.000, ≤ 120 ns. El reloj maestro del dispositivo DRFI DEBE respetar dichos límites de prueba en el 99% o más de las medidas realizadas.

6.3.5.3 Variación de fase del reloj maestro del CMTS o EQAM en funcionamiento síncrono

Además de los requisitos de la cláusula 6.3.5.2, el reloj maestro del CMTS de 10,24 MHz DEBE cumplir los siguientes requisitos de ruido de fase de doble banda lateral en los siguientes rangos de frecuencia:

- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$ dBc (*es decir*, $< 0,05$ ns RMS) de 10 Hz a 100 Hz
- $< [-58 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$ dBc (*es decir*, $< 0,02$ ns RMS) de 100 Hz a 1 kHz
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$ dBc (*es decir*, $< 0,05$ ns RMS) de 1 kHz a 10 kHz
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$ dBc (*es decir*, $< 0,05$ ns RMS) de 10 kHz a $f_{MC}/2$

f_{MC} es la frecuencia del reloj maestro medida en MHz. El valor de f_{MC} DEBE ser un múltiplo entero o un divisor de 10,24 MHz. Por ejemplo, si se utiliza un oscilador de 20,48 MHz como fuente de frecuencia del reloj maestro, y no existe un reloj de 10,24 MHz que probar, puede utilizarse el reloj de 20,48 MHz, con un valor de f_{MC} de 20,48 en las expresiones anteriores.

En [UIT-T J.211] se incluyen las especificaciones relativas al desplazamiento de fase del reloj maestro del EQAM en funcionamiento síncrono.

6.3.5.4 Deriva de frecuencia del reloj maestro del CMTS o EQAM en funcionamiento síncrono

La frecuencia del reloj maestro del CMTS NO DEBE tener una deriva superior a 10^{-8} por segundo.

En [UIT-T J.211] se incluyen las especificaciones relativas a la deriva de frecuencia del reloj maestro del EQAM en funcionamiento síncrono.

6.3.6 Generación de reloj del CMTS o EQAM

Cuando el reloj maestro de 10,24 MHz se proporciona a través de la interfaz DTI, un dispositivo conforme con DRFI DEBE enganchar el reloj de símbolos descendentes al reloj maestro de 10,24 MHz utilizando los divisores de M/N incluidos en el cuadro 6-6.

6.3.6.1 Generación de reloj del CMTS

El CMTS DEBE enganchar el reloj de símbolos descendentes al reloj maestro del CMTS utilizando los divisores de M/N incluidos en el cuadro 6-6.

6.3.6.2 Generación de reloj del EQAM

Debido a que funciona con una interfaz DTI activa, un EQAM DEBE enganchar el reloj de símbolos descendentes al reloj maestro utilizando los divisores de M/N incluidos en el cuadro 6-6.

6.3.6.3 Velocidad de símbolos en sentido descendente

Sea f'_b la velocidad del reloj de símbolos descendentes que está enganchado al reloj maestro, y f'_m la velocidad del reloj maestro enganchado al reloj de símbolos descendentes. Sea f_b la velocidad de símbolos nominal especificada en sentido descendente y f_m la velocidad nominal del reloj maestro (10,24 MHz). Cuando el reloj de símbolos descendentes está enganchado al reloj maestro, DEBE cumplirse lo siguiente:

$$f'_b = f_m * M/N$$

Cuando el reloj maestro está enganchado al reloj de símbolos descendentes, DEBE cumplirse lo siguiente:

$$f'_m = f_b * N/M$$

Obsérvese que M y N del cuadro 6-6 son valores enteros sin signo, cada uno de los cuales se representa mediante 16 bits y que permiten obtener los valores de f'_b o f'_m , que no difieren en más de ± 1 ppm de su valor nominal especificado.

La desviación típica del error de temporización del reloj de símbolos en RF del EQAM o CMTS, referenciada al reloj maestro servidor del DTI, DEBE ser inferior a 1,5 ns medido durante 100 segundos.

En el cuadro 6-6 se enumeran los modos de funcionamiento, sus velocidades de símbolos nominales asociadas, f_b , los valores de M y N, las velocidades de reloj sincronizadas resultantes y sus desplazamientos respecto a sus valores nominales.

Cuadro 6-6 – Velocidad de símbolos en sentido descendente y parámetros para la sincronización con el reloj maestro

Modo descendente	Velocidad de símbolos nominal especificada, f_b (MHz)	M/N	Velocidad del reloj maestro, f'_m (MHz)	Velocidad de símbolos descendentes, f'_b (MHz)	Variación respecto al valor nominal
Anexo B, 64QAM	5,056941	401/812	10,239990...	5,056945...	0,95 ppm
Anexo B, 256QAM	5,360537	78/149	10,240000...	5,360536...	0,02 ppm

6.3.7 Variación de fase del reloj de símbolos en sentido descendente en funcionamiento síncrono

El reloj de símbolos descendentes DEBE cumplir los requisitos siguientes en lo que se refiere al ruido de fase de doble banda lateral sobre los rangos de frecuencia especificados:

- $< [-53 + 20 * \log (f_{DS}/5,057)]$ dBc (*es decir*, $< 0,07$ ns RMS) de 10 Hz a 100 Hz
- $< [-53 + 20 * \log (f_{DS}/5,057)]$ dBc (*es decir*, $< 0,07$ ns RMS) de 100 Hz a 1 kHz
- $< [-53 + 20 * \log (f_{DS}/5,057)]$ dBc (*es decir*, $< 0,07$ ns RMS) de 1 kHz a 10 kHz
- $< [-36 + 20 * \log (f_{DS}/5,057)]$ dBc (*es decir*, $< 0,5$ ns RMS) de 10 kHz a 100 kHz
- $< [-30 + 20 * \log (f_{DS}/5,057)]$ dBc (*es decir*, < 1 ns RMS) de 100 kHz a $(f_{DS}/2)$

f_{DS} es la frecuencia del reloj objeto de medida en MHz. El valor de f_{DS} DEBE ser un múltiple o divisor entero del reloj de símbolos descendentes. Por ejemplo, puede medirse un reloj de $f_{DS} = 20,227764$ MHz si no existe un reloj de 5,056941 MHz expresamente disponible.

Un dispositivo que sea conforme con DRFI-DEBE permitir un modo de prueba del reloj en la que:

- El dispositivo proporcione puntos de prueba para el acceso directo al reloj maestro y al reloj de símbolos descendentes.

Alternativamente, un dispositivo que sea conforme con DRFI DEBE permitir un modo de prueba en el que:

- La secuencia de símbolos QAM descendentes sea sustituida por un secuencia binaria alternante (1, -1, 1, -1, 1, -1...) con la amplitud nominal, en ambas componentes I y Q.
- El dispositivo genere el reloj de símbolos descendentes a partir del reloj de referencia de 10,24 MHz como en el modo de funcionamiento síncrono normal.

Si existe un reloj de símbolos descendentes explícito que cumpla los requisitos anteriores de ruido de fase (por ejemplo, un reloj sin variación de fase en el dominio del reloj), este modo de prueba no es necesario.

6.3.8 Deriva del reloj de símbolos en sentido descendente en funcionamiento síncrono

La frecuencia del reloj de símbolos descendente NO DEBE tener una deriva superior a 10^{-8} por segundo.

7 Subcapa de convergencia de transmisión en sentido descendente

7.1 Introducción

La capa de convergencia de transmisión en sentido descendente utilizada en el M-CMTS se define como una serie continua de paquetes MPEG de 188 bytes [UIT-T H.222.0]. Estos paquetes constan de un encabezamiento de 4 bytes, seguido de una cabida útil de 184 bytes. El encabezamiento define la cabida útil MAC de datos por cable (DOC, *data-over-cable*). Otros valores del encabezamiento pueden indicar otras cabidas útiles. La mezcla de cabidas útiles MAC y de las correspondientes a otros servicios es opcional y está controlado por el CMTS.

En la figura 7-1 se ilustra el entrelazado de bytes DOCSIS MAC con otra información digital (en el ejemplo con vídeo digital).

encabezamiento = DOC	cabida útil DOC MAC
encabezamiento = vídeo	cabida útil de vídeo digital
encabezamiento = vídeo	cabida útil de vídeo digital
encabezamiento = DOC	cabida útil DOC MAC
encabezamiento = vídeo	cabida útil de vídeo digital
encabezamiento = DOC	cabida útil DOC MAC
encabezamiento = vídeo	cabida útil de vídeo digital
encabezamiento = vídeo	cabida útil de vídeo digital
encabezamiento = vídeo	cabida útil de vídeo digital

Figura 7-1 – Ejemplo de entrelazado de paquetes MPEG en sentido descendente

7.2 Formato de los paquetes MPEG

En la figura 7-2 se muestra el formato de un paquete MPEG que transporte datos DOCSIS. El paquete consta de un encabezamiento MPEG de 4 bytes, un campo puntero (*pointer_field*) (no presente en todos los paquetes), y la cabida útil DOCSIS.

Encabezamiento MPEG (4 bytes)	pointer_field (1 byte)	Cabida útil DOCSIS (183 ó 184 bytes)
----------------------------------	---------------------------	---

Figura 7-2 – Formato de un paquete MPEG

7.3 Encabezamiento MPEG para datos por cable DOCSIS

El formato del encabezamiento del flujo de transporte MPEG se define en la cláusula 2.4 de [UIT-T H.222.0]. Los valores de los campos que diferencian los flujos MAC de datos por cable se definen en el cuadro 7-1. Los nombres de los campos se han tomado de [UIT-T H.222.0]

El encabezamiento MPEG consta de 4 bytes en la parte inicial del paquete MPEG de 188 bytes. El formato del encabezamiento que se ha de utilizar en un PID de datos por cable DOCSIS DEBE ser como se muestra en el cuadro 7-1. El formato del encabezamiento es conforme con la norma MPEG, pero su uso se restringe en esta Recomendación para no permitir la inclusión de un campo adaptation_field en los paquetes MPEG.

Cuadro 7-1 – Formato del encabezamiento MPEG para paquetes de datos por cable DOCSIS

Campo	Longitud (bits)	Descripción
sync_byte	8	0x47; byte de sincronismo del paquete MPEG
transport_error_indicator	1	Indica que se ha producido un error en la recepción del paquete. Este bit es puesto a cero por el transmisor, y puesto a uno cuando se produce un error en la transmisión del paquete.
payload_unit_start_indicator	1	El valor uno indica la presencia de un campo pointer_field como primer byte de la cabida útil (quinto byte del paquete)
transport_priority	1	Reservado; puesto a cero
PID	13	PID conocido para datos por cable DOCSIS (0x1FFE)
transport_scrambling_control	2	Reservado; puesto a '00'
adaptation_field_control	2	'01'; no se permite la utilización del campo adaptation_field en el PID DOCSIS
continuity_counter	4	Contador cíclico en este PID

7.4 Cabida útil MPEG para datos por cable DOCSIS

La parte de cabida útil MPEG del paquete MPEG transportará las tramas MAC DOCSIS. El primer byte de la cabida útil MPEG será un campo 'pointer_field' si el campo payload_unit_start_indicator (PUSI) del encabezamiento MPEG está puesto a uno.

7.4.1 stuff_byte (byte de relleno)

En esta norma se establece que el stuff_byte (byte de relleno) tenga un valor dado (0xFF), que se utiliza en la cabida útil DOCSIS para rellenar los espacios existentes entre tramas MAC DOCSIS. Este valor no puede utilizarse en el primer byte de la trama MAC DOCSIS. El byte 'FC' del encabezamiento MAC se definirá de forma que nunca contenga dicho valor. (FC_TYPE = '11' indica una trama específica MAC, y FC_PARM = '11111' no se utiliza actualmente y, de acuerdo con esta Recomendación es un valor ilegal para FC_PARM.)

7.4.2 pointer_field (campo de puntero)

El campo pointer_field es el quinto byte del paquete MPEG (primer byte después del encabezamiento MPEG) siempre que el campo payload_unit_start_indicator (PUSI) esté puesto a uno en el encabezamiento MPEG. La interpretación del campo pointer_field es la siguiente:

El pointer_field contiene el número de bytes del paquete que siguen al pointer_field y que el decodificador del CM debe dejar pasar antes del inicio de la siguiente trama MAC DOCSIS. Si es posible, DEBE existir un campo puntero con el que comience la trama MAC de datos por cable en el paquete, y DEBE apuntar a:

- 1) el comienzo de la primera trama MAC con la que comienza el paquete; o bien,
- 2) a cualquier stuff_byte que preceda a la trama MAC.

7.5 Interacción con la subcapa MAC

Las tramas MAC pueden comenzar en cualquier punto dentro de un paquete MPEG. Una trama MAC pueden extenderse a lo largo de varios paquetes MPEG, y también pueden existir varias tramas MAC en un paquete MPEG.

Las figuras siguientes muestran el formato de los paquetes MPEG que transportan tramas MAC DOCSIS. En todos los casos, la bandera PUSI señala la presencia de un campo puntero pointer_field como primer byte de la cabida útil MPEG.

La figura 7-3 muestra una trama MAC que se sitúa inmediatamente después del pointer_field. En este caso, el pointer_field es cero, y el decodificador DOCSIS comenzará la búsqueda de un byte FC válido en el byte inmediatamente siguiente al pointer_field.

Encabezamiento MPEG (PUSI = 1)	pointer_field (= 0)	Trama MAC (hasta 183 bytes)	stuff_byte(s) (0 o más)
-----------------------------------	------------------------	--------------------------------	----------------------------

Figura 7-3 – Formato de un paquete en el que la trama MAC sigue al campo puntero (pointer_field)

En la figura 7-4 se muestra el caso más general en el que una trama MAC está precedida de la cola o parte final de una trama MAC previa y de una secuencia de bytes de relleno. En este caso, el pointer_field aún identifica el primer byte tras la cola de la trama #1 (un stuff_byte) como posición en la que el decodificador debe iniciar la búsqueda de un valor válido de FC de la subcapa MAC. Este formato permite que la operación de multiplexación que se realiza en el CMTS inserte inmediatamente una trama MAC lista para ser transmitida si dicha trama llega después de haberse transmitido el encabezamiento MPEG y el pointer_field.

Para facilitar la multiplexación del flujo de paquetes MPEG que transporta datos DOCSIS con otros datos codificados en MPEG, el CMTS NO DEBERÍA transmitir paquetes MPEG con un PID DOCSIS que sólo contenga bytes de relleno (stuff_bytes) en la cabida útil. En lugar de ello, DEBERÍAN transmitirse paquetes nulos MPEG.

NOTA – Existen relaciones de temporización implícitas en la subcapa MAC DOCSIS que también deben ser preservadas por cualquier operación de multiplexación.

Encabezamiento MPEG (PUSI = 1)	pointer_field (= M)	Cola de la trama MAC #1 (M bytes)	stuff_byte(s) (0 o más)	Inicio de la trama MAC #2
-----------------------------------	------------------------	--------------------------------------	----------------------------	---------------------------

Figura 7-4 – Formato de un paquete con una trama MAC precedida de bytes de relleno (stuff_bytes)

La figura 7-5 muestra que en el paquete MPEG pueden existir varias tramas MAC. Las tramas MAC pueden ser concatenadas una tras otra o bien estar separadas mediante una secuencia opcional de bytes de relleno.

Encabezamiento MPEG (PUSI = 1)	pointer_field (= 0)	Trama MAC #1	Trama MAC #2	stuff_byte(s) (0 o más)	Trama MAC #3
-----------------------------------	------------------------	--------------	--------------	----------------------------	--------------

Figura 7-5 – Formato de un paquete con múltiples tramas MAC en un único paquete

La figura 7-6 muestra el caso en el que una trama MAC se extiende a lo largo de varios paquetes MPEG. En este caso, el pointer_field de la trama siguiente apunta al byte posterior al último byte de la cola de la primera trama.

Encabezamiento MPEG (PUSI = 1)	pointer_field (= 0)	stuff_byte(s) (0 o más)	Inicio de la trama MAC #1 (hasta 183 bytes)	
Encabezamiento MPEG (PUSI = 0)	Continuación de la trama MAC número #1 (184 bytes)			
Encabezamiento MPEG (PUSI = 1)	pointer_field (= M)	Cola de la trama MAC #1 (M bytes)	stuff_byte(s) (0 o más)	Inicio de la trama MAC #2 (M bytes)

Figura 7-6 – Formato de un paquete en el que una trama MAC ocupa varios paquetes

La subcapa de convergencia de transmisión deben funcionar ligada de forma muy estrecha a la subcapa MAC para la provisión de un sello de tiempo exacto que se inserta en el mensaje sincronización de tiempo.

7.6 Interacción con la capa física

El flujo de paquetes MPEG-2 DEBE codificarse de conformidad con [UIT-T J.83-B], incluyendo las tramas de transporte MPEG-2 utilizando la verificación de paridad descrita en [UIT-T J.83-B].

Anexo A

Adiciones y modificaciones para la especificación europea

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación)

Este anexo se aplica a la segunda opción tecnológica a la que se hace referencia en la cláusula 1. Para la primera opción, véanse las cláusulas 5, 6 y 7.

En este anexo se describen las especificaciones de la capa física requeridas para el CMTS integrado EuroDOCSIS y EQAM EuroDOCSIS. Es un anexo opcional y no afecta en absoluto a la certificación de equipos que cumplan con la opción de tecnología empleada en América del Norte y descrita en las cláusulas antes referenciadas.

Se ha mantenido la numeración de los párrafos de forma que el sufijo que sigue a la letra del anexo hace referencia a la parte de la Recomendación a la que se aplican los cambios descritos. En consecuencia, algunos número de encabezamiento de cláusula pueden no aparecer en este anexo pues no es necesario realizar cambios en el párrafo relevante de la parte principal de esta Recomendación.

A.1 Alcance y objetivos

Véase la cláusula 1.

A.2 Referencias

Véase la cláusula 2.

A.3 Términos y definiciones

Véase la cláusula 3.

A.4 Abreviaturas y acrónimos

Véase la cláusula 4.

A.5 Supuestos funcionales

En esta cláusula se describen las características de una red de televisión por cable, que se supone destinada a la explotación de un sistema de datos por cable. No es una descripción de los parámetros de EQAM o CMTS. El sistema de datos por cable DEBE ser interoperable en el entorno descrito en esta cláusula.

Siempre que en esta cláusula se haga referencia a planes de frecuencia o compatibilidad con otros servicios, o a conflictos con cualquier requisito jurídico relativo a la explotación, este último aspecto tendrá prioridad. Cualquier referencia a señales de televisión analógica en una banda de frecuencias en particular no significa que dichas señales estén físicamente presentes.

A.5.1 Red de acceso de banda ancha

Se supone una red de acceso de banda ancha basada en sistemas coaxiales. Ésta puede ser una red exclusivamente formada por sistemas coaxiales o una red híbrida fibra/coaxial (HFC). El término genérico "red de cable" se utiliza para hacer referencia a cualquiera de los casos.

Una red de cable utiliza un medio compartido, una arquitectura de tipo "árbol y ramificaciones" con transmisión analógica. Las características funcionales principales asumidas en este anexo son las siguientes:

- Transmisión bidireccional.

- Una separación óptica/eléctrica máxima entre el dispositivo conforme con DRFI y el CM más distante de 160 km (medida en metros por la ruta existente) en cada sentido.
- Una separación óptica/eléctrica diferencial máxima entre el dispositivo conforme con DRFI y los módems más cercano y más lejano de 160 km (medida en metros por la ruta existente) en cada sentido.

Para una velocidad de propagación en fibra de aproximadamente 5 ns/m, 160 km de fibra en cada sentido significa un retardo de ida y vuelta de aproximadamente 1,6 ms. Para más información véase el apéndice VIII de [UIT-T J.122].

A.5.2 Supuestos relativos a los equipos

A.5.2.1 Plan de frecuencias

Se supone que en el sentido descendente, el sistema de cable tiene una banda de paso con un límite inferior entre 47 y 87,5 MHz y un límite superior que es función de la implementación pero que típicamente puede estar entre 300 y 862 MHz. Dentro de la banda de paso, se supone que están presentes señales de televisión analógicas PAL/SECAM en canales de 7/8 MHz y señales de radio con modulación en frecuencia (MF), así como otras señales digitales de banda ancha y de banda estrecha. Para la comunicación de datos se utilizan canales de 8 MHz.

A.5.2.2 Compatibilidad con otros servicios

El CM y el EQAM o CMTS DEBEN coexistir con otros servicios en la red de cable, por ejemplo:

– *Anexo A*

DEBEN ser interoperables en el espectro del cable asignado para el interfuncionamiento entre el EQAM o el CMTS con el CM, mientras que el su conjunto el espectro del cable es ocupado por cualquier combinación de señales de televisión o de otro tipo; y

– *Anexo B*

NO DEBEN causar interferencia perjudicial a ningún otro servicio asignado a la red de cable cuyo espectro esté fuera del atribuido al EQAM o CMTS. Esto último debe entenderse como:

- ninguna degradación mensurable (nivel máximo de compatibilidad);
- ninguna degradación más allá del nivel perceptible de degradación de cualquier servicio (nivel normalizado o medio de compatibilidad); o
- ninguna degradación más allá de los niveles mínimos normalizados aceptados por la industria u otros proveedores de servicio (nivel mínimo de compatibilidad).

A.5.2.3 Impacto de la detección de averías sobre otros usuarios

Véase la cláusula 5.2.3.

A.5.3 Supuestos relativos a la planta en sentido descendente

Véase la cláusula 5.3.

A.5.3.1 Niveles de transmisión

El objetivo de nivel de potencia nominal de las señales de RF en sentido descendente en un canal de 8 MHz está comprendido en el margen entre -13 dBc y 0 dBc, relativo al nivel de la portadora de cresta de vídeo analógico y normalmente no excederá el nivel de cresta de la portadora de vídeo analógico (típicamente de -10 a -6 dBc para 64QAM, y entre -6 y -4 dBc para 256QAM).

A.5.3.2 Inversión de frecuencia

Véase la cláusula 5.3.2.

A.5.3.3 Alineamiento de canales analógicos y digitales

En el desarrollo de esta opción tecnológica se ha supuesto que se despliegan un máximo de 85 canales digitales en la cabecera. A los efectos de calcular la protección en términos de CNR (relación portadora a ruido) de los canales analógicos, se ha supuesto que los canales analógicos se colocan en frecuencias más bajas del alineamiento de canales que los canales digitales.

A.5.3.4 Objetivos de protección analógicos

Uno de los objetivos de la Recomendación sobre DRFI es proporcionar una protección mínima de los canales analógicos en términos de CNR de 59 dB medida en una anchura de banda de 5,08 MHz para sistemas que despliegan hasta 85 canales QAM conformes con la DRFI.

A los efectos del cálculo, se asume que el nivel de potencia transmitida de los canales digitales será 5 dB inferior a la potencia de cresta de la envolvente de las señales de vídeo de los canales analógicos, que es la condición típica de una transmisión 256QAM. Además, a los efectos de cálculo también se asume que el alineamiento de canales situará los canales analógicos en frecuencias más bajas que los canales digitales. Se utiliza un ajuste de $10 \cdot \log_{10} (8 \text{ MHz} / 5,08 \text{ MHz})$ para tener en cuenta la diferencia en la anchura de banda utilizada para definir los requisitos de ruido de canales digitales QAM conformes con DRFI frente a los canales PAL analógicos. Con los supuestos anteriores, para un sistema con 85 canales QAM, la especificación incluida en el elemento 5 del cuadro A-4 es equivalente a una protección en términos de CNR analógica de 59 dB.

A.6 Especificación de la subcapa dependiente del medio físico

A.6.1 Alcance

Esta cláusula es de aplicación para la segunda opción tecnológica a la que se hace referencia en la cláusula 1 (1.1 Alcance). Cuando los requisitos de ambas opciones sean idénticos, se hace referencia al texto de la parte principal de esta Recomendación.

Para el resto de esta cláusula, véase la cláusula 6.1.

A.6.2 Diferencias entre EQAM y CMTS

Véase la cláusula 6.2.

A.6.3 Sentido descendente

A.6.3.1 Protocolo en sentido descendente

La subcapa dependiente del medio físico (PMD) en sentido descendente DEBE ser conforme con [ETSI EN 300 429].

A.6.3.2 Formato espectral

El modulador en sentido descendente para cada canal QAM del EQAM o CMTS DEBE permitir el funcionamiento con un formato de señal de RF transmitida en el sistema de cable cuyas componentes en fase y cuadratura en banda de base formen una constelación tal como se especifica en [ETSI EN 300 429].

A.6.3.3 Intercalación escalable para soportar servicios de vídeo y de datos de alta velocidad

La subcapa PMD en sentido descendente del CMTS o EQAM DEBE soportar un intercalador con las características definidas en el cuadro A.1. Este modo de intercalador es completamente conforme con [ETSI EN 300 429].

Cuadro A.1 – Características del intercalador

Derivaciones del intercalador	Incremento del intercalador	64QAM 6,952 Msímb/s 6 bits por símbolo		256QAM 6,952 Msímb/s 8 bits por símbolo	
		Protección contra ráfaga	Retardo	Protección contra ráfaga	Retardo
I	J				
12	17	18 μ s	0,43 ms	14 μ s	0,32 ms

A.6.3.4 Plan de frecuencias en sentido descendente

La elección de las frecuencias a utilizar para satisfacer los requisitos nacionales y de red constituye una decisión del operador.

A.6.3.5 Salida eléctrica de la DRFI

Véase la cláusula 6.3.5.

A.6.3.5.1 Salida eléctrica del CMTS o EQAM

Un CMTS o un EQAM DEBEN presentar a su salida una señal modulada en RF con las características que se definen en los cuadros A.2, A.3 y A.4.

A.6.3.5.1.1 Salida eléctrica por puerto de RF

La condición para los requisitos del cuadro A.2 es que a todos los N canales entregados al puerto de RF se les asigne la misma potencia media. Dicha potencia no se aplica al requisito relativo al ruido de fase para un único canal activo.

Cuadro A.2 – Requisitos eléctricos de salida de un puerto RF

Parámetro	Valor
Frecuencia central (f_c) de cada canal RF de un CMTS o EQAM	PUEDE estar entre 85 MHz y 999 MHz \pm 30 kHz en incrementos de 250 kHz DEBE estar entre 112 MHz y 858 MHz \pm 30 kHz en incrementos de 250 kHz
Nivel	Ajustable. Véase el cuadro A.3
Tipo de modulación	64QAM, 256QAM
Velocidad de símbolos (nominal) 64QAM 256QAM	6,952 Msímb/s 6,952 Msímb/s
Separación nominal entre canales	8 MHz
Respuesta en frecuencia 64QAM 256QAM	Conformación de raíz cuadrada de coseno alzado \sim 0,15 Conformación de raíz cuadrada de coseno alzado \sim 0,15

Cuadro A.2 – Requisitos eléctricos de salida de un puerto RF

Parámetro	Valor
Emisiones no deseadas, distorsión y ruido dentro de banda	MER no ecualizada (nota 1) > 35 dB MER ecualizada > 43 dB
Emisiones no deseadas y ruido dentro de banda ($f_c \pm 4$ MHz)	$\leq -46,7$ dBc; donde las emisiones no deseadas y el ruido del canal incluyen todas las emisiones no deseadas discretas, ruido, pérdida de portadora o desplazamiento de constelación, líneas de reloj, productos del sintetizador y otros productos no deseados del transmisor. Se excluyen las emisiones no deseadas y el ruido a menos de ± 50 kHz de la portadora. Cuando $N > 1$, se excluye el ruido fuera de la anchura de banda de Nyquist.
Emisiones no deseadas y ruido fuera de banda	Véase el cuadro A.4
Ruido de fase un canal activo, $N - 1$ canales suprimidos (véase la cláusula 6.3.5.1.2 (6)), 64QAM y 256QAM	1 kHz – 10 kHz: -33 dBc potencia de ruido de doble banda lateral 10 kHz – 50 kHz: -51 dBc potencia de ruido de doble banda lateral 50 kHz – 3 MHz: -51 dBc potencia de ruido de doble banda lateral
Todos los N canales activos, (véase la cláusula 6.3.5.1.2 (7)) 64QAM y 256QAM	1 kHz – 10 kHz: -33 dBc potencia de ruido de doble banda lateral 10 kHz – 50 kHz: -51 dBc potencia de ruido de doble banda lateral
Impedancia de salida	75 ohmios
Pérdida de retorno de salida	> 14 dB en un canal de salida activo en el rango de frecuencias desde 108 MHz a 862 MHz (nota 2) > 12 dB en cada canal inactivo desde 81 MHz a 862 MHz > 10 dB en cada canal inactivo por encima de 862 MHz
Conector	Conector F según [CEI 60169-24]
<p>NOTA 1 – La tasa de errores de modulación (MER) viene dada por la varianza de los elementos de la constelación causada por la forma de onda en transmisión a la salida del filtro adaptado ideal de recepción. La MER incluye todas las emisiones no deseadas discretas, ruido, pérdida de portadora o desplazamiento de constelación, líneas de reloj, productos del sintetizador y otros productos no deseados del transmisor. La MER sin igualación también incluye la distorsión de filtrado lineal que es compensada por el igualador de recepción. El ruido de fase que se produce en el margen de ± 50 kHz de la portadora se excluye de la especificación dentro de banda a fin de separar tanto como sea posible el ruido de fase y las emisiones no deseadas. Cuando se mide la MER, la longitud del registro o anchura de banda del bucle de seguimiento de la portadora puede ajustarse a fin de excluir de la medida el ruido de fase de baja frecuencia. En el caso de MER con igualación, los coeficientes de igualación en recepción se calculan y se aplican cuando el receptor funciona con el dispositivo en prueba. En el caso de MER sin igualación, los coeficientes de igualación en recepción pueden calcularse para aplanar la respuesta del receptor, si ello es necesario, permaneciendo fijos cuando se conecta el dispositivo en prueba. Los requisitos de la MER asumen que las medidas se hacen con un instrumento de prueba calibrado del que se ha eliminado la contribución de la MER residual.</p> <p>NOTA 2 – Si el EQAM o el CMTS proporcionan el servicio con una frecuencia central de 85 MHz (véase la línea 1 del cuadro), el EQAM o el CMTS DEBEN proporcionar una pérdida de retorno > 14 dB dentro de un canal de salida activo comprendido entre 81 MHz y 108 MHz. Si el EQAM o el CMTS proporcionan el servicio con una frecuencia central de 999 MHz (véase la línea 1 en el cuadro), el EQAM o el CMTS DEBEN proporcionar una pérdida de retorno > 14 dB dentro de un canal de salida activo comprendido entre 862 MHz y 1003 MHz.</p>	

A.6.3.5.1.2 Potencia por canal en CMTS o EQAM

Un EQAM o un CMTS DEBE generar una salida de RF con las características de potencia definidas en el cuadro A.3. La potencia RF de cada canal PUEDE ser ajustable, satisfaciendo cada canal de forma independiente las características de potencia definidas en el cuadro A.3. Si el EQAM o CMTS tiene capacidad de modulación independiente por canal, la potencia RF del canal DEBE ser ajustable por canal, satisfaciendo cada canal de forma independiente las características de potencia definidas en el cuadro A.3.

Cuadro A.3 – Potencia de salida de un dispositivo DRFI

Parámetro	Valor
Rango de la potencia de transmisión asignada por canal	≥ 8 dB por debajo del nivel de potencia requerida especificada más abajo, manteniéndose fielmente sobre la gama de 8 dB.
Tamaño del escalón de los niveles de potencia asignados por canal	$\leq 0,2$ dB estrictamente monótona
Diferencia de potencia entre dos canales adyacentes de un bloque (habiéndose suprimido la diferencia de potencia asignada si la potencia del canal es ajustable de forma independiente)	$\leq 0,5$ dB
Diferencia de potencia entre dos canales no adyacentes en un bloque (habiéndose suprimido la diferencia de potencia asignada si la potencia del canal es ajustable de forma independiente)	≤ 1 dB
Precisión absoluta de la potencia por canal	± 2 dB
Supresión de portadora de diagnóstico (3 modos) Modo 1: se suprime un canal Modo 2: se suprimen todos los canales excepto uno Modo 3: se suprimen todos los canales	<ol style="list-style-type: none"> 1) Supresión de portadora de ≥ 50 dB en la anchura de banda de Nyquist en cualquier canal de 8 MHz del bloque. DEBE realizarse sin discontinuidades o detrimento de otros canales del bloque. 2) Supresión de portadora ≥ 50 dB en la anchura de banda de Nyquist en todos los canales de 8 MHz del bloque excepto uno. Esto DEBE realizarse sin discontinuidades o detrimento de otros canales del bloque. 3) Supresión de portadora ≥ 50 dB en la anchura de banda de Nyquist en todos los canales de 8 MHz del bloque.
Silenciamiento de bloque de RF	$\geq 71,5$ dB por debajo de la potencia agregada no silenciada del bloque, en cada canal de 8 MHz del bloque
Potencia requerida por canal para N canales combinados en un único puerto de RF: $N = 1$ $N = 2$ $N = 3$ $N = 4$ $N > 4$	Potencia requerida por canal en dBmV 60 dBmV 56 dBmV 54 dBmV 52 dBmV $60 - \text{mulsup} [3,6 * \log_2(N)]$ dBmV

A.6.3.5.1.3 Independencia de cada canal individual dentro del conjunto de canales de un mismo puerto RF

Una posible utilización de un EQAM o CMTS consiste en proporcionar una plataforma universal que pueda utilizarse para servicios de datos de alta velocidad o para servicios de vídeo. Es muy beneficioso para el operador que el EQAM pueda fijar la potencia de RF, la frecuencia central y el tipo de modulación para cada canal.

- 1) Un CMTS o EQAM multicanal DEBEN proporcionar 3 modos supresión de potencia RF de portadora con fines de prueba y diagnóstico, véanse en el cuadro A.3 descripciones de modos y niveles de supresión de potencia de RF de la portadora.
- 2) Un CMTS o EQAM multicanal PUEDEN permitir el ajuste independiente de la potencia de RF por canal, cumpliendo cada portadora RF de forma independiente los requisitos definidos en el cuadro A.3.
- 3) A Un CMTS o EQAM multicanal PUEDEN permitir la selección independiente de la frecuencia central de cada canal, permitiendo así una asignación de frecuencia de canales no contigua, cumpliendo cada canal de forma independiente los requisitos del cuadro A.3.
- 4) Un CMTS o EQAM multicanal PUEDEN permitir la selección independiente del orden de modulación por canal, bien sea 64QAM o 256QAM, cumpliendo cada canal de forma independiente los requisitos definidos en el cuadro A.2.
- 5) Un CMTS o EQAM multicanal DEBEN permitir un modo de funcionamiento de prueba, para pruebas fuera de servicio, configuradas para N canales pero generando una señal de onda continua (CW) por canal, un canal en cada instante a la frecuencia central del canal seleccionado; todos los restantes canales combinados se suprimen. Uno de los propósitos de este modo de prueba es soportar un método que permita verificar los requisitos de ruido de fase del cuadro A.2. En este sentido, la generación del tono de prueba CW DEBERÍA permitir reproducir la cadena de generación de señal en la mayor medida posible, de tal forma que muestre características de ruido de fase típicas de una calidad de funcionamiento operacional real; por ejemplo, una selección repetitiva de un símbolo de la constelación con una potencia cercana al nivel del valor cuadrático medio de la constelación, permitiría reproducir la cadena de modulación y de conversión ascendente en la mayor medida posible. El modo de prueba DEBE ser capaz de generar el tono de CW sobre toda la gama de frecuencias centrales del cuadro A.2.
- 6) Un CMTS o EQAM DEBEN permitir un modo de funcionamiento de prueba, para pruebas fuera de servicio, generación de una señal CW por canal, estando activos los restantes $N - 1$ canales combinados, con una modulación de datos válida a niveles de potencia operacionales. Uno de los propósitos de este modo de prueba es soportar un método que permita verificar los requisitos de ruido de fase del cuadro A.2. En este sentido, la generación del tono de prueba CW DEBERÍA permitir reproducir la cadena de generación de señal en la mayor medida posible, de tal forma que muestre características de ruido de fase típicas de una calidad de funcionamiento real. Por ejemplo, una selección repetitiva de un símbolo de la constelación con una potencia cercana al nivel del valor cuadrático medio de la constelación, permitiría reproducir la cadena de modulación y de conversión ascendente en la mayor medida posible. Para este modo de prueba, es aceptable que todos los canales funcionen con la misma potencia media, incluidos cada uno de los $N - 1$ canales con un funcionamiento válido, y el único canal con un tono CW en su frecuencia central. El modo de prueba DEBE ser capaz de generar el tono de CW sobre toda la gama de frecuencias centrales del cuadro A.2.

Si la frecuencia central 3) o el tipo de modulación 4), o bien ambos son ajustables de forma independiente para cada canal, el CMTS o el EQAM DEBEN proporcionar el ajuste independiente de la potencia en RF 2) para cada canal, de forma que cada portadora RF cumpla los requisitos definidos en el cuadro A.2.

A.6.3.5.1.4 Requisitos de ruido y de emisiones no deseadas fuera de banda del CMTS o EQAM

Uno de los objetivos de la Recomendación sobre DRFI es proporcionar una protección mínima en términos de CNR de los canales analógicos de 59 dB medidos en una banda de frecuencia de 5,08 MHz en sistemas con hasta 85 canales QAM conformes con DRFI.

A los efectos de cálculo, se asume que el nivel de potencia transmitida de los canales digitales será 5 dB inferior a la potencia de cresta de la envolvente de la señal de vídeo de los canales analógicos, que es una condición típica de la transmisión 256QAM. Se asume además que el alineamiento de canales coloca los canales analógicos en frecuencias inferiores a los canales digitales. Se utiliza un ajuste de $10 \cdot \log_{10}(8 \text{ MHz}/5,08 \text{ MHz})$ para tener en cuenta la diferencia en la anchura de banda de ruido de los canales digitales y analógicos. Con los supuestos anteriores, para un sistema de 85 canales QAM, la especificación incluida en el elemento 5 del cuadro A.4 es igual a la protección analógica en términos de CNR de 59 dB.

En el cuadro A.4 se enumeran los requisitos en términos de emisiones no deseadas fuera de banda. Cuando a los N canales combinados no se les asigna el mismo nivel de potencia, "dBc" indica decibelios en relación con la portadora de mayor nivel del bloque de canales. Los requisitos de las emisiones no deseadas fuera de banda asumen una condición de prueba con un bloque contiguo de N canales a los que se les asigna el mismo nivel de potencia; para esta condición de prueba, "dBc" debería interpretarse como la potencia media por canal, promediada sobre el bloque, para mitigar la variación de la potencia por canal a lo largo del bloque (véase el cuadro A.3) permitida cuando a todos los canales se les asigna la misma potencia.

Los elementos 1 a 4 enumeran los requisitos en canales adyacentes a los canales con un nivel asignado.

El elemento 5 enumera los requisitos de los canales adicionales a los canales con un nivel asignado. Se permite que alguno de dichos canales "adicionales" puedan no cumplir lo especificado en el elemento 5. Todas las exclusiones, tales como los armónicos de 2º y 3º orden del canal con un nivel asignado, se identifican inequívocamente en el cuadro.

El elemento 6 enumera los requisitos de los segundos armónicos $2N$ y de los terceros armónicos $3N$.

Cuadro A.4 – Requisitos de ruido y de emisiones no deseadas fuera de banda del CMTS o EQAM

Elemento	Banda	N, número de canales combinados por puerto de RF				
		1	2	3	4	N > 4 Todas las ecuaciones son múltiplo superior (potencia, 0,5) dBc
1	Canal adyacente hasta 750 kHz del borde del bloque del canal	< -58 dBc	< -58 dBc	< -58 dBc	< -58 dBc	$< 10 \cdot \log_{10} [10^{-58/10} + (0,75/8) \cdot (10^{-63,5/10} + (N-2) \cdot 10^{-71,5/10})]$
2	Canal adyacente (desde 750 kHz del borde del bloque del canal hasta 8 MHz del borde del bloque del canal)	< -60,5 dBc	< -59 dBc	< -58,5 dBc	< -58,5 dBc	$< 10 \cdot \log_{10} [10^{-60,5/10} + (7,25/8) \cdot (10^{-63,5/10} + (N-2) \cdot 10^{-71,5/10})]$
3	Siguiente canal adyacente (desde 8 MHz del borde del bloque del canal hasta 16 MHz del borde del bloque del canal)	< -63,5 dBc	< -63 dBc	< -62,5 dBc	< -62 dBc	$< 10 \cdot \log_{10} [10^{-63,5/10} + (N-1) \cdot 10^{-71,5/10}]$
4	Tercer canal adyacente (desde 16 MHz del borde del bloque del canal hasta 24 MHz del borde del bloque del canal).	< -71,5 dBc	< -68,5 dBc	< -65,5 dBc	< -64 dBc	Para N = 5: < -63 dBc; Para N = 6: < -62,5 dBc; Para N ≥ 7: < -71,5 + 10*log ₁₀ (N) dBc
5	Ruido en los restantes canales (80 MHz a 1 003 MHz) medido en cada canal de 8 MHz excluyendo los siguientes: a) Canal(es) deseado(s) b) 1 ^{er} , 2 ^{do} y 3 ^{er} canales adyacentes (véanse los elementos 1, 2, 3, 4 de este cuadro) c) Canales que coincidan con los armónicos 2º y 3º (véase el elemento 6 de este cuadro)	< -71,5 dBc	< -68,5 dBc	< -66,5 dBc	< -65,5 dBc	< -71,5 + 10*log ₁₀ (N) dBc
6	En cada uno de los 2N canales contiguos de 8 MHz o en cada uno de los 3N canales contiguos de 8 MHz que coinciden con los componentes armónicos segundos y terceros respectivamente (hasta los 1000 MHz)	El mayor de < -71,5 + 10*log ₁₀ (N) o -63 dBc				

A.6.3.5.2 Variación de fase del reloj maestro del CMTS o EQAM en funcionamiento asíncrono

Véase la cláusula 6.3.5.2.

A.6.3.5.3 Variación de fase del reloj maestro del CMTS o EQAM en funcionamiento síncrono

Véase la cláusula 6.3.5.3.

A.6.3.5.4 Deriva de frecuencia del reloj maestro del CMTS o EQAM en funcionamiento síncrono

Véase la cláusula 6.3.5.4.

A.6.3.6 Generación de reloj del CMTS o EQAM

Cuando el reloj maestro de 10,24 MHz se proporciona a través de la interfaz DTI, un dispositivo conforme con DRFI DEBE enganchar el reloj de símbolos descendentes al reloj maestro de 10,24 MHz utilizando los divisores de M/N incluidos en el cuadro A.5.

A.6.3.6.1 Generación de reloj del CMTS

El CMTS DEBE enganchar el reloj de símbolos descendentes al reloj maestro del CMTS utilizando los divisores de M/N incluidos en el cuadro A.5.

A.6.3.6.2 Generación de reloj del EQAM

Debido a que funciona con una interfaz DTI activa, un EQAM DEBE enganchar el reloj de símbolos descendentes al reloj maestro utilizando los divisores de M/N incluidos en el cuadro A.5.

A.6.3.6.3 Velocidad de símbolos en sentido descendente

Sea f'_b la velocidad del reloj de símbolos descendentes que está enganchado al reloj maestro, y f'_m la velocidad del reloj maestro enganchado al reloj de símbolos descendentes. Sea f_b la velocidad de símbolos especificada en sentido descendente y f_m la velocidad del reloj maestro (10,24 MHz). Cuando el reloj de símbolos descendentes está enganchado al reloj maestro, DEBE cumplirse la ecuación siguiente:

$$f'_b = f_m * M/N$$

Cuando el reloj maestro está enganchado al reloj de símbolos descendentes, DEBE cumplirse la ecuación siguiente:

$$f'_m = f_b * N/M$$

Obsérvese que M y N del cuadro A.5 son valores enteros sin signo, representable cada uno de ellos con 16 bits y que permiten obtener los valores de f'_b o f'_m que no difieren en más de ± 1 ppm de su valor nominal especificado.

La desviación típica del error de temporización del reloj de símbolos en RF del EQAM/CMTS, relativa al reloj maestro servidor del DTI, DEBE ser inferior a 1,5 ns medido durante 100 segundos.

En el cuadro A.5 se enumeran los modos de funcionamiento, sus velocidades de símbolos asociadas, f_b , los valores de M y N, las velocidades de reloj sincronizadas resultantes y sus desplazamientos respecto a sus valores nominales.

Cuadro A.5 – Velocidad de símbolos en sentido descendente y parámetros para la sincronización con el reloj maestro

Modo descendente	Velocidad de símbolos nominal especificada, f_b (MHz)	M/N	Velocidad del reloj maestro, f'_m (MHz)	Velocidad de símbolos descendentes, f'_b (MHz)	Desplazamiento respecto al valor nominal
ETSI EN 300 429, 64QAM	6,952	869/1280	10,240...	6,952	0 ppm
ETSI EN 300 429, 256QAM	6,952	869/1280	10,240...	6,952	0 ppm

A.6.3.7 Variación de fase del reloj de símbolos en sentido descendente en funcionamiento síncrono

El reloj de símbolos descendentes DEBE cumplir los requisitos siguientes en cuanto al ruido de fase de doble banda lateral sobre los márgenes de frecuencia especificados:

- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/6,952)]$ dBc (*es decir*, $< 0,07$ ns RMS) de 10 Hz a 100 Hz
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/6,952)]$ dBc (*es decir*, $< 0,07$ ns RMS) de 100 Hz a 1 kHz
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/6,952)]$ dBc (*es decir*, $< 0,07$ ns RMS) de 1 kHz a 10 kHz
- $< [-36 + 20 \cdot \log(f_{DS}/6,952)]$ dBc (*es decir*, $< 0,5$ ns RMS) de 10 kHz a 100 kHz
- $< [-30 + 20 \cdot \log(f_{DS}/6,952)]$ dBc (*es decir*, < 1 ns RMS) de 100 kHz a $(f_{DS}/2)$

f_{DS} es la frecuencia del reloj medido en MHz. El valor de f_{DS} DEBE ser un múltiple o divisor entero del reloj de símbolos descendentes. Por ejemplo, un reloj de $f_{DS} = 27,808$ MHz puede medirse si no existe un reloj de 6,952 MHz expresamente disponible.

Un dispositivo que sea conforme con DRFI DEBE permitir un modo de prueba del reloj en la que:

- El dispositivo proporcione puntos de prueba para el acceso directo al reloj maestro y al reloj de símbolos descendentes.

Alternativamente, un dispositivo que sea conforme con DRFI DEBE permitir un modo de prueba en el que:

- La secuencia de símbolos QAM descendentes sea sustituida por un secuencia binaria alternante (1, -1, 1, -1, 1, -1...) con la amplitud nominal en ambas componentes I y Q.
- El dispositivo genere el reloj de símbolos descendentes a partir del reloj de referencia de 10,24 MHz como en el modo de funcionamiento síncrono normal.

Si existe un reloj de símbolos descendentes explícito que cumpla los requisitos anteriores de ruido de fase (por ejemplo, un reloj sin variación de fase en el dominio del reloj), este modo de prueba no es necesario.

A.6.3.8 Deriva del reloj de símbolos en sentido descendente en funcionamiento síncrono

Véase la cláusula 6.3.8.

A.7 Subcapa de convergencia de transmisión en sentido descendente

A.7.1 Introducción

Véase la cláusula 7.1.

A.7.2 Formato de los paquetes MPEG

Véase la cláusula 7.2.

A.7.3 Encabezamiento MPEG para datos por cable DOCSIS

Véase la cláusula 7.3.

A.7.4 Cabida útil MPEG para datos por cable DOCSIS

Véase la cláusula 7.4.

A.7.5 Interacción con la subcapa MAC

Véase la cláusula 7.5.

A.7.6 Interacción con la capa física

El flujo de paquetes MPEG-2 DEBE codificarse de conformidad con [ETSI EN 300 429].

Anexo B

Adiciones y modificaciones para la especificación japonesa

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación)

Este anexo se aplica a la tercera opción tecnológica a la que se hace referencia en la cláusula 1 de la parte principal de esta Recomendación. Para la primera opción, véanse las cláusulas 4.2, 6 y 7. Para la segunda opción, véase el anexo A.

En este anexo se describen las especificaciones de la capa física requeridas para el CMTS y EQAM integrado de conformidad con las especificaciones japonesas. Es un anexo opcional y no afecta en absoluto a la certificación de equipos que cumplan con la opción de tecnología empleada en América del Norte y descrita en las cláusulas antes referenciadas.

Se ha mantenido la numeración de los párrafos de forma que el sufijo que sigue a la letra del anexo hace referencia a la parte de la Recomendación a la que se aplican los cambios descritos. En consecuencia, algunos número de encabezamiento de cláusula pueden no aparecer en este anexo pues no es necesario realizar cambios en el párrafo relevante de la parte principal de esta Recomendación.

B.1 Alcance y objetivos

Véase la cláusula 1.

B.2 Referencias

Véase la cláusula 2.

B.3 Términos y definiciones

Véase la cláusula 3.

B.4 Abreviaturas y acrónimos

Véase la cláusula 4.

B.5 Supuestos funcionales

Véase la cláusula 5.

B.5.1 Red de acceso de banda ancha

Véase la cláusula 5.1.

B.5.2 Supuestos relativos al equipo

B.5.2.1 Plan de frecuencias

Se supone que en el sentido descendente, el sistema de cable tiene una banda de paso con un límite inferior de 90 MHz y un límite superior que es función de la implementación pero que típicamente puede estar entre 350 y 770 MHz. Dentro de la banda de paso, se supone que están presentes señales de televisión analógicas NTSC en canales de 6 MHz, así como otras señales digitales de banda ancha y de banda estrecha.

B.5.2.2 Compatibilidad con otros servicios

Véase la cláusula 5.2.2.

B.5.2.3 Impacto de la detección de averías sobre otros usuarios

Véase la cláusula 5.2.3.

B.5.3 Supuestos relativos a la planta en sentido descendente

Véase la cláusula 5.3.

B.5.3.1 Niveles de transmisión

Véase la cláusula 5.3.1.

B.5.3.2 Inversión de frecuencia

Véase la cláusula 5.3.2.

B.5.3.3 Alineamiento de canales analógicos y digitales

En el desarrollo de esta opción tecnológica se ha supuesto que en la cabecera de despliega un máximo de 110 canales digitales. A los efectos de calcular la protección en términos de CNR (relación portadora a ruido) de los canales analógicos, se ha supuesto que los canales analógicos se colocan en frecuencias más bajas del alineamiento de canales que los canales digitales.

B.5.3.4 Objetivos de protección analógicos

Uno de los objetivos de la Recomendación sobre DRFI es proporcionar una protección mínima de los canales analógicos en términos de CNR de 60 dB para sistemas que despliegan hasta 110 canales QAM conformes con la DRFI.

La Recomendación asume que el nivel de potencia transmitida de los canales digitales será 6 dB inferior a la potencia de cresta de la envolvente de las señales de vídeo de los canales analógicos, que es más exigente que la condición típica de 10 dB inferior a la transmisión digital. Además, también se asume que el alineamiento de canales situará los canales analógicos en frecuencias más bajas que los canales digitales. Se utiliza un ajuste de $10 \cdot \log_{10}(6 \text{ MHz}/4 \text{ MHz})$ para tener en cuenta la diferencia en la anchura de banda de ruido de los canales digitales frente a los canales analógicos. Con los supuestos anteriores, para un sistema con 110 canales QAM, la especificación incluida en el elemento 5 del cuadro B.4 es equivalente a una protección en términos de CNR analógica de 60 dB.

B.6 Especificación de la subcapa dependiente del medio físico

B.6.1 Alcance

Esta cláusula es de aplicación para la tercera opción tecnológica a la que se hace referencia en la cláusula 1 (1.1 Alcance). Cuando los requisitos para todas las opciones tecnológicas sean idénticos, se hace referencia al texto principal de esta Recomendación.

Para el resto de esta cláusula, véase la cláusula 6.1.

B.6.2 Diferencias entre EQAM y CMTS

Véase la cláusula 6.2.

B.6.3 Sentido descendente

B.6.3.1 Protocolo en sentido descendente

La subcapa dependiente del medio físico (PMD) en sentido descendente DEBE ser conforme con [UIT-T J.83-C]. La profundidad de los intercaladores se define en la cláusula B.6.3.3. La aplicabilidad de una profundidad de intercalador dada es función del servicio de datos que proporcione el canal RF QAM en cuestión. La aplicabilidad de una profundidad de intercalador

para la distribución de un servicio distinto al de datos de alta velocidad DOCSIS queda fuera del alcance de este anexo.

B.6.3.2 Formato espectral

El modulador en sentido descendente para cada canal QAM del EQAM o CMTS DEBE permitir el funcionamiento con la constelación 64QAM, tal como se especifica en [UIT-T J.83-C] y con la constelación 256QAM, tal como se especifica en la cláusula J.6.3.4.2 de [UIT-T J.122].

B.6.3.3 Intercalación escalable para soportar servicios de vídeo y de datos de alta velocidad

La subcapa PMD en sentido descendente del CMTS o EQAM DEBE soportar un intercalador de profundidad variable con las características definidas en el cuadro B.1.

El método de intercalador para 256QAM es igual al del [UIT-T J.83-C] excepto en los valores de la profundidad de intercalado. CMTS y EQAM DEBEN soportar la profundidad de intercalación $I = 12$. CMTS y EQAM PUEDEN soportar las profundidades de intercalación $I = 34$ o $I = 204$. En el cuadro B.1 se muestran las características del intercalador a 5,274 Msímb/s.

Cuadro B.1 – Características del intercalador

I (Número de derivaciones)	J (Incremento)	Protección de ráfagas 64QAM/256QAM	Retardo 64QAM/256QAM
12	17	24 μ s/18 μ s	0,57 ms/0,43 ms
34	6	-/51 μ s	-/1,28 ms
204	1	-/300 μ s	-/7,85 ms

B.6.3.4 Plan de frecuencias en sentido descendente

El plan de frecuencias en sentido descendente DEBERÍA cumplir el plan de frecuencias utilizado por el sistema de cable en el que opera. Por ejemplo, puede ser el plan de frecuencias de Japón para portadoras QAM [Artículo 23-(1)]. Las frecuencias de funcionamiento DEBEN incluir todos los canales entre 90 MHz y 770 MHz.

B.6.3.5 Salida eléctrica de la DRFI

Véase la cláusula 6.3.5.

B.6.3.5.1 Salida eléctrica del CMTS o EQAM

Un CMTS o un EQAM DEBEN presentar a su salida una señal modulada en RF con las características que se definen en los cuadros B.2, B.3 y B.4. La condición de dichos requisitos es que a todos los N canales combinados se les asigne el mismo nivel de potencia media, excepto en lo relativo a requisitos de ruido de fase activo por canal y supresión de portadora de diagnóstico (cuadro B.3).

Cuadro B.2 – Requisitos eléctricos de la salida RF

Parámetro	Valor
Frecuencia central (f_c) de cada canal RF de un CMTS o EQAM	DEBE estar entre 93 MHz y 767 MHz
Nivel	Ajustable. Véase el cuadro B.3.
Tipo de modulación	64QAM, 256QAM
Velocidad de símbolos (nominal) 64QAM 256QAM	5,274 Msimb/s 5,274 Msimb/s
Separación nominal entre canales	6 MHz
Respuesta en frecuencia 64QAM 256QAM	Conformación de raíz cuadrada de coseno alzado $\sim 0,13$ Conformación de raíz cuadrada de coseno alzado $\sim 0,13$
Emisiones no deseadas, distorsión y ruido dentro de banda	MER no ecualizado (nota 2) > 35 dB MER ecualizado > 43 dB
Emisiones no deseadas y ruido dentro de banda	≤ -48 dBc; donde las emisiones no deseadas y el ruido del canal incluyen todas las emisiones no deseadas discretas, ruido, pérdida de portadora o desplazamiento de constelación, líneas de reloj, productos del sintetizador y otros productos no deseados del transmisor. Se excluyen las emisiones no deseadas y el ruido a menos de ± 50 kHz de la portadora. Cuando $N > 1$, se excluye el ruido fuera de la anchura de banda de Nyquist.
Señales y ruido no deseados fuera de banda	Véase el cuadro B.4
Ruido de fase un canal activo, $N - 1$ canales suprimidos (véase la cláusula B.6.3.5.1.2 (6)) 64QAM y 256QAM	1 kHz – 10 kHz: -33 dBc potencia de ruido de doble banda lateral 10 kHz – 50 kHz: -51 dBc potencia de ruido de doble banda lateral 50 kHz – 3 MHz: -51 dBc potencia de ruido de doble banda lateral
Todos los N canales activos, (véase la cláusula B.6.3.5.1.2 (7)) 64QAM y 256QAM	1 kHz – 10 kHz: -33 dBc potencia de ruido de doble banda lateral 10 kHz – 50 kHz: -51 dBc potencia de ruido de doble banda lateral
Impedancia de salida	75 ohmios
Pérdida de retorno de salida (Nota 3)	> 14 dB en un canal de salida activo en el rango de frecuencias desde 90 MHz a 770 MHz (nota 4)
Conector	Conector F según [CEI 60169-24]

Cuadro B.2 – Requisitos eléctricos de la salida RF

NOTA 1 – 30 kHz incluye un margen de 25 kHz para el máximo desplazamiento de frecuencia establecido por la FCC normalmente incluido en los convertidores ascendentes.

NOTA 2 – La tasa de errores de modulación (MER) viene dada por la varianza de los elementos de la constelación causada por la forma de onda en transmisión a la salida del filtro adaptado ideal de recepción. La MER incluye todas las emisiones no deseadas discretas, ruido, pérdida de portadora o desplazamiento de constelación, líneas de reloj, productos del sintetizador y otros productos no deseados del transmisor. La MER sin igualación también incluye la distorsión de filtrado lineal que es compensada por el igualador de recepción. El ruido de fase que se produce en el margen de ± 50 kHz de la portadora se excluye de la especificación dentro de banda a fin de separar tanto como sea posible el ruido de fase y las emisiones no deseadas. Cuando se mide la MER, la longitud del registro o anchura de banda del bucle de seguimiento de la portadora puede ajustarse a fin de excluir de la medida el ruido de fase de baja frecuencia. En el caso de MER con igualación, los coeficientes de igualación en recepción se calculan y se aplican cuando el receptor funciona con el dispositivo en prueba. En el caso de MER sin igualación, los coeficientes de igualación en recepción pueden calcularse para aplanar la respuesta del receptor, si ello es necesario, permaneciendo fijos cuando se conecta el dispositivo en prueba. Los requisitos de la MER asumen que las medidas se hacen con un instrumento de prueba calibrado del que se ha eliminado la contribución de la MER residual.

NOTA 3 – Los rangos de frecuencia entre los bordes de la banda.

NOTA 4 – Si el EQAM o el CMTS proporcionan el servicio con una frecuencia central de 93 MHz (véase la línea 1 del cuadro), el EQAM o el CMTS DEBEN proporcionar una pérdida de retorno > 14 dB dentro de un canal de salida activo comprendido entre 90 MHz y 770 MHz (f_{edge}).

B.6.3.5.1.1 Potencia por canal en CMTS o EQAM

Un EQAM o un CMTS DEBEN generar una salida de RF con las características de potencia definidas en el cuadro B.3. La potencia RF de cada canal PUEDE ser ajustable, satisfaciendo cada canal de forma independiente las características de potencia definidas en el cuadro B.3. Si el EQAM o CMTS tienen capacidad de modulación independiente por canal, la potencia RF del canal DEBE ser ajustable por canal, satisfaciendo cada canal de forma independiente las características de potencia definidas en el cuadro B.3.

Cuadro B.3 – Potencia de salida de un dispositivo DRFI

Parámetro	Valor
Rango de la potencia de transmisión asignada por canal	≥ 8 dB por debajo del nivel de potencia requerida especificada más abajo, manteniéndose fielmente sobre la gama de 8 dB.
Tamaño del escalón de los niveles de potencia asignados por canal	$\leq 0,2$ dB estrictamente monótona
Diferencia de potencia entre dos canales adyacentes de un bloque (habiéndose suprimido la diferencia de potencia asignada si la potencia del canal es ajustable de forma independiente)	$\leq 0,5$ dB
Diferencia de potencia entre dos canales no adyacentes en un bloque (habiéndose suprimido la diferencia de potencia asignada si la potencia del canal es ajustable de forma independiente)	≤ 1 dB
Precisión absoluta de la potencia por canal	± 2 dB
Supresión de portadora de diagnóstico (3 modos) Modo 1: se suprime un canal Modo 2: se suprimen todos los canales excepto uno Modo 3: se suprimen todos los canales	<ol style="list-style-type: none"> 1) Supresión de portadora de ≥ 50 dB en la anchura de banda de Nyquist en cualquier canal de 6 MHz del bloque. DEBE realizarse sin discontinuidades o detrimento de otros canales del bloque. 2) Supresión de portadora de 50 dB en la anchura de banda de Nyquist en todos los canales de 6 MHz del bloque excepto en uno. DEBE realizarse sin discontinuidades o detrimento de otros canales del bloque. 3) Supresión de portadora de 50 dB en la anchura de banda de Nyquist en todos los canales de 6 MHz del bloque.
Silenciamiento de bloque de RF	≥ 73 dB por debajo de la potencia agregada no silenciada del bloque, en cada canal de 6 MHz del bloque.
Potencia requerida por canal para N canales combinados en un único puerto de RF. 'N' = número de canales combinados: $N = 1$ $N = 2$ $N = 3$ $N = 4$ $N > 4$	Potencia requerida por canal en dB μ V 120 dB μ V 116 dB μ V 114 dB μ V 112 dB μ V 120 – mulsup $[3,6 * \log_2(N)]$ dB μ V

B.6.3.5.1.2 Independencia de cada canal individual dentro del conjunto de canales de un mismo puerto RF

Una posible utilización de un EQAM o CMTS consiste en proporcionar una plataforma universal que pueda utilizarse para servicios de datos de alta velocidad o para servicios de vídeo. Por este motivo, es esencial que la profundidad del intercalador se fije para cada canal a fin de proporcionar un formato de transmisión adecuado para vídeo o para datos, según sea necesario en funcionamiento normal. Cualquier bloque de N canales de un CMTS o EQAM DEBE ser configurables con al menos la profundidades de intercalador $I = 12$. Aunque no es tan crítico como el control de profundidad del intercalador por canal, es muy beneficioso para el operador que el EQAM pueda fijar la potencia RF, la frecuencia central y el tipo de modulación de cada canal.

- 1) Un CMTS o EQAM multicanal DEBEN ser configurables con al menos una profundidad de intercalador de $I = 12$ entre los N canales de un puerto de salida RF, en donde cada canal utiliza una de las dos (o más) profundidades de intercalador por cada canal. Para más información sobre profundidades de intercalador véase el cuadro B.1.
- 2) Un CMTS o EQAM multicanal DEBEN permitir 3 modos supresión de potencia RF de portadora con fines de prueba y diagnóstico. Véanse en el cuadro B.3 descripciones de modos y niveles de supresión de potencia RF de la portadora.
- 3) Un CMTS o EQAM multicanal PUEDEN permitir el ajuste independiente de la potencia RF por canal, cumpliendo cada portadora RF de forma independiente los requisitos definidos en el cuadro B.3.
- 4) Un CMTS o EQAM multicanal PUEDEN permitir la selección independiente de la frecuencia central de cada canal, permitiendo así una asignación de frecuencia de canales no contigua, cumpliendo cada canal de forma independiente los requisitos del cuadro B.2.
- 5) Un CMTS o EQAM multicanal PUEDEN proporcionar la selección independiente del orden de la modulación, ya sea 64QAM o 256QAM por canal, cumpliendo cada canal de forma independiente los requisitos del cuadro B.2.
- 6) Un CMTS o EQAM DEBEN permitir un modo de funcionamiento de prueba, para pruebas realizadas fuera de servicio, configuradas para N canales pero que genera una señal de onda continua (CW) por canal, un canal en cada instante a la frecuencia central del canal seleccionado; todos los restantes canales combinados se suprimen. Uno de los propósitos de este modo de prueba es soportar un método que permita verificar los requisitos de ruido de fase del cuadro B.2. En este sentido, la generación del tono de prueba CW DEBERÍA permitir reproducir la cadena de generación de señal en la mayor medida posible, de tal forma que muestre características de ruido de fase típicas de una calidad de funcionamiento operacional real; por ejemplo, una selección repetitiva de un símbolo de la constelación con una potencia cercana al nivel cuadrático medio de la constelación, permitiría reproducir de forma realista la mayor parte de la cadena de modulación y de conversión ascendente. El modo de prueba DEBE ser capaz de generar el tono de CW sobre toda la gama de frecuencias centrales del cuadro B.2.
- 7) Un CMTS o EQAM DEBEN permitir un modo de funcionamiento de prueba, para pruebas realizadas fuera de servicio, mediante la generación de una señal CW por canal, estando activos los restantes $N - 1$ canales combinados, con una modulación de datos válida a niveles de potencia operacionales. Uno de los propósitos de este modo de prueba es soportar un método que permita verificar los requisitos de ruido de fase del cuadro B.2. En este sentido, la generación del tono de prueba CW DEBERÍA permitir reproducir la cadena de generación de señal en la mayor medida posible, de tal forma que muestre características de ruido de fase típicas de una calidad de funcionamiento operacional real. Por ejemplo, una selección repetitiva de un símbolo de la constelación con una potencia cercana al nivel cuadrático medio de la constelación, permitiría reproducir de forma realista la mayor parte de la cadena de modulación y de conversión ascendente. Para este modo de prueba, es

aceptable que todos los canales funcionen con la misma potencia media, incluidos cada uno de los $N - 1$ canales con un funcionamiento válido, y el canal individual con un tono CW en su frecuencia central. El modo de prueba DEBE ser capaz de generar el tono de CW sobre toda la gama de frecuencias centrales del cuadro B.2.

Si la frecuencia central 4) o el tipo de modulación 5), o bien ambos, son ajustables de forma independiente para cada canal, el CMTS o el EQAM DEBEN proporcionar el ajuste independiente de la potencia en RF 3) para cada canal, de forma que cada portadora RF cumpla los requisitos definidos en el cuadro B.2.

B.6.3.5.1.3 Requisitos de ruido y de emisiones no deseadas fuera de banda del CMTS o EQAM

Uno de los objetivos de la Recomendación sobre DRFI es proporcionar una protección mínima en términos de CNR de los canales analógicos de 60 dB en sistemas con hasta 110 canales QAM conformes con DRFI.

En esta Recomendación se asume que el nivel de potencia transmitida de los canales digitales será 6 dB inferior a la potencia de cresta de la envolvente de la señal de vídeo de los canales analógicos, que es más exigente que la condición típica de 10 dB de una transmisión digital. Se asume además que el alineamiento de canales coloca los canales analógicos en frecuencias inferiores a los canales digitales. Se utiliza un ajuste de $10 \cdot \log_{10}(6 \text{ MHz}/4 \text{ MHz})$ para tener en cuenta la diferencia en la anchura de banda de ruido de los canales digitales y analógicos. Con los supuestos anteriores, para un sistema de 110 canales QAM, la especificación incluida en el elemento 5 del cuadro B.4 es igual a la protección analógica en términos de CNR de 60 dB.

En el cuadro B.4 se enumeran los requisitos en términos de emisiones no deseadas fuera de banda. Cuando a los N canales combinados no se les asigna el mismo nivel de potencia, "dBc" indica decibelios en relación con la portadora de mayor nivel del bloque de canales. Los requisitos de las emisiones no deseadas fuera de banda asumen una condición de prueba con un bloque contiguo de N canales a los que se les asigna el mismo nivel de potencia; para esta condición de prueba, "dBc" debería interpretarse como la potencia media por canal, promediada sobre el bloque, para mitigar la variación de la potencia por canal a lo largo del bloque (véase el cuadro B.3) permitida cuando a todos los canales se les asigna la misma potencia.

Los elementos 1 a 4 enumeran los requisitos en canales adyacentes a los canales con un nivel asignado.

El elemento 5 enumera los requisitos de los canales adicionales a los canales con un nivel asignado. Se permite que alguno de dichos canales "adicionales" pueda no cumplir lo especificado en el elemento 5. Todas las exclusiones, tales como los armónicos de 2º y 3º orden del canal con un nivel asignado, se identifican inequívocamente en el cuadro.

El elemento 6 enumera los requisitos de los segundos armónicos $2N$ y de los terceros armónicos $3N$.

Cuadro B.4 – Requisitos de ruido y de emisiones no deseadas fuera de banda del CMTS o EQAM

Elemento	Banda	N, número de canales combinados por puerto de RF				
		1	2	3	4	N > 4 Todas las ecuaciones son múltiplo superior (potencia, 0,5) dBc
1	Canal adyacente hasta 750 kHz del borde del bloque del canal	< -58 dBc	< -58 dBc	< -58 dBc	< -58 dBc	$< 10 * \log_{10} [10^{-58/10} + (0,75/6) * (10^{-65/10} + (N - 2) * 10^{-73/10})]$
2	Canal adyacente (desde 750 kHz del borde del bloque del canal hasta 6 MHz del borde del bloque del canal)	< -62 dBc	< -60 dBc	< -60 dBc	< -60 dBc	$< 10 * \log_{10} [10^{-62/10} + (5,25/6) * (10^{-65/10} + (N - 2) * 10^{-73/10})]$
3	Siguiente canal adyacente (desde 6 MHz del borde del bloque del canal hasta 12 MHz del borde del bloque del canal)	< -65 dBc	< -64 dBc	< -63,5 dBc	< -63 dBc	$< 10 * \log_{10} [10^{-65/10} + (N - 1) * 10^{-73/10}]$
4	Tercer canal adyacente (desde 12 MHz del borde del bloque del canal hasta 18 MHz del borde del bloque del canal)	< -73 dBc	< -70 dBc	< -67 dBc	< -65 dBc	Para N = 5: -64,5 dBc; Para N = 6: -64 dBc; Para N ≥ 7: < -73 + 10*log ₁₀ (N) dBc
5	Ruido en los restantes canales (80 MHz a 780 MHz) medido en cada canal de 6 MHz excluyendo los siguientes: a) Canal(es) deseado(s) b) 1 ^{er} , 2 ^{do} y 3 ^{er} canales adyacentes (véanse los elementos 1, 2, 3, 4 de este cuadro) c) Canales que coincidan con los armónicos 2º y 3º (véase el elemento 6 de este cuadro)	< -73 dBc	< -70 dBc	< -68 dBc	< -67 dBc	< -73 + 10*log ₁₀ (N)
6	En cada uno de los 2N canales contiguos de 6 MHz o en cada uno de los 3N canales contiguos de 6 MHz que coinciden con los componentes armónicos segundos y terceros respectivamente (hasta los 1000 MHz)	El mayor de < -73 + 10*log ₁₀ (N), o -63 dBc				

B.6.3.5.2 Variación de fase del reloj maestro del CMTS o EQAM en funcionamiento asíncrono

Un EQAM DEBE implementar un cliente DTI y una interfaz cliente según [UIT-T J.211]. Las especificaciones del reloj maestro se definen en [UIT-T J.211]. El cliente DTI proporciona el reloj maestro. Un CMTS integrado que no esté activamente servido por un servidor DTI DEBE incluir un reloj maestro que cumpla las especificaciones siguientes:

El reloj maestro de 9,216 MHz DEBE mantener las características siguientes durante diez años desde la fecha de fabricación y en un margen de temperaturas de 0 a 40 grados C (véase la nota):

- una precisión de frecuencia de $\leq \pm 5$ ppm;
- una deriva $\leq 10^{-8}$ por segundo; y
- una variación de fase de borde de ≤ 10 ns de cresta a cresta (± 5 ns).

NOTA – Esta especificación también PUEDE cumplirse sincronizando el oscilador del reloj maestro del dispositivo DRFI con una fuente de frecuencia de referencia externa. Si se utiliza este método, el reloj maestro del dispositivo DRFI interno DEBE mantener una precisión de frecuencia de ± 20 ppm durante diez años desde la fecha de fabricación y en un margen de temperatura de 0 a 40 grados C, cuando no está conectada ninguna fuente de frecuencia de referencia. La deriva y la variación de fase de borde DEBEN ser las arriba especificadas.

Los requisitos de deriva y de variación de fase del reloj maestro del dispositivo DRFI implican que la duración de dos segmentos adyacentes de 9.216.000 ciclos será menor o igual a 30 ns, debido a una variación de fase de 10 ns que afecta a la duración de cada segmento y a los 10 ns de la deriva de frecuencia. Igualmente pueden deducirse las duraciones de otros segmentos del contador: segmentos adyacentes de 921.600, ≤ 21 ns; segmentos de longitud 921.600 separados por un segmento de 9.216.000 ciclos, ≤ 30 ns; segmentos adyacentes de 92.160.000, ≤ 120 ns. El reloj maestro del dispositivo DRFI DEBE cumplir respectar dichos límites de prueba en el 99% o más de las medidas realizadas.

B.6.3.5.3 Variación de fase del reloj maestro del CMTS o EQAM en funcionamiento síncrono

Además de los requisitos de la cláusula B.6.3.5.2, el reloj maestro del CMTS de 9,216 MHz DEBE cumplir los siguientes requisitos de ruido de fase de doble banda lateral en los siguientes rangos de frecuencia:

- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$ dBc (*es decir*, $< 0,05$ ns RMS) de 10 Hz a 100 Hz
- $< [-58 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$ dBc (*es decir*, $< 0,02$ ns RMS) de 100 Hz a 1 kHz
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$ dBc (*es decir*, $< 0,05$ ns RMS) de 1 kHz a 10 kHz
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$ dBc (*es decir*, $< 0,05$ ns RMS) de 10 kHz a $f_{MC}/2$

f_{MC} es la frecuencia del reloj maestro medida en MHz. El valor de f_{MC} DEBE ser un múltiplo entero o un divisor de 9,216 MHz. Por ejemplo, si se utiliza un oscilador de 18,432 MHz como fuente de frecuencia del reloj maestro, y no existe un reloj 9,216 MHz que probar, puede utilizarse el reloj de 18,432 MHz, utilizando un valor de f_{MC} de 18,432 en las expresiones anteriores.

En [UIT-T J.211] se incluyen las especificaciones del desplazamiento de fase del reloj maestro EQAM en funcionamiento síncrono.

B.6.3.5.4 Deriva de frecuencia del reloj maestro del CMTS o EQAM en funcionamiento síncrono

Véase la cláusula 6.3.5.4.

B.6.3.6 Generación de reloj del CMTS o EQAM

Cuando el reloj maestro de 9,216 MHz se proporciona a través de la interfaz DTI, un dispositivo conforme con DRFI DEBE enganchar el reloj de símbolos descendentes al reloj maestro de 9,216 MHz utilizando los divisores de M/N incluidos en el cuadro B.5.

B.6.3.6.1 Generación de reloj del CMTS

El CMTS DEBE enganchar el reloj de símbolos descendentes al reloj maestro de CMTS utilizando los divisores de M/N incluidos en el cuadro B.5.

B.6.3.6.2 Generación de reloj del EQAM

Debido a que funciona con una interfaz DTI activa, un EQAM DEBE enganchar el reloj de símbolos descendentes al reloj maestro utilizando los divisores de M/N incluidos en el cuadro B.5.

B.6.3.6.3 Velocidad de símbolos en sentido descendente

Sea f'_b la velocidad del reloj de símbolos descendentes que está enganchado al reloj maestro, y f'_m la velocidad del reloj maestro enganchado al reloj de símbolos descendentes. Sea f_b la velocidad de símbolos especificada en sentido descendente y f_m la velocidad del reloj maestro (9,216 MHz). Cuando el reloj de símbolos descendentes está enganchado al reloj maestro, DEBE cumplirse lo siguiente:

$$f'_b = f_m * M/N$$

Cuando el reloj maestro está enganchado al reloj de símbolos descendentes, DEBE cumplirse lo siguiente:

$$f'_m = f_b * N/M$$

Obsérvese que M y N del cuadro B.5 son valores de enteros sin signo, cada uno de los cuales se representa mediante 16 bits y que permiten obtener los valores de f'_b o f'_m que no difieren en más de ± 1 ppm de su valor nominal especificado.

La desviación típica del error de temporización del reloj de símbolos en RF de EQAM o CMTS, relativa al reloj maestro servidor de DTI, DEBE ser inferior a 1,5 ns medido durante 100 segundos.

En el cuadro B.5 se enumeran los modos de funcionamiento, sus velocidades de símbolos nominales asociadas, f_b , los valores de M y N , las velocidades de reloj sincronizadas resultantes y sus desplazamientos respecto a sus valores nominales.

Cuadro B.5 – Velocidad de símbolos en sentido descendente y parámetros para la sincronización con el reloj maestro

Modo descendente	Velocidad de símbolos nominal especificada, f_b (MHz)	M/N	Velocidad del reloj maestro, f'_m (MHz)	Velocidad de símbolos descendentes, f'_b (MHz)	Variación respecto al valor nominal
64QAM y 256QAM	5,274	293/512	9,216	5,274	0 ppm

B.6.3.7 Variación de fase del reloj de símbolos descendentes en funcionamiento síncrono

El reloj de símbolos descendentes DEBE cumplir los requisitos siguientes en lo que se refiere al ruido de fase de doble banda lateral sobre los márgenes de frecuencia especificados:

- $< [-53 + 20 * \log (f_{DS}/5,274)]$ dBc (es decir, $< 0,07$ ns RMS) de 10 Hz a 100 Hz
- $< [-53 + 20 * \log (f_{DS}/5,274)]$ dBc (es decir, $< 0,07$ ns RMS) de 100 Hz a 1 kHz
- $< [-53 + 20 * \log (f_{DS}/5,274)]$ dBc (es decir, $< 0,07$ ns RMS) de 1 kHz a 10 kHz
- $< [-36 + 20 * \log (f_{DS}/5,274)]$ dBc (es decir, $< 0,5$ ns RMS) de 10 kHz a 100 kHz
- $< [-30 + 20 * \log (f_{DS}/5,274)]$ dBc (es decir, < 1 ns RMS) de 100 kHz a $(f_{DS}/2)$

f_{DS} es la frecuencia del reloj medida en MHz. El valor de f_{DS} DEBE ser un múltiple o divisor entero del reloj de símbolos descendentes. Por ejemplo, puede medirse un reloj de $f_{DS} = 21,096$ MHz si no existe un reloj de 5,274 MHz expresamente disponible.

Un dispositivo que sea conforme con DRFI-DEBE permitir realizar una prueba del reloj en la que:

- el dispositivo proporcione puntos de prueba para el acceso directo al reloj maestro y al reloj de símbolos descendentes.

Alternativamente, un dispositivo que sea conforme con DRFI DEBE proporcionar un modo de prueba en el que:

- la secuencia de símbolos QAM descendentes sea sustituida por una secuencia binaria alternante (1, -1, 1, -1, 1, -1...) con la amplitud nominal en ambas componentes I y Q;
- el dispositivo genere el reloj de símbolos descendentes a partir del reloj de referencia de 9,216 MHz como en el modo de funcionamiento síncrono normal.

Si existe un reloj de símbolos descendentes explícito que cumpla los anteriores requisitos de ruido de fase (por ejemplo, un reloj sin variación de fase en el dominio del reloj), este modo de prueba no es necesario.

B.6.3.8 Deriva del reloj de símbolos en sentido descendente en funcionamiento síncrono

Véase la cláusula 6.3.8.

B.7 Subcapa de convergencia de transmisión en sentido descendente

B.7.1 Introducción

Véase la cláusula 7.1.

B.7.2 Formato del paquete MPEG

Véase la cláusula 7.2.

B.7.3 Encabezamiento MPEG para datos por cable DOCSIS

Véase la cláusula 7.3.

B.7.4 Cabida útil MPEG para datos por cable DOCSIS

Véase la cláusula 7.4.

B.7.5 Interacción con la subcapa MAC

Véase la cláusula 7.5.

B.7.6 Interacción con la capa física

El flujo de paquetes MPEG-2 DEBE codificarse de conformidad con [UIT-T J.83-C], incluyendo las tramas de transporte MPEG-2 utilizando la verificación de paridad descrita en [UIT-T J.83-C].

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
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 multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
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, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación