

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.993.5

(02/2019)

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

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –
Redes de acceso metálicas

**Supresión de la autotelefonía (vectorización)
para su utilización con transceptores VDSL2**

Recomendación UIT-T G.993.5

UIT-T



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

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.980–G.989
Redes de acceso metálicas	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN MULTIMEDIOS – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

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

Recomendación UIT-T G.993.5

Anulación de la autotelediafonía (vectorización) para su utilización con transceptores VDSL2

Resumen

La vectorización es un método de transmisión basado en la coordinación de señales de línea para reducir los niveles de diafonía y mejorar la calidad. El grado de mejora depende de las características del canal. La vectorización puede aplicarse a un solo usuario o a varios usuarios.

La Recomendación UIT-T G.993.5 se limita específicamente a la supresión de la autotelediafonía (autoFEXT (diafonía de extremo lejano)) en los sentidos descendente y ascendente. Define un solo método de supresión de la autotelediafonía, que consiste en suprimir la telediafonía (FEXT) generada por transceptores situados en el extremo cercano de un grupo y que causan interferencia a transceptores situados en el extremo lejano de ese mismo grupo. Esta supresión se realiza entre transceptores de línea digital de abonado de velocidad binaria muy alta 2 (VDSL2) que no tienen necesariamente el mismo perfil. Esta Recomendación tiene por objeto aplicarse junto con la Recomendación UIT-T G.993.2.

En esta versión de la Recomendación se integran todas las enmiendas y correcciones anteriores incluidas en la versión 2.0 de 2015 de la Recomendación UIT-T G.993.5.

En esta versión de la Recomendación UIT-T G.993.5 se corrigen o añaden las funcionalidades siguientes:

- Corrección tipográfica en la cláusula 8.2 (Corrigéndum 1)
- Generalización de la segmentación de los mensajes SOC en la cláusula 10.4.2.2 para la vectorización del perfil 35b (Corrigéndum 1)
- Estado O-DEACTIVATING del transceptor (Enmienda 1)
- Anexo A: Reducción de FEXT intensa (Enmienda 2)
- Anexo B: VDSL2 de largo alcance vectorizado (Enmienda 2)
- Codificación de R-P-VECTOR-2 en modo de largo alcance (LR) con funcionamiento en bucle largo (Anexo B) (Corrigéndum 2)
- Corrigéndum del modo de largo alcance VDSL2 con relación a MAXNOMATP (nuevo).

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	ITU-T G.993.5	2010-04-22	15	11.1002/1000/10414
1.1	ITU-T G.993.5 (2010) Cor. 1	2011-06-22	15	11.1002/1000/11128
1.2	ITU-T G.993.5 (2010) Amd. 1	2011-12-16	15	11.1002/1000/11396
1.3	ITU-T G.993.5 (2010) Cor. 2	2012-06-13	15	11.1002/1000/11643
1.4	ITU-T G.993.5 (2010) Amd. 2	2012-10-29	15	11.1002/1000/11796
1.5	ITU-T G.993.5 (2010) Amd. 3	2013-04-22	15	11.1002/1000/11889
1.6	ITU-T G.993.5 (2010) Amd. 4	2013-08-29	15	11.1002/1000/11993
1.7	ITU-T G.993.5 (2010) Amd. 5	2014-04-04	15	11.1002/1000/12095
2.0	ITU-T G.993.5	2015-01-13	15	11.1002/1000/12372
2.1	ITU-T G.993.5 (2015) Cor. 1	2016-11-13	15	11.1002/1000/13089
2.2	ITU-T G.993.5 (2015) Amd. 1	2016-12-22	15	11.1002/1000/13121
2.3	ITU-T G.993.5 (2015) Amd. 2	2017-12-07	15	11.1002/1000/13307
2.4	ITU-T G.993.5 (2015) Cor. 2	2018-03-16	15	11.1002/1000/13529
3.0	ITU-T G.993.5	2019-02-22	15	11.1002/1000/13748
3.1	ITU-T G.993.5 (2019) Cor. 1	2020-03-15	15	11.1002/1000/14203

Palabras clave

Largo alcance, supresión de la diafonía, VDSL2, vectorización.

* Para acceder a la Recomendación, sírvase digitar el URL <http://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación. Por ejemplo, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) 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 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 2020

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
2 Referencias	1
3 Definiciones.....	2
3.1 Términos definidos en otros textos.....	2
3.2 Términos definidos en la presente Recomendación	2
4 Siglas y acrónimos	3
5 Modelos de referencia.....	5
5.1 Descripción general	5
5.2 Vectorización en sentido descendente.....	6
5.3 Vectorización en sentido ascendente.....	7
6 Requisitos en el lado de central de un grupo vectorizado	7
6.1 Descripción general	7
6.2 Requisitos de la VTU-O para la vectorización en sentido descendente	9
6.3 Requisitos de la VTU-O para la vectorización en sentido ascendente	15
6.4 Requisitos de la VCE.....	15
7 Requisitos en el lado de cliente de un grupo vectorizado.....	16
7.1 Descripción general	16
7.2 Requisitos de la VTU-R para la vectorización en sentido descendente	17
7.3 Requisitos de vectorización en sentido ascendente para la VTU-R	29
7.4 Requisitos para el sistema de NT	31
8 Mensajes eoc específicos de la vectorización.....	32
8.1 Mensajes eoc para la configuración del canal de retorno.....	33
8.2 Instrucción y respuesta de actualización de secuencia piloto.....	37
8.3 Instrucciones y respuestas de gestión de potencia.....	39
9 Activación y desactivación de pares en un grupo vectorizado	41
9.1 Evento de apagado ordenado.....	41
9.2 Evento de apagado en desorden	41
10 Inicialización de un grupo vectorizado.....	41
10.1 Visión general.....	41
10.2 Fase de toma de contacto UIT-T G.994.1	46
10.3 Fase de búsqueda de canales	53
10.4 Fase de acondicionamiento.....	63
10.5 Fase de análisis e intercambio de canales.....	73
10.6 Transición de inicialización a estado de conexión	74
10.7 Procedimientos del modo diagnóstico de bucle	75

	Página
11	Parámetros de configuración y de prueba..... 77
11.1	Parámetros de configuración 77
11.2	Parámetros de pruebas 79
Anexo A	– Reducción de la FEXT intensa 84
A.1	Introducción..... 84
A.2	Parámetros de control de la mínima de velocidad de datos de encabezamiento de mensaje (modifica la cláusula 9.5.4 de [UIT-T G.993.2])..... 84
A.3	Muestras de error recortadas 84
A.4	Instrucciones OLR..... 85
A.5	Fase de contacto del UIT-T G.994.1 (modifica la cláusula 10.2) 86
A.6	Funcionalidad TIGAV 87
A.7	Principales modificaciones al texto principal relativas a la MREFPSD 97
A.8	Gestión..... 111
Anexo B	– VDSL2 vectorizado de largo alcance 114
B.1	Introducción..... 114
B.2	Visión general del procedimiento de inicialización 114
B.3	Fase de toma de contacto UIT-T G.994.1 116
B.4	Señales transmitidas por la VTU-O durante la fase de descubrimiento y acondicionamiento del canal 122
B.5	Señales enviadas por la VTU-R durante las fases de búsqueda de canal y de acondicionamiento 126
B.6	Intercambio de señales O/R-P-PROBING-LR 128
B.7	Intercambio de señales O/R-P-TRAINING-LR 135
B.8	Fase de búsqueda de canales y fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5 en funcionamiento con bucle largo..... 142
B.9	Definición de las máscaras de límites de la PSD 144
B.10	Gestión..... 145
B.11	Potencia de transmisión combinada nominal (NOMATP) (sustituye a la cláusula 10.3.4.2.1 de [UIT-G.993.2]) 147
Apéndice I	– Modelización del canal de diafonía 149
I.1	Alcance 149
I.2	Finalidad 149
I.3	Modelo A del canal de telediafonía MIMO 149
I.4	Modelo C del canal de telediafonía MIMO..... 149
Apéndice II	– Ejemplos del control por la VCE del proceso de inicialización en la activación de múltiples líneas de un grupo vectorizado 153
II.1	Introducción..... 153
II.2	Gestión por la VCE de dos grupos de líneas en fase de inicialización..... 153
II.3	Utilización por la VCE de las capacidades de toma de contacto 156

	Página
Apéndice III – Método para la estimación del canal FEXT basado en la SNR.....	157
III.1 Herramientas.....	157
III.2 Estimación de los canales de FEXT de una nueva línea a las líneas existentes	157
III.3 Estimación de los canales de FEXT de las líneas existentes a la nueva línea	163
Bibliografía	168

Recomendación UIT-T G.993.5

Anulación de la autotelediafonía (vectorización) para su utilización con transeceptores VDSL2

1 Alcance

La vectorización es un método de transmisión basado en la coordinación de las señales de línea para reducir los niveles de diafonía y mejorar la calidad. El grado de mejora depende de las características del canal. La vectorización puede aplicarse ventajosamente a un único usuario o a múltiples usuarios.

La presente Recomendación se limita específicamente a la supresión de la autotelediafonía (autoFEXT, diafonía de extremo lejano) en los sentidos descendente y ascendente. En la Recomendación se define un solo método de supresión de la autotelediafonía, que consiste en suprimir la telediafonía (FEXT) generada por un grupo de transeceptores situados en el extremo cercano y que causan interferencia a transeceptores de ese mismo grupo situados en el extremo lejano. La supresión se realiza entre transeceptores de línea digital de abonado de velocidad binaria muy alta 2 (VDSL2) que no tienen necesariamente el mismo perfil. Esta Recomendación tiene por objeto aplicarse junto con la [UIT-T G.993.2]. La agrupación multipar de línea digital de abonado (DSL) ([b-UIT-T G.998.1], [b-UIT-T G.998.2] y [b-UIT-T G.998.3]) puede aplicarse conjuntamente con la vectorización.

Las técnicas descritas en la presente Recomendación proporcionan los medios para reducir la autoFEXT generada por los transeceptores en un cable de múltiples pares o en una agrupación de un cable. Las técnicas de supresión de la autoFEXT son especialmente útiles cuando la longitud del cable es corta (< 1 km) y la paradiafonía (NEXT), el ruido de fondo y la FEXT producida por sistemas que no forman parte del grupo vectorizado (ruido ajeno) es limitada. El nivel de las fuentes de ruido que no constituyen la autoFEXT con relación al de las fuentes que constituyen la autoFEXT determina el grado de mejora de la calidad de funcionamiento debida a la reducción de la autoFEXT. Otro factor significativo es en qué medida el sistema de supresión de la autoFEXT tiene acceso a los pares perturbadores del cable. Las máximas ganancias se logran cuando el sistema de supresión de la autoFEXT puede acceder a todos los pares del cable que transportan señales de banda ancha. En el caso de cables agrupados es posible lograr ganancias significativas cuando el sistema de supresión de la autoFEXT tiene acceso a todos los pares de los grupos de cables en los que está instalado y puede cancelar al menos la mayoría de los perturbadores autoFEXT dominantes en el haz. Cuando se instalan múltiples sistemas de supresión de la autoFEXT en un cable agrupado pero sin la gestión de las mismas, las ganancias pueden reducirse significativamente.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación

[UIT-T G.993.2] Recomendación UIT-T G.993.2 (2019), *Transeceptores de línea de abonado digital de velocidad muy alta 2*.

- [UIT-T G.994.1] Recomendación UIT-T G.994.1 (2018), *Procedimientos de toma de contacto para transceptores de línea de abonado digital*.
- [UIT-T G.997.1] Recomendación UIT-T G.997.1 (2019), *Gestión de capa física para transceptores de línea de abonado digital*.
- [UIT-T G.998.4] Recomendación UIT-T G.998.4 (2018), *Protección mejorada contra el ruido impulsivo en los transceptores de Línea de abonado digital (DSL)*.
- [IEEE 802.3] IEEE 802.3-2018, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*.

3 Definiciones

3.1 Términos definidos en otros textos

La presente Recomendación utiliza las definiciones de [UIT-T G.993.2].

3.2 Términos definidos en la presente Recomendación

En la presente Recomendación se definen los siguientes términos:

3.2.1 canal de retorno (*backchannel*): canal a través del que la VTU-R envía las muestras de errores recortados a la entidad de control de vectorización (VCE). El canal de retorno puede formar parte del canal operacional integrado (eoc) o del flujo de datos Ethernet desde la VTU-R a la VTU-O.

3.2.2 límite superior (*ceiling*): redondeo al entero superior más próximo, se denota como $\lceil x \rceil$.

3.2.3 matriz de canales (*channel matrix*): para una línea específica perteneciente a un grupo de líneas, la matriz de canales caracteriza los acoplamientos de telediafonía (FEXT) en cada frecuencia subportadora entre una línea y las restantes líneas del grupo.

3.2.4 muestra de error recortada (*clipped error sample*): representación del complemento a 2 de $(B_{\text{máx}}+1)$ bits de una muestra de error normalizada obtenida mediante la multiplicación de cada componente por $2^{N_{\text{máx}}-1}$, con límites inferior y de recorte correspondientes al intervalo $[-2^{B_{\text{máx}}}, 2^{B_{\text{máx}}}-1]$ (donde $N_{\text{máx}}$ es un valor fijo, y $B_{\text{máx}}$ es un valor controlado por la entidad de control de vectorización VCE).

3.2.5 caudal esperado (*expected throughput, ETR*): véase la cláusula 3.2 de [UIT-T G.998.4].

3.2.6 tonos bandera (*flag tones*): todas las subportadoras de un símbolo de sincronización cuyos índices pueden ser $10n+1$ o $10n+7$, donde n es un valor entero. Los tonos bandera se utilizan para señalar transiciones de reconfiguración en línea (OLR) durante el estado de conexión (Showtime).

3.2.7 límite inferior (*flooring*): redondeo al entero inferior más próximo, se denota como $\lfloor x \rfloor$.

3.2.8 muestra de error normalizada (*normalized error sample*): error complejo medido por la VTU-R, expresando la distancia entre el vector de señal recibido y el punto de la constelación de decisión referida a la entrada del desaleatorizador de la constelación en unidades iguales a la mitad de la distancia entre dos puntos adyacentes de la constelación.

3.2.9 secuencia piloto (*pilot sequence*): secuencia binaria establecida por la VCE. Cuando se transmite una secuencia piloto durante la inicialización y en el estado de conexión, cada bit de la secuencia piloto determina si la VTU-O (secuencia piloto descendente) o la VTU-R (secuencia piloto ascendente) respectivamente, modula con el valor CERO todos los tonos sonda o con el valor UNO todos los tonos sonda de un símbolo de sincronización en particular.

3.2.10 tonos sonda (*probe tones*): todas las subportadoras de un símbolo de sincronización cuyos índices son $10n$, $10n+2$, $10n+3$, $10n+4$, $10n+5$, $10n+6$, $10n+8$ ó $10n+9$, donde n es un valor entero. Los tonos sonda se utilizan para la transmisión de secuencias piloto.

3.2.11 indicador de sincronización (*Syncflag*): símbolo de sincronización en el cual los bits de la trama de sincronización modulados en los tonos bandera están invertidos con respecto a la trama de sincronización modulada por el último símbolo de sincronización transmitido (es decir, si todos los valores de la trama de sincronización anterior eran CERO modulados en los tonos bandera, el indicador Syncflag correspondería a una trama de sincronización compuesta exclusivamente por valores UNO modulados en los tonos bandera, y viceversa). El indicador de sincronización se utiliza para señalar transiciones de reconfiguración en línea.

3.2.12 grupo vectorizado (*vectored group*): conjunto de líneas para las que es posible coordinar la transmisión desde el nodo de acceso (AN) mediante la precompensación (vectorización en sentido descendente) o para las que es posible coordinar la recepción en el AN mediante poscompensación (vectorización en sentido ascendente), o ambas. En función de la configuración del grupo vectorizado, estará activa la vectorización en los sentidos descendente, ascendente, en ambos sentidos o en ninguno.

3.2.13 vectorización (*vectoring*): transmisión y/o recepción coordinadas de señales procedentes de varios transceptores DSL utilizando técnicas que reducen los efectos adversos de la diafonía para mejorar la calidad de funcionamiento.

4 Siglas y acrónimos

La presente Recomendación adopta las siglas definidas en [UIT-T G.993.2]. Además, utiliza las siglas siguientes:

ACTATP	Potencia de transmisión combinada real (<i>actual aggregate transmit power</i>)
AFE	Frontal analógico (<i>analogue front end</i>)
AN	Nodo de acceso (<i>access node</i>)
ATP	Potencia de transmisión combinada (<i>aggregate transmit power</i>)
BDR	Velocidad binaria del canal de retorno (<i>backchannel data rate</i>)
CO	Central (<i>central office</i>)
CO-MIB	Base de información de gestión de la central (<i>central office-management information base</i>)
CP	Instalaciones del cliente (<i>customer premises</i>)
DMT	Multitono discreto (<i>discrete multi-tone</i>)
DSE	Evento de apagado en desorden (<i>disorderly shutdown event</i>)
DSL	Línea digital de abonado (<i>digital subscriber line</i>)
EC	Compensación de eco (<i>echo canceller</i>)
eoc	Canal operacional integrado (<i>embedded operation channel</i>)
ERB	Bloque de notificación de errores (<i>error report block</i>)
ETR	Caudal esperado (<i>expected throughput</i>)
FEXT	Telediafonía (<i>far-end crosstalk</i>)
HDLC	Control del enlace de datos de alto nivel (<i>high-level data link control</i>)
IDFT	Transformada discreta de Fourier inversa (<i>inverse discrete fourier transform</i>)

L2+	Capa 2 y superiores de Ethernet
Lado CO	Extremo de la línea más próximo a la central
Lado CP	Extremo de la línea más próximo a las instalaciones del cliente
ME	Entidad de gestión (<i>management entity</i>) (o error medio, <i>mean error</i>)
MIMO	Entrada múltiple y salida múltiple (<i>multiple input multiple output</i>)
NEXT	Paradiafonía (<i>near-end crosstalk</i>)
NDR	Velocidad de datos neta (<i>net data rate</i>)
NMS	Sistema de gestión de red (<i>network management system</i>)
NOMATPds	Potencia de transmisión combinada nominal en sentido descendente (<i>nominal aggregate transmit power in downstream</i>)
NOMATPus	Potencia de transmisión combinada nominal en sentido ascendente (<i>nominal aggregate transmit power in upstream</i>)
NT	Terminación de red (<i>network termination</i>)
PCB	Limitación de potencia (<i>power cut-back</i>)
PDF	Función de densidad de probabilidad (<i>probability density function</i>)
PDM	Dependiente del medio físico (<i>physical medium dependent</i>)
PSD	Densidad espectral de potencia (<i>power spectral density</i>)
OLR	Reconfiguración en línea (<i>in-line reconfiguration</i>)
ONU	Unidad de red óptica (<i>optical network unit</i>)
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura (<i>quadrature amplitude modulation</i>)
QLN	Ruido de línea silencioso (<i>quiet line noise</i>)
RT	Terminal distante (<i>remote terminal</i>)
RTX	Retransmisión
SC	Código de segmento (<i>segment code</i>)
SNR	Relación señal/ruido (<i>signal-to-noise ratio</i>)
SOC	Canal de operaciones especiales (<i>special operations channel</i>)
SOS	Protección del estado de conexión (<i>save our showtime</i>)
SRA	Adaptación de velocidad imperceptible (<i>seamless rate adaptation</i>)
SSC	Contador de símbolos de sincronización (<i>sync symbol counter</i>)
TA	Avance de temporización (<i>timing advance</i>)
TEQ	Ecualizador en el dominio del tiempo (<i>time domain equalizers</i>)
TID	Número de identificación TIGAV (<i>TIGAV identification number</i>)
TIGAV	Ajuste de la ganancia para VDSL2 iniciado por el transmisor (<i>transmitter initiated gain adjustment for VDSL2</i>)
UPBO	Reducción de potencia en sentido ascendente (<i>upstream power back off</i>)
VBB	Bloque de banda vectorizado (<i>vectored band block</i>)
VCE	Entidad de control de la vectorización (<i>vectoring control entity</i>)

VDSL2	Línea digital de abonado de velocidad muy alta 2 (<i>very high-bit-rate digital subscriber line 2</i>)
VDSL2-LR	Modo de largo alcance para VDSL 2 vectorizado (<i>long reach mode for vectored VDSL2</i>)
VME	Entidad de gestión de VDSL 2 (<i>VDSL2 management entity</i>)
VTU	Unidad transceptora de línea digital de abonado de velocidad muy alta (<i>very high-speed digital subscriber line transceiver unit</i>)
VTU-O	VTU en la ONU (o central, armario, etc.; es decir, en el extremo de operador del bucle)
VTU-R	VTU en el emplazamiento distante (es decir, en el extremo de abonado del bucle)
XTU-C	Unidad transceptora de línea digital de abonado X en la central (<i>X digital subscriber line transceiver unit at the central office</i>)
XTU-R	Unidad transceptora de línea digital de abonado X en el extremo distante (<i>X digital subscriber line Transceiver Unit at the Remote end</i>)

5 Modelos de referencia

5.1 Descripción general

En la Figura 5-1 se ilustra un modelo de referencia de un sistema vectorizado. En un sistema vectorizado el nodo de acceso (AN) ubicado en la central (CO) o en un terminal distante (RT) o en otra ubicación, transmite y recibe de un conjunto de terminaciones de red (NT). El elemento común a todas las formas de vectorización es la transmisión coordinada (vectorización descendente) o la recepción coordinada (vectorización ascendente) de las señales en las líneas del grupo vectorizado en el AN. Por lo tanto, las señales pueden representarse como un vector cada una de cuyas componentes es la señal de una de las líneas. Esta coordinación es posible a través de una interfaz entre la unidad transceptora de la línea de abonado digital de muy alta velocidad (VTU) en la ONU (VTU-O) (denominada VTU-O-1) y todas las demás VTU-O (denominadas VTU-O- n , $n=2\dots N$, donde N es el número de líneas del grupo vectorizado), que aquí se denomina ε -1- n para indicar que la coordinación se establece entre la línea 1 y la línea n .

El sistema de gestión de red (NMS) realiza la gestión coordinada de las líneas, y transfiere información de gestión a la entidad de gestión (ME) a través de la interfaz Q (véase la cláusula 11). El NMS y la ME se definen en [UIT-T G.997.1]. En el AN la ME transmite la información de gestión para una línea específica (sobre la interfaz denominada ε - m) a las entidades de control de la vectorización (VCE) del grupo de vectorización al que pertenece esa línea. Cada VCE controla un único grupo vectorizado y cada una de las VTU-O- n (conectada a la línea n del grupo vectorizado) sobre una interfaz denominada ε - c - n . La VTU-O- $n1$ y la VTU-O- $n2$ intercambian los datos del precodificador sobre una interfaz denominada ε - $n1$ - $n2$.

La Figura 5-1 muestra el modelo de referencia de un sistema vectorizado (solo se representa la línea 1 de un grupo vectorizado de N líneas). Los bloques PHY representan la capa física de la interfaz del AN con la red y la interfaz de la NT con el equipo de usuario (CP). Esos bloques se muestran para tener una visión completa del flujo de datos pero están fuera del alcance de la presente Recomendación. Los bloques de la capa L2 y superiores (L2+) Ethernet representan las funcionalidades Ethernet de capa 2 y superiores del AN y la NT. Estos bloques se muestran para tener una visión completa del flujo de datos pero están fuera del alcance de la presente Recomendación, excepto en lo relativo al encapsulado (en la NT) y desencapsulado (en el AN) del canal de retorno (véase la cláusula 7.4.1).

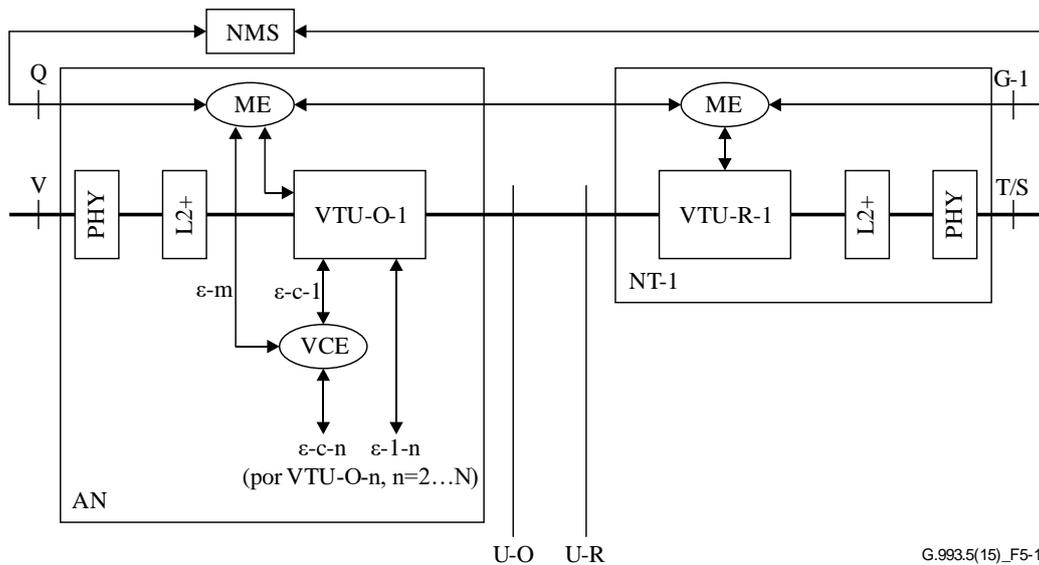


Figura 5-1 – Modelo de referencia de un sistema vectorizado (solo se muestra la línea 1 de un grupo vectorizado de N líneas)

El uso de [b-UIT-T G.998.1], [b-UIT-T G.998.2] y [b-UIT-T G.998.3] permite incrementar las velocidades binarias mediante la instalación de varias líneas en el mismo domicilio de cliente, una técnica conocida como agrupación de líneas.

NOTA – Vectorización no es otra denominación de la agrupación de líneas; la agrupación puede utilizarse con o sin vectorización. La aplicación de la vectorización sobre líneas agrupadas a menudo se define como vectorización con agrupación o DSL de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO).

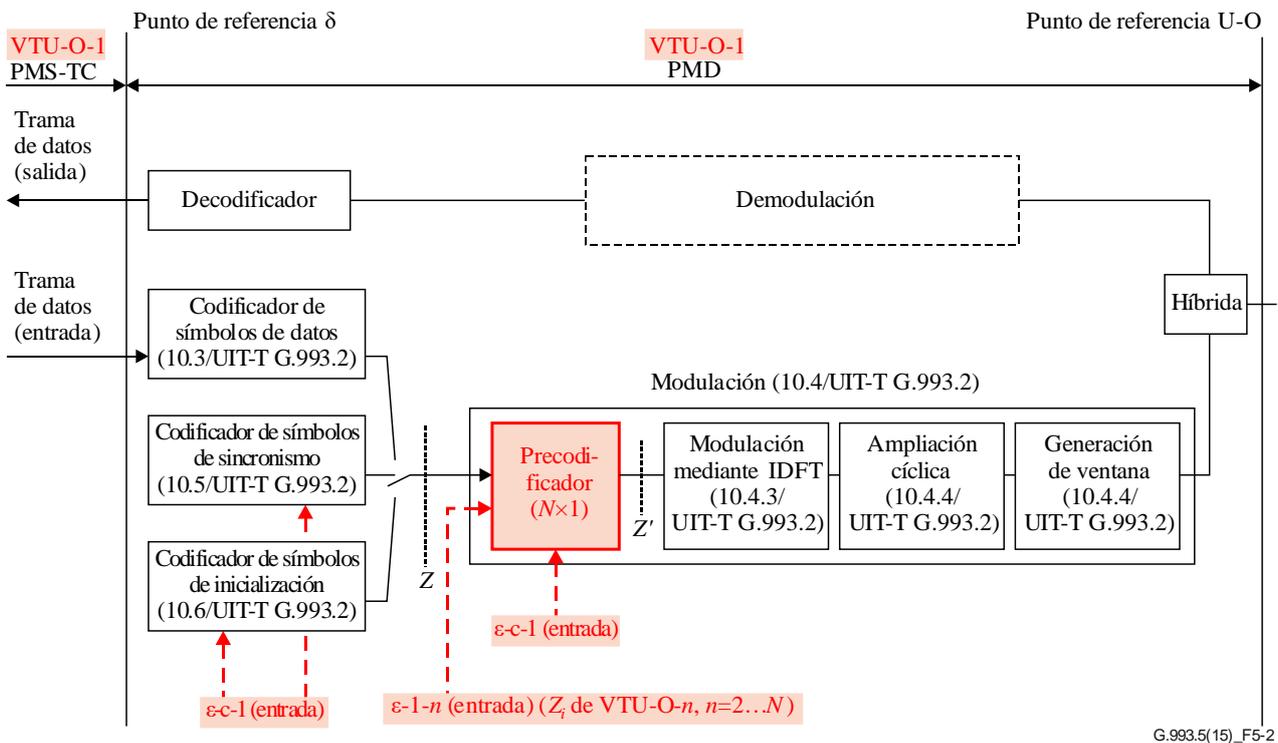
La presente Recomendación se centra en el uso de la vectorización sobre líneas que no están agrupadas, aunque ello no impide aplicar la vectorización a líneas agrupadas.

Un sistema VDSL2 vectorizado mejora su calidad de funcionamiento gracias al procesado de señal conjunto en sentido descendente (transmisión coordinada) o en sentido ascendente (recepción coordinada), lo que permite la supresión de la autoFEXT (es decir, la FEXT generada por las líneas del grupo vectorizado). Las fuentes de ruido externas al grupo de pares vectorizados del sistema vectorizado (por ejemplo la diafonía ajena producida por líneas operadas por otro proveedor de servicio, la interferencia de canales de radiodifusión en AM o la interferencia de transmisores de radioaficionados ("HAM") por encima de la banda de radiodifusión en AM) reducen las ventajas de la supresión de FEXT y la mejora de la calidad de funcionamiento que ofrece un sistema vectorizado.

5.2 Vectorización en sentido descendente

Para líneas relativamente cortas y sistemas con una gran anchura de banda, como VDSL, la autoFEXT es el factor que limita las velocidades de datos en sentido descendente. En esta Recomendación se define la precodificación multilínea en el AN para mitigar la FEXT en sentido descendente sobre la base de una "presustracción" o "precompensación" de la FEXT, al tiempo que se respetan las restricciones que afectan a la potencia de transmisión. Para adaptarse a esa precodificación, se modifica la capa dependiente del medio físico (PDM) [UIT-T G.993-2], como se muestra en la Figura 5-2 (adaptada de la Figura 10-1 de [UIT-T G.993.2], representándose las diferencias en tono sombreado). La Figura 5-2 muestra el modelo funcional de la VTU-O para la línea 1 de un grupo vectorizado de N líneas. Para cada línea del grupo vectorizado, la subcapa PMD incluye un precodificador $N \times 1$. Los N precodificadores de las N líneas del grupo vectorizado conforman el precodificador de supresión de FEXT que se muestra en la Figura 6-1.

NOTA – El precodificador puede estar incluido en el mismo dispositivo físico que los restantes bloques funcionales que se muestran en la Figura 5-2 o en otro distinto.



G.993.5(15)_F5-2

Figura 5-2 – Modelo funcional de la VTU-O de la subcapa PMD con el precodificador $N \times I$ para la vectorización en sentido descendente (se muestra para la línea 1 del grupo vectorizado de N líneas)

En la Figura 10-1 de [UIT-T G.993.2] se muestra el modelo funcional de las subcapas PMD de la VTU en el emplazamiento distante (VTU-R), al que se han añadido señales de control de la vectorización aplicadas al codificador de símbolos de sincronización y al codificador de símbolos de inicialización para modular la secuencia piloto en los símbolos de sincronización, de manera similar a lo que se muestra en la Figura 5-2 (véanse las cláusulas 10.3 y 10.4).

5.3 Vectorización en sentido ascendente

La vectorización en sentido ascendente es esencialmente una función del receptor en el extremo de la línea más cercano a la central (lado central) y, por lo tanto, su implementación es prerrogativa del fabricante. Esta Recomendación solo define los requisitos del transmisor de la VTU-R para facilitar la supresión de FEXT en sentido ascendente en el extremo de la línea más próximo a la central (por ejemplo, la transmisión de la secuencia piloto ascendente con temporización y contenido bajo el control de la VCE).

6 Requisitos en el lado de central de un grupo vectorizado

En esta cláusula se describe el comportamiento en estado estacionario en el extremo más próximo a la central a fin de soportar el funcionamiento de un grupo vectorizado de N pares.

6.1 Descripción general

En la Figura 6-1 se muestra el modelo funcional para la inclusión de la precodificación de supresión de FEXT descendente en el nodo de acceso para todas las líneas del grupo vectorizado como una generalización de la Figura 5-2 desde la perspectiva del procesamiento de la señal. El modelo solo muestra la parte de una matriz de codificadores de símbolos en sentido descendente (que representan los codificadores de símbolos de datos, sincronización o inicialización mostrados en la Figura 5-2) y la modulación mediante los bloques funcionales de la transformada inversa discreta de

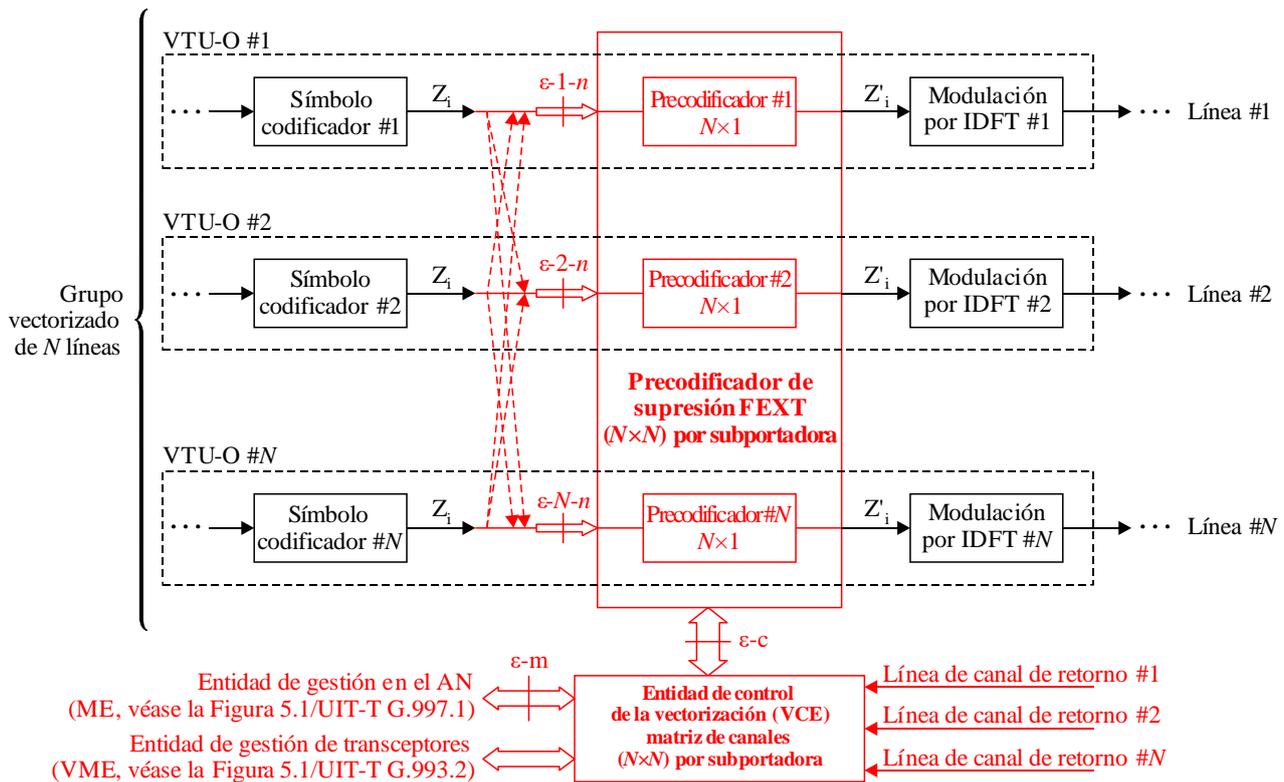
Fourier (IDTF) de las VTU-O, con el precodificador de supresión de FEXT situado entre los codificadores de símbolos y la modulación mediante los bloques IDFT.

La VCE del grupo vectorizado conoce y gestiona la matriz de canales de cada subportadora vectorizada, que refleja las características del canal del grupo de líneas gestionado. En el modelo funcional de la Figura 6-1, el tamaño de la matriz de canales de cada subportadora vectorizada es $N \times N$, donde N es el número de líneas del grupo vectorizado.

A partir de la matriz de canales, se puede obtener una matriz de precodificadores FEXT y utilizarla para compensar la FEXT de cada línea del grupo vectorizado. Esto se muestra en el modelo funcional de la Figura 6-1 mediante una matriz de precodificadores de supresión de FEXT para cada subportadora vectorizada de tamaño $N \times N$. Esta matriz de precodificación de supresión de FEXT puede ser una matriz dispersa, es decir, con la mayoría de sus elementos a cero (véase la Nota). Al conocer los símbolos transmitidos en cada canal perturbador, el precodificador precompensa el símbolo realmente transmitido de forma que la diafonía se reduce significativamente a la entrada del receptor en el extremo distante.

NOTA – En casos típicos, varios de los coeficientes del precodificador pueden ponerse a 0 por motivos asociados a la realización práctica o porque los coeficientes de diafonía son insignificativamente pequeños.

Se asume que la matriz de canales y la matriz de precodificadores de supresión de FEXT resultante se gestionan íntegramente en el nodo de acceso (AN). Es necesario que la VTU-O y la VTU-R intercambien información en cada línea vectorizada para conocer, hacer un seguimiento y mantener la matriz de canales y la matriz de precodificadores de supresión de FEXT conexas (véase la definición de canal de retorno en la cláusula 7 y de inicialización en la cláusula 10). Es prerrogativa del fabricante establecer los algoritmos utilizados en la práctica para procesar esa información a fin de obtener la matriz de canales y generar el precodificador de supresión de FEXT. En función de la realización práctica, la VCE podría determinar directamente la matriz de precodificadores de supresión de FEXT y tener solamente un conocimiento implícito de la matriz de canales.



El codificador de símbolos representa el codificador de datos, sincronización o inicialización representado en la Figura 5-2.

G.993.5(15)_F6-1

Figura 6-1 – Modelo funcional del grupo vectorizado de la subcapa PMD utilizando $N \times N$ precodificadores para la vectorización en sentido descendente

La VTU-O soportará la vectorización en sentido descendente (véase la cláusula 6.2) y podrá soportar la vectorización en sentido ascendente (véase la cláusula 6.3).

La VTU-O soportará la adaptación de velocidad sin discontinuidades ((SRA, *seamless rate adaptation*), Tipo 3 de reconfiguración en línea (OLR)) en los sentidos descendente y ascendente, y la SRA deberá permitir lo siguiente:

- la reconfiguración dinámica del entrelazador (modificación de D_p);
- la reconfiguración de tramas (modificación de T_p , G_p y B_{p0});

como se define en la cláusula 13.1 de [UIT-T G.993.2].

Si se habilita [UIT-T G.998.4] en un sentido, la VTU-O deberá soportar la adaptación de velocidad sin discontinuidades (SRA, Tipo 5 de OLR) en ese sentido, incluyendo el soporte obligatorio en la SRA de todas las configuraciones especificadas en la cláusula C.3.2 de [UIT-T G.998.4].

6.2 Requisitos de la VTU-O para la vectorización en sentido descendente

La VTU-O será conforme con [UIT-T G.993.2] con las excepciones y los requisitos adicionales que contempla la presente Recomendación.

Para permitir que la VCE realice las tareas descritas en la cláusula 6.1, la VTU-O soportará los requisitos descritos en esta cláusula y las siguientes.

6.2.1 Modo síncrono

Todas las VTU-O del grupo vectorizado utilizarán, bajo el control de la VCE, la misma separación entre subportadoras y velocidad de símbolos, iniciándose la transmisión de símbolos multitono discretos (DMT) simultáneamente en todas las líneas del grupo vectorizado. Los relojes de símbolos de transmisión sincronizados de todas las VTU-O del grupo vectorizado deberán estar en fase, con una tolerancia del error de fase máxima de 1 μ s en el punto de referencia U-O2 (definido en la Figura 5-4 de [UIT-T G.993.2]).

6.2.2 Posición del símbolo de sincronización

La VTU-O tendrá capacidad para transmitir símbolos de sincronización como se define en la cláusula 10.2 de [UIT-T G.993.2]. La VCE determina la posición temporal de los símbolos de sincronización en sentido descendente. La VCE puede configurar todas las VTU-O del grupo vectorizado para que transmitan símbolos de sincronización en sentido descendente en la misma posición temporal o utilizar diferentes posiciones temporales para una o más VTU-O del grupo vectorizado.

La VTU-O mantendrá un contador de símbolos de sincronización (SSC) en sentido descendente (MODULO N_{SSC}), que realizará un cómputo continuado durante el estado de conexión. La VCE seleccionará el valor de N_{SSC} y lo transmitirá durante la inicialización a la VTU-R en O-SIGNATURE (véase la cláusula 10.3.2.1). La VCE fijará el valor del contador del primer símbolo de sincronización en sentido descendente transmitido tras haber pasado al estado de conexión y lo transmite a la VTU-R en el campo primer SSC de la instrucción Información de error (Error Feedback) (véase el Cuadro 8-3).

NOTA – El establecimiento de este valor al comienzo del estado de conexión permite que el contador de símbolos de sincronización en sentido descendente se sincronice con la VTU-R (véase la cláusula 7.3.3).

6.2.3 Modulación de una secuencia piloto

La VTU-O tendrá la capacidad de modular una secuencia piloto en sentido descendente especificada por la VCE en todos los tonos sonda de los símbolos de sincronización descendentes (véase, por ejemplo, la cláusula 10.3.3.1) y en todos los tonos sonda (véase la cláusula 3.2.10) de los símbolos de sincronización descendentes durante el estado de conexión. La VCE determina la secuencia piloto en sentido descendente, que es prerrogativa del fabricante y está constituida por una cadena binaria de longitud N_{pilot_ds} (con los bits indexados desde 0 a $N_{pilot_ds} - 1$ de los que en primer lugar se transmite el bit de índice 0). Si se habilita "longitud de secuencia piloto múltiplo de 4" (véase la cláusula 10.2), los valores válidos de N_{pilot_ds} serán todos múltiplos de 4 en el rango de 8 a 512. En otro caso, los valores válidos de N_{pilot_ds} serán todas potencias de 2 en el rango de 8 a 512. La secuencia piloto se repetirá cíclicamente después de N_{pilot_ds} bits, salvo que la VCE modifique la secuencia piloto descendente. La VCE puede modificar los bits de la secuencia piloto descendente en cualquier momento sin notificarlo a la VTU-R, siempre que se mantenga la longitud de la secuencia piloto. Durante la inicialización, la VTU-O puede modular en todos los tonos bandera de los símbolos de sincronización en sentido descendente la secuencia piloto descendente (la misma que se modula en los tonos sonda) o una secuencia de todos UNO.

En el estado de conexión, la primera posición de los símbolos de sincronización descendentes será tal como se define en la cláusula 10.6. Cada símbolo de sincronización modulará una secuencia piloto, que puede ser independiente o dependiente de la frecuencia.

La modulación de una secuencia piloto independiente de la frecuencia en los tonos sonda de los símbolos de sincronización se define como si los bits de la trama de sincronización que modulan los tonos sonda se fijan todos a CERO (si el bit de la secuencia piloto es CERO) o a UNO (si el bit de la secuencia piloto es UNO) (es decir, un control de 1 bit por símbolo de sincronización).

La modulación de una secuencia piloto dependiente de la frecuencia en un tono sonda de símbolos de sincronización se define como si los bits de la trama de sincronización que modulan los tonos sonda se fijaran todos a 00 (si el bit de la secuencia piloto de ese tono sonda es CERO) o a 11 (si el bit de la secuencia piloto de ese tono sonda es UNO). En el caso de tonos de un símbolo de sincronización específico, el bit de la secuencia piloto tendrá una periodicidad de 10 tonos (considerando los tonos sonda y los tonos bandera).

Los bits de la trama de sincronización modulados en tonos bandera (véase la cláusula 3.2.6) se utilizarán para la transmisión de un indicador de sincronización (Syncflag) como se define en la cláusula 10.5.3 de [UIT-T G.993.2]. La trama de sincronización se modulará en un símbolo de sincronización como se define en la cláusula 10.5 de [UIT-T G.993.2] (incluida la aleatorización de cuadrante de todas las subportadoras MEDLEY, con independencia de que sea un tono bandera o un tono sonda).

6.2.4 Precodificación

Cuando una VTU-O se habilita para la vectorización en sentido descendente, soportará la precodificación de la supresión de FEXT como se muestra en las Figuras 5-2 y 6-1. La VCE controlará los coeficientes de precodificación de cada VTU-O (véase la cláusula 6.1).

6.2.5 Estados y diagrama de estados del transceptor (sustituye a la cláusula 12.1.2 de [UIT-T G.993.2])

NOTA 1 – Esta cláusula sustituye a la cláusula 12.1.2 de [UIT-T G.993.2] en todo lo relativo a la VTU-O. No se modifican los requisitos del diagrama de estados del transceptor ni los estados del transceptor aplicables a la VTU-R.

En la Figura 6-2 se muestran los diagramas de estados de la VTU-O, y en la Figura 12-3 de [UIT-T G.993.2] los de la VTU-R. Los estados se representan mediante óvalos con el nombre del estado inscrito en su interior. En el Cuadro 6-1 se definen los estados de la VTU-O y en el Cuadro 12-2 de [UIT-T G.993.2] los de la VTU-R. Las transiciones entre estados se representan mediante flechas, indicándose junto a cada una de ellas el evento que la motiva. Todos los estados son obligatorios.

En cualquiera de los diagramas de estados se representan varias instrucciones de "controlador de anfitrión" (eventos precedidos por "c:_" y "r:_") que muestran ejemplos de eventos y transiciones entre estados. El fabricante determina la forma de implementar estos eventos.

En el diagrama de estados de la VTU-O, el estado O-IDLE tiene por objeto establecer un modo silencioso, necesario para permitir la discontinuidad del servicio o realizar ciertas pruebas (por ejemplo, como se define en [UIT-T G.996.2]).

En el diagrama de estados de la VTU-R es conveniente disponer de una función de autoprueba, pero puede ser una opción del fabricante/cliente definir cuándo se realiza la autoprueba (por ejemplo, siempre que se produce el encendido del equipo o solamente bajo el control de la VTU-O), y qué transición de estado ocurre una vez realizada con éxito la autoprueba (por ejemplo, se pasa al estado R-IDLE, o R-SILENT).

IDLE es el estado en el que el operador aprovisiona la VTU para el servicio deseado a través de una interfaz de gestión. En ese estado, la VTU no transmite señal alguna. Una VTU que reciba una señal de capa superior para la activación (c:_L0_request para una VTU-O o r:_L0_request para una VTU-R) utilizará el procedimiento de inicialización definido en la cláusula 12.3 para que el enlace pase del estado L3 al estado L0. Una VTU que detecta las señales del procedimiento de inicialización en el punto de referencia U responderá, si está habilitada, aplicando el procedimiento de inicialización. Si no está habilitada, la VTU permanecerá en el estado IDLE.

El enlace pasa al estado L0 una vez completado con éxito el procedimiento de inicialización y las dos VTU están en el estado SHOWTIME. Una VTU-O volverá al estado O-SILENT tras una instrucción gestión de potencia (c:_L3_request, véase la cláusula 11.2.3.9) o tras una reinicialización causada por la política de reinicialización (véase la cláusula 12.1.4). Una VTU-R volverá al estado R-SILENT tras una instrucción gestión de potencia (r:_L3_request, véase la cláusula 11.2.3.9) o tras una reinicialización causada por la política de reinicialización (véase la cláusula 12.1.4). En el primer caso, la VTU-R fijará el valor AUTO_init=OFF a fin de deshabilitar el procedimiento autónomo para el estado R-INIT/HS. En el segundo, la VTU-R fijará el valor AUTO_init=ON a fin de habilitar el procedimiento autónomo para el estado R-INIT/HS.

La VTU receptora abandonará el estado SHOWTIME cuando se produzca un fallo persistente de LOS y/o LOF (véase la cláusula 12.1.4). Esto implica que si ningún evento high_BER-hs ni high_BER-fs provoca que la VTU receptora cambie de estado con anterioridad, la persistencia del fallo LOS o LOF permite a la VTU transmisora detectar la condición de fallo LOS o LOF mediante los bits indicadores, antes de que la VTU receptora cambie de estado.

NOTA 2 – El evento high_BER-fs está relacionado con el arranque rápido, que requiere estudios adicionales (véase la cláusula 12.5).

La VTU receptora también cambiará de estado cuando se produzca un evento high_BER (véase la cláusula 12.1.4). Este evento está relacionado con las primitivas de calidad de funcionamiento y los contadores de calidad de funcionamiento del extremo cercano y/o del extremo lejano para las que pueden configurarse umbrales mediante la CO-MIB para declarar un evento high_BER cuando se excede un umbral.

Una VTU-O pasará al estado O-SILENT a través del estado O-DEACTIVATING tras una instrucción gestión de potencia (c:_L3_request), o tras una reinicialización causada por la política de reinicialización.

NOTA 3 – Fijar a cero la duración de O-DEACTIVATING (según indique el fabricante) se traduce en una transición inmediata desde O-SHOWTIME a O-SILENT.

Cuando la VTU-O pasa del estado O-SHOWTIME al estado O-DEACTIVATING seguido de una transición al estado O-SILENT, la VTU-R detecta un fallo persistente de LOS. Al detectarlo, la VTU-R pasa al estado R-SILENT y a continuación al estado R-INIT/HS e inicia la transmisión de R-TONES-REQ en un plazo máximo de 6 segundos desde que la VTU-O ha pasado al estado O-SILENT.

Cuando la VTU-O pasa del estado O-INIT/TRAIN al estado O-DEACTIVATING seguido de una transición al estado O-SILENT, la VTU-R detecta un fallo en el acondicionamiento. Al detectarlo, la VTU-R pasa al estado R-SILENT y a continuación al estado R-INIT/HS.

NOTA 4 – En la Figura 6-2 se muestra la transición directa desde el estado O-INIT/TRAIN al estado O-SILENT como una transición a través del estado O-DEACTIVATING, cuya duración es prerrogativa del fabricante y puede ser de cero símbolos DMT.

Cuando la VTU-R pasa del estado R-SHOWTIME al estado R-SILENT, la VTU-O detecta un fallo persistente de LOS. Al detectarlo, la VTU-O pasa al estado O-DEACTIVATING y a continuación al estado O-SILENT, a lo que sigue un periodo de espera de recepción de R-TONES-REQ (HS iniciado por la VTU-R) o el estado O-INIT/HS (HS iniciado por la VTU-O).

NOTA 5 – Mientras la VTU-O esté en el estado O-DEACTIVATING, la VCE puede actualizar los coeficientes de supresión de FEXT de las líneas que se encuentran en estado de conexión.

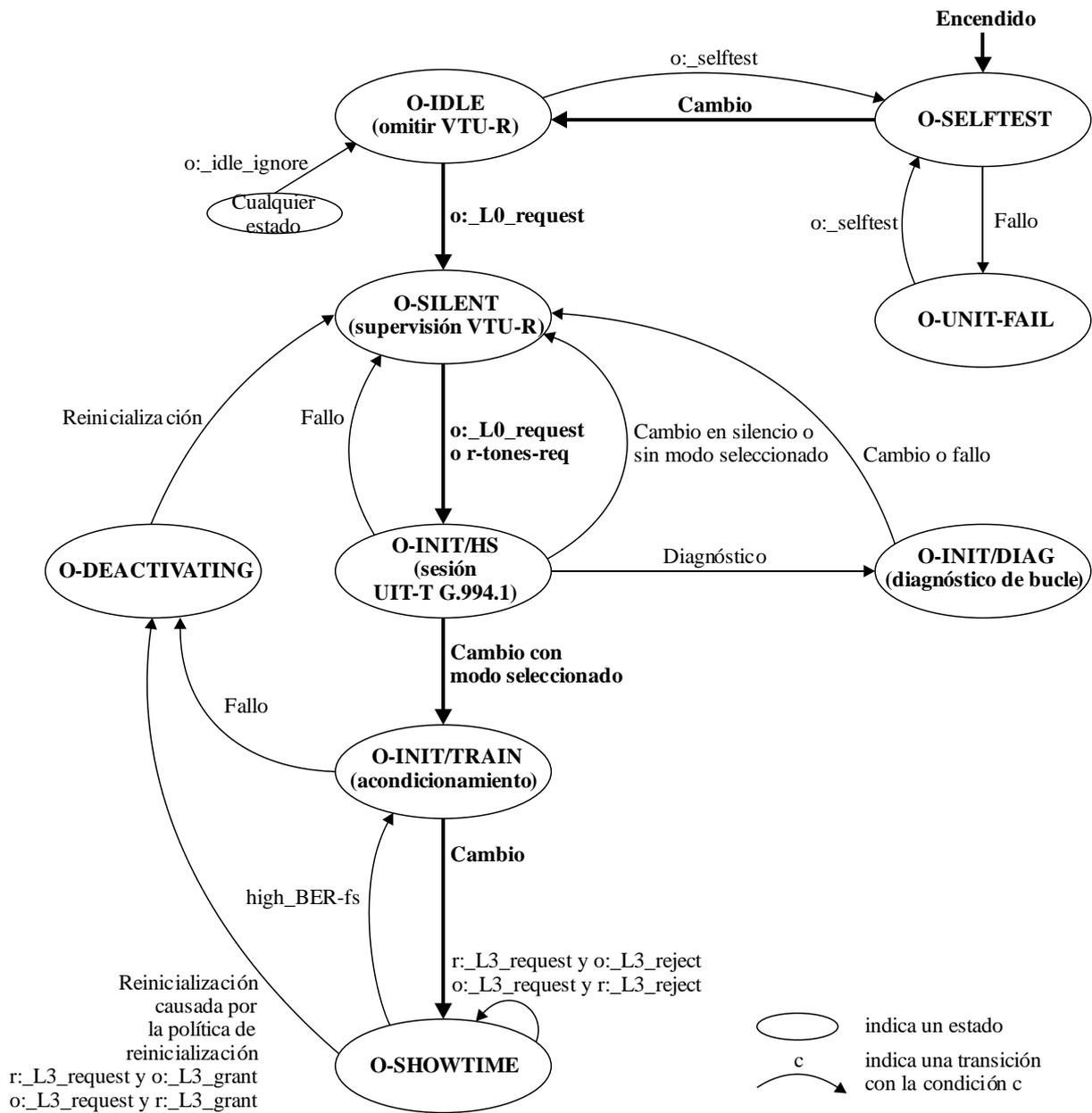


Figura 6-2 – Diagrama de estados de la VTU-O

Cuadro 6-1 – Definiciones de los estados de la VTU-O

Nombre del estado	Descripción
O-SELFTEST (obligatorio)	<ul style="list-style-type: none"> • Estado temporal al que se pasa tras el encendido, en el que la VTU realiza una autoprueba. • Transmisor apagado (QUIET en la interfaz U-O). • Receptor apagado (sin respuesta a la señal R-TONES-REQ). • Sin respuesta al canal de control de anfitrión. • Si la autoprueba tiene éxito, entonces transición a O-IDLE. • Si la autoprueba fracasa, entonces transición a O-UNIT-FAIL.
O-UNIT-FAIL (obligatorio)	<ul style="list-style-type: none"> • Estado estacionario al que se pasa tras el fracaso de una autoprueba de VTU. • Transmisor apagado (QUIET en la interfaz U-O). • Receptor apagado (sin respuesta a la señal R-TONES-REQ). • Supervisar el canal de control de anfitrión si es posible (permite al controlador de anfitrión extraer los resultados de la autoprueba).
O-IDLE (obligatorio)	<ul style="list-style-type: none"> • Estado estacionario al que se pasa tras una autoprueba exitosa. • Transmisor apagado (QUIET en la interfaz U-O). • Receptor apagado (sin respuesta a la señal R-TONES-REQ). • Supervisar el canal de control de anfitrión.
O-SILENT (obligatorio)	<ul style="list-style-type: none"> • Estado estacionario definido en [UIT-T G.994.1] al que se pasa por una instrucción del controlador de anfitrión. • Transmisor apagado (QUIET en interfaz U-O). • Receptor encendido (supervisión de la señal R-TONES-REQ, si se detecta, transición al estado O-INIT/HS). • Supervisar el canal de control de anfitrión.
O-INIT/HS (obligatorio)	<ul style="list-style-type: none"> • Estado temporal al que se pasa para efectuar la fase UIT-T G.994.1 de inicialización. • Transmisor encendido (comienza con la transmisión de señales C-TONES). • Receptor encendido (comienza la supervisión de la señal R-SILENT0). • Supervisar el canal de control de anfitrión. • Si hay un periodo de silencio o no se ha seleccionado ningún modo, entonces transición a O-SILENT1. • Si el modo es diagnóstico de bucle, entonces transición a O-INIT/DIAG. • Si se ha seleccionado el modo de funcionamiento, entonces transición a O-INIT/TRAIN.
O-INIT/TRAIN (obligatorio)	<ul style="list-style-type: none"> • Estado temporal al que se pasa para efectuar otras fases de inicialización. • Transmisor encendido (comenzar con O-P-QUIET1). • Receptor encendido (comenzar con la supervisión para detectar R-P-QUIET1). • Si la inicialización tiene éxito, transición a O-SHOWTIME. • Si la inicialización fracasa, transición a O-DEACTIVATING. • Supervisar el canal de control de anfitrión.
O-INIT/DIAG (obligatorio)	<ul style="list-style-type: none"> • Estado temporal al que se pasa para efectuar otras fases de inicialización en modo diagnóstico de bucle. • Transmisor encendido (comienza con O-P-QUIET1). • Receptor encendido (comienza con la supervisión para detectar R-P-QUIET1). • Transición a O-SILENT. • Supervisar el canal de control de anfitrión.

Cuadro 6-1 – Definiciones de los estados de la VTU-O

Nombre del estado	Descripción
O-SHOWTIME (obligatorio)	<ul style="list-style-type: none"> • Estado estacionario en el que uno o más canales portadores están activos. • En este estado se producen reconfiguraciones en línea. • Si se dan condiciones que satisfacen la política de reinicialización ($RIpolicy_n$), entonces transición a O-DEACTIVATING. • Si se produce la transición del enlace al estado L3, entonces transición a O-DEACTIVATING. • Supervisar el canal de control de anfitrión.
O-DEACTIVATING (obligatorio)	<ul style="list-style-type: none"> • Estado temporal al que se pasa cuando la línea cambia al estado L3. La duración de este estado es prerrogativa del fabricante y puede ser cero. • Transmisor está encendido: la VTU-O no transmitirá la señal directa (es decir, $Z_i=0$ para todas las subportadoras) mientras pueda transmitir la señal de precompensación Z_i' en sentido descendente. • Receptor puede estar encendido: la VTU-O puede recibir señales en sentido ascendente para soportar la supresión de FEXT en sentido ascendente. • La VCE puede actualizar los coeficientes de supresión de FEXT en sentido descendente y ascendente. • La VTU-O pasa al estado O-SILENT bajo el control de la VCE.

6.3 Requisitos de la VTU-O para la vectorización en sentido ascendente

La implementación en el lado de central (CO) es prerrogativa del fabricante, con independencia de la capacidad requerida para transportar la temporización del símbolo de sincronización y los parámetros de control de la vectorización desde la VCE al extremo de la línea más cercano a las instalaciones del cliente (CP). Estos requisitos se definen en la cláusula 10 y se aplican a cada VTU-O que pertenezca a un grupo vectorizado.

La VTU-O será conforme con [UIT-T G.993.2], con las excepciones y los requisitos adicionales que recoge la presente Recomendación.

Durante la inicialización, cada VTU-O de un grupo vectorizado podrá transmitir un marcador temporal a la VTU-R para indicar los símbolos que están en posición temporal coincidente con los símbolos de sincronización del estado de conexión en las líneas activas. En la cláusula 10.3.3.5 se define el método de modulación del marcador temporal en esos símbolos.

La VTU-O podrá transmitir los parámetros de control del grupo vectorizado en sentido ascendente definidos en la cláusula 7 y la cláusula 10 desde la VCE al lado de cliente (CP).

Si se habilita la vectorización ascendente, la VTU-O también estará operacional en caso de que no todos los tonos sonda del símbolo de sincronización ascendente tengan el mismo signo, presentando el signo de los tonos del símbolo de sincronización una periodicidad de 10 tonos (considerando los tonos sonda y los tonos bandera).

6.4 Requisitos de la VCE

La VCE soportará la vectorización en sentido descendente.

La VCE podrá ser controlada por la entidad de gestión (ME) a través de la interfaz ε -m (que se muestra en la Figura 5-1) para el uso de $B_{\min} = 0$ (véase en el Cuadro 7-1 la definición y en el Cuadro 7-2 los valores válidos de B_{\min}).

7 Requisitos en el lado de cliente de un grupo vectorizado

En esta cláusula se describe el comportamiento en estado estacionario en el lado de cliente (CP) de un grupo vectorizado de N pares.

7.1 Descripción general

La VTU-R enviará muestras de error recortadas (definidas en la cláusula 7.2.1) a la VCE del grupo vectorizado a través del canal de retorno (definido en las cláusulas 7.2.2 a 7.2.4). La VTU-R soportará el encapsulado Ethernet de capa 2 (definido en la cláusula 7.4.1) y el encapsulado en el canal operacional integrado (eoc) (definido en la cláusula 7.4.2) de la información presente en el canal de retorno. La VCE seleccionará el método de encapsulado a utilizar y lo comunicará a la VTU-R durante la inicialización (véase la cláusula 10.5.2.1). El método de encapsulado se mantendrá inalterado durante el estado de conexión.

La Figura 7-1 muestra el modelo de referencia del flujo de información del canal de retorno encapsulado de capa 2. En primer lugar, la VTU-R transmite desde su terminación de red (NT) al bloque funcional L2+ las muestras de error recortadas (primitiva streamBC.indicate), donde son encapsuladas en el protocolo de transporte de capa 2 (definido en la cláusula 7.4.1) y a continuación multiplexadas en uno de los flujos de datos Ethernet (o Ethernet sobre ATM) en sentido ascendente (stream(n).confirm, véase el Anexo K de [UIT-T G.993.2]). En el AN el encapsulado de capa 2 se termina en el bloque funcional L2+ y las muestras de error recortadas se entregan a la VCE (primitiva streamBC.indicate).

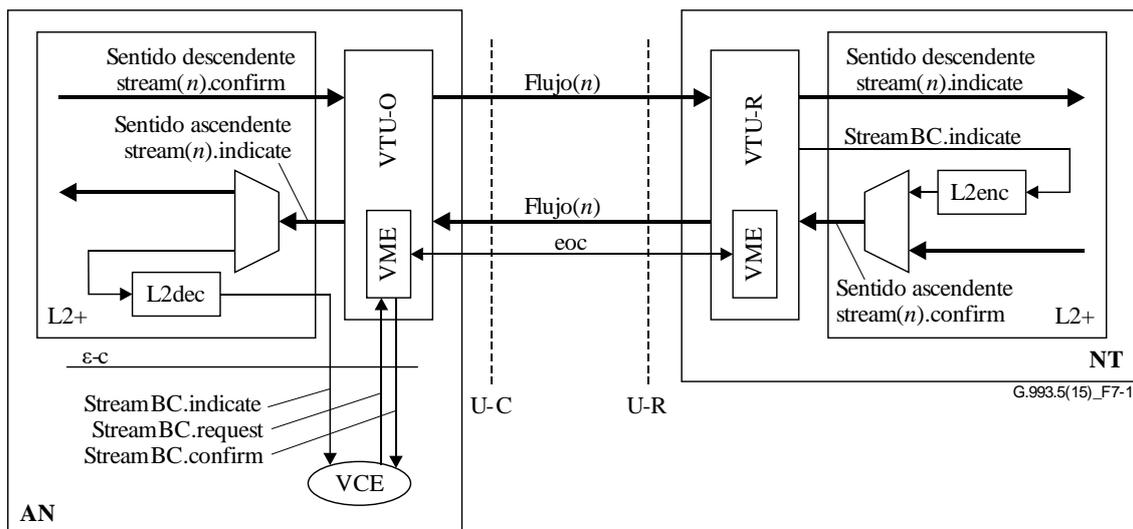


Figura 7-1 – Modelo de referencia del flujo de información del canal de retorno con encapsulado de capa 2

La Figura 7-2 muestra el modelo de referencia del flujo de información del canal de retorno encapsulado en el canal operacional integrado (eoc). En la VTU-R las muestras de error recortadas se transmiten a la entidad de gestión VDSL2 (VME), donde se encapsulan en un mensaje eoc, como se define en la cláusula 8.1. El encapsulado del eoc se termina en la entidad de gestión VDSL2 (VME, véase la cláusula 11.2 de [UIT-T G.993.2]) de la VTU-O y las muestras de error recortadas se entregan a la VCE (primitiva streamBC.indicate).

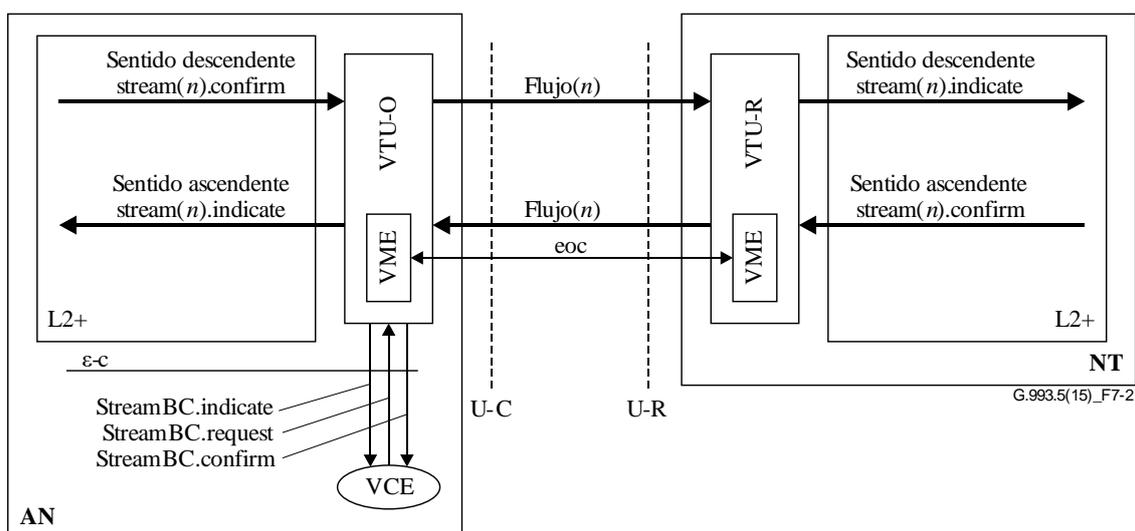


Figura 7-2 – Modelo de referencia del flujo de información del canal de retorno encapsulado en el canal operacional integrado (eoc)

Con independencia del método de encapsulado en el canal de retorno, la VCE se comunica con la VME de la VTU-O para fijar los parámetros de control del canal de retorno (definidos en el Cuadro 7-1), por ejemplo, para qué subportadoras la VTU-R transmitirá muestras de error recortadas por el canal de retorno (primitiva `streamBC.request`). La VME de la VTU-O utiliza instrucciones `eoc` (definidas en la cláusula 8.1) para comunicar dichos parámetros de control del canal de retorno a la VME de la VTU-R y entrega la información recibida en las respuestas a la VCE de la VME de la VTU-R a través del `eoc` (primitiva `streamBC.request`).

La VTU-R soportará una adaptación de velocidad sin discontinuidades (SRA, Tipo 3 de ORL) en los sentidos descendente y ascendente y la SRA soportará de forma obligatoria lo siguiente:

- la reconfiguración dinámica del entrelazador (modificación de D_p);
- la reconfiguración de las tramas (modificación de T_p , G_p y B_{p0});

como se define en la cláusula 13.1 de [UIT-T G.993.2] titulada "Tipos de reconfiguración en línea".

Si se habilita [UIT-T G.998.4] en un sentido, la VTU-R también soportará la adaptación de velocidad sin discontinuidades (SRA, Tipo 5 de ORL) en ese mismo sentido, y la SRA soportará de forma obligatoria todas las configuraciones especificadas en la cláusula C.3.2 de [UIT-T G.998.4].

7.2 Requisitos de la VTU-R para la vectorización en sentido descendente

La VTU-R será conforme con [UIT-T G.993.2], con las excepciones y los requisitos adicionales que se incluyen en la presente Recomendación.

En esta Recomendación se establece que durante la inicialización y durante el estado de conexión todos los tonos sonda de un símbolo de sincronización pueden tener el mismo signo (si se modula una secuencia piloto independiente de la frecuencia, véase la cláusula 6.2.3) o pueden no tenerlo (si se modula una secuencia piloto dependiente de la frecuencia, véase la cláusula 6.2.3). La VTU-R soportará la recepción y todas las funcionalidades requeridas conexas para el cálculo de señales de error incluso cuando no todos los tonos sonda del símbolo de sincronización tengan el mismo signo, salvo que el patrón que sigue el signo de los tonos del símbolo de sincronización en sentido descendente tenga una periodicidad de 10 tonos (considerando los tonos sonda y bandera).

7.2.1 Definición de muestra de error normalizada

La VTU-R convierte las señales recibidas en el dominio del tiempo en muestras en el dominio de la frecuencia, lo que resulta en un valor complejo Z para cada subportadora recibida. La subsiguiente operación de correspondencia inversa de la constelación asocia cada uno de esos valores complejos Z con un punto de la constelación, representado por el valor \hat{C} . En la Figura 7-3 se representa el cálculo de una muestra de error normalizada E para una determinada subportadora en un símbolo de sincronización específico. La muestra de error normalizada representa el error que existe entre la muestra de datos compleja recibida Z normalizada para el punto de la constelación de modulación en cuadratura (QAM) y el correspondiente punto de decisión de la constelación \hat{C} asociado al símbolo de sincronización recibido en una VTU-R y referido a la entrada del desaleatorizador de la constelación. A efectos ilustrativos, en la Figura 7-3 se observa que la muestra de datos compleja normalizada recibida Z se sitúa dentro de los límites de la constelación correspondientes al punto de decisión la constelación $\hat{C} = (+1, +1)$.

La muestra de error normalizada compleja E de cada subportadora se define como $E = Z - \hat{C}$ donde E es el error complejo definido como $E = e_{-x} + j \times e_{-y}$, siendo e_{-x} la componente real y e_{-y} la componente imaginaria, y Z es la muestra de datos normalizada recibida, definida como $Z = z_{-x} + j \times z_{-y}$, cuyas componentes real e imaginaria son z_{-x} y z_{-y} respectivamente, y finalmente \hat{C} es el punto de decisión de la constelación asociado a la muestra de datos recibida Z , que se define como $\hat{C} = \hat{c}_{-x} + j \times \hat{c}_{-y}$, siendo \hat{c}_{-x} y \hat{c}_{-y} sus componentes real e imaginaria (donde $\hat{c}_{-x} = \pm 1$ y $\hat{c}_{-y} = \pm 1$).

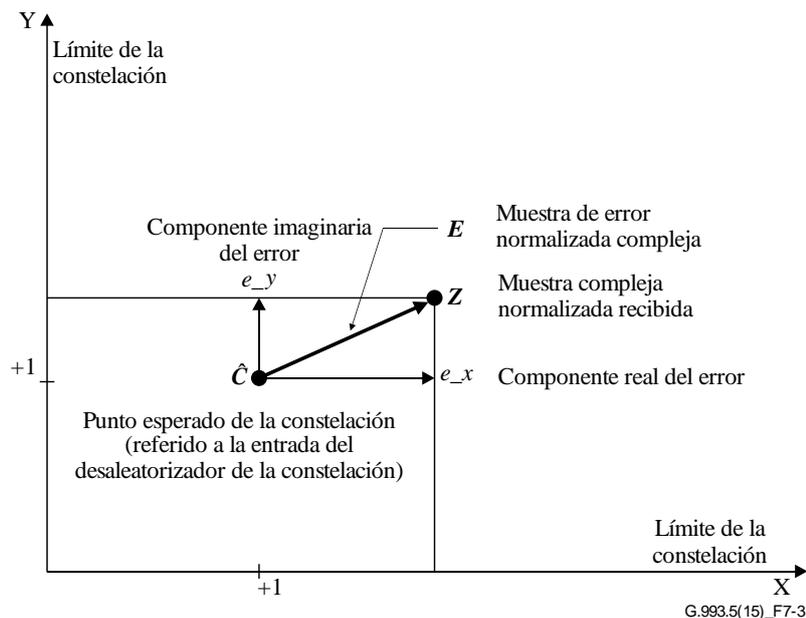


Figura 7-3 – Definición de la muestra de error normalizada E

Las componentes real e imaginaria de cada muestra de error normalizada E se recortan y cuantifican para obtener los valores enteros de las componentes de la muestra de error recortada q_x y q_y respectivamente, con arreglo a lo siguiente:

$$q_x = \max\left(-2^{B_{\max}}, \min\left(\left\lfloor e_x \times 2^{N_{\max}-1} \right\rfloor, 2^{B_{\max}-1}\right)\right)$$

$$q_y = \max\left(-2^{B_{\max}}, \min\left(\left\lfloor e_y \times 2^{N_{\max}-1} \right\rfloor, 2^{B_{\max}-1}\right)\right)$$

donde $Q = q_x + j \times q_y$ representa la muestra de error recortada y N_{\max} la profundidad de cuantificación máxima de la VTU-R de las muestras de error normalizadas, que se fija en 12, siendo B_{\max} el límite superior del índice de bits para notificar las componentes de las muestras de error recortadas q_x y q_y ($B_{\max} < N_{\max}$, configurando la VCE el valor de B_{\max} , véanse los Cuadros 7-1 y 7-2).

Los valores de ambas componentes de una muestras de error recortada, q_x y q_y , se representarán mediante el complemento a dos de $B_{\max}+1$ bits. En la cláusula 7.2.2 se define el formato de la muestra de error recortada para la notificación a través del canal de retorno. Las subportadoras específicas en las que se notificarán las muestras de error recortadas durante la inicialización y el estado de conexión se configurarán como se describe en la cláusula 10.4.2.1 y en la cláusula 8.1 respectivamente.

7.2.2 Información sobre muestras de error recortadas

La VTU-R enviará muestras de error recortadas (definidas en la cláusula 7.2.1) a la VTU-O por el canal de retorno establecido entre la VTU-O y la VTU-R en cada línea del grupo vectorizado, como se define en la cláusula 7.4.1 (canal de retorno de la capa 2) o en la cláusula 8.1 (canal de retorno eoc) o en la cláusula 10 (canal de retorno del canal de operaciones especiales (SOC)). La VTU-O envía las muestras de error recortadas a la VCE del grupo vectorizado.

7.2.2.1 Parámetros de control para la notificación de muestras de error recortadas

La VCE comunica a la VTU-O un conjunto de parámetros de control para la notificación de muestras de error recortadas definidos en el Cuadro 7-1.

Cuadro 7-1 – Parámetros de control de muestras de error recortadas

Parámetro	Definición
<i>Bandas vectorizadas</i>	<p>Bandas de frecuencias en sentido descendente para las cuales la VTU-R debe enviar muestras de error recortadas para las subportadoras por el canal de retorno.</p> <p>Las bandas vectorizadas en sentido descendente se definirán mediante los índices de las subportadoras de menor frecuencia y de mayor frecuencia.</p> <p>N_{band} indica el número de bandas vectorizadas configuradas. No se configurarán más de ocho bandas (es decir, $N_{band} \leq 8$). Las bandas configuradas se identificarán por el número: $vb = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ asignado en orden ascendente de los índices de las subportadoras asociadas con la banda.</p> <p>$N_{carrier}(vb)$ indica el número de subportadoras en la banda de frecuencias número vb, es decir, el índice de la última subportadora menos el índice de la primera subportadora más uno.</p> <p>El índice de la primera subportadora (de menor frecuencia) de cada banda vectorizada en sentido descendente será un número par.</p> <p>Cada una de las bandas vectorizadas en sentido descendente se asignará dentro de los límites de una única banda normalizada en sentido descendente UIT-T G.993.2 (como se intercambiò durante la fase UIT-T G.994.1) y probablemente con más de una banda vectorizada en cada una de esas bandas normalizadas en sentido descendente. Las bandas vectorizadas no se solaparán entre ellas.</p>

Cuadro 7-1 – Parámetros de control de muestras de error recortadas

Parámetro	Definición
<i>F_sub</i>	Factor de submuestreo que se aplicará a las bandas vectorizadas. Para cada banda vectorizada en sentido descendente, la muestra de error recortada de la subportadora con el índice menor se transmitirá en primer lugar, seguida por la muestra de error recortada de todas las subportadoras F_sub^{th} dentro de la banda vectorizada. Configurado por la VCE para cada banda vectorizada en sentido descendente por separado.
<i>F_block</i>	Tamaño del bloque (número de subportadoras) para la agrupación de las muestras de error recortadas. Configurado por la VCE. Se utilizará el mismo tamaño de bloque para todas las bandas vectorizadas en sentido descendente (véase el Cuadro 8-4).
<i>B_mín</i>	Límite inferior del índice de bit para la notificación de un componente de muestra de error recortada (véase la cláusula 7.2.2.2). Configurado por la VCE para cada banda vectorizada en sentido descendente por separado.
<i>B_máx</i>	Límite superior del índice de bit para la notificación de un componente de muestra de error recortada (véase la cláusula 7.2.1). Configurado por la VCE para cada banda vectorizada en sentido descendente por separado.
<i>L_w</i>	Número máximo de bits para la notificación de un componente de muestra de error recortada. Configurado por la VCE para cada banda vectorizada en sentido descendente por separado. Si L_w se fija a 0 para una determinada banda vectorizada en sentido descendente, entonces no se notificará esa banda. L_w se fijará a un valor distinto de cero por lo menos para una banda vectorizada en sentido descendente.
<i>padding</i>	Indica si la VTU-R tiene o no que rellenar muestras de error recortadas mediante extensión de signo o relleno de ceros para seguir utilizando L_w bits para la notificación de un componente de muestra de error recortada si $S < L_w - 1$ (véase la cláusula 7.2.2.2). Configurado por la VCE. Se utilizará la misma configuración de relleno en todas las bandas vectorizadas en sentido descendente. Si se habilita el relleno, $B_mín$ se fijará a 0.

El Cuadro 7-2 define los valores opcionales y obligatorios para los parámetros de control de las muestras de error recortadas. En particular, define los valores válidos que debe configurar la VCE y los valores obligatorios que debe soportar la VTU-R. La VTU-O soportará todos los valores válidos que configure la VCE. La VTU-R indicará durante la inicialización su capacidad de soportar los valores válidos y la VCE seleccionará los valores en consecuencia (véase la cláusula 10).

Cuadro 7-2 – Valores de los parámetros de control del canal de retorno

Parámetro	Valores válidos para la VCE	Valores obligatorios que debe soportar la VTU-R
F_{sub}	1, 2, 4, 8, 16, 32 y 64	2, 4, 8, 16, 32 y 64
F_{block}	1, 32, y $\left\lceil \frac{N_{carrier}}{F_{sub}} \right\rceil$	1 y $\left\lceil \frac{N_{carrier}}{F_{sub}} \right\rceil$
$B_{mín}$	0, ..., 11	Todos valores válidos
$B_{máx}$	$B_{mín}, \dots, 11$	Todos valores válidos
L_w	0, 1, ..., $\text{mín}(8, B_{máx} - B_{mín} + 1)$	0, 1, ..., 8
$padding$	1 (habilitar); 0 (inhabilitar) con $F_{block} = 32$; 0 (inhabilitar) con $F_{block} = \left\lceil \frac{N_{carrier}}{F_{sub}} \right\rceil$	1 (habilitar); 0 (inhabilitar) con $F_{block} = \left\lceil \frac{N_{carrier}}{F_{sub}} \right\rceil$

Para cada banda vectorizada en sentido descendente asignada por la VTU-O para la notificación de muestras de error recortadas, la VTU-R notificará las muestras de error recortadas para todas las subportadoras con índices $X = X_L + n \times F_{sub}$, donde n toma todos los valores enteros 0, 1, 2, ... para las que $X_L \leq X \leq X_H$ y siendo X_L y X_H , respectivamente, los índices de las subportadoras de menor frecuencia y de mayor frecuencia de la banda vectorizada en sentido descendente. No se notificarán las muestras de error recortadas de otras subportadoras.

En las subportadoras que no se utilizan para la transmisión ($b_i = 0$, y $g_i = 0$) pero que están asignadas para la notificación de muestras de error recortadas, la VTU-R notificará una muestra de error simulada. El valor de esta muestra simulada depende del fabricante, pero tiene que cumplir los parámetros de control de las muestras de error y no tiene que afectar a la notificación de otras subportadoras.

NOTA – Es responsabilidad de la VTU-O y/o de la VCE identificar y descartar muestras de error recortadas para subportadoras que no estén destinadas a la estimación de canales.

7.2.2.2 Agrupación de muestras de error recortadas

La VTU-R agrupará las muestras de error recortadas en bloques. En el Cuadro 7-2 se muestran los valores válidos de los bloques para el parámetro F_{block} . Para cada bloque, la VTU-R calculará los parámetros B_M y B_L . Los parámetros B_M y B_L representan los valores superior e inferior de los índices de bit de la muestra de error recortada notificada, en el supuesto de que el índice de bit se cuenta desde el LSB al MSB, empezando por 0.

La Figura 7-4 describe el ejemplo en el que $F_{block}=1$, $B_{mín}=2$, $B_{máx}=10$, $L_w=4$, y $padding=0$. Dos registros cada uno de $(B_{máx}+L_w)$ bits incluyen un componente de muestra de error recortada en los bits etiquetados entre $B_{máx}$ (MSB de la muestra de error recortada) y 0 (LSB de la muestra de error recortada), mientras los restantes $L_w - 1 = 3$ bits de cada registro se fijan a 0 y se etiquetan con un índice de bit negativo -1 hasta $1 - L_w = -3$. Para cada componente del bloque, solo se incluyen los $B_M - B_L + 1$ bits con los índices B_M a B_L inclusive en el formato de bloque de notificación de error (ERB) definido en la cláusula 7.2.3.1. Los parámetros B_M y B_L se calcularán para cada bloque como se describe más adelante. La VTU-R examinará todos los componentes de muestras de error recortadas en cada bloque y determinará para cada componente ec ($ec = 1$ a $2 \times F_{block}$) un parámetro de escala dependiente de los datos sec , definido como el índice de bit de signo de la representación más corta en complemento de 2 del componente.

Por ejemplo, como se describe en la Figura 7-4, el primer componente de muestra de error recortada, que tiene la representación en complemento de 2 de 11 bits 11110010101, tiene la representación más corta 10010101 y, por tanto, su escala es $s_1 = 7$. De la misma forma, el segundo componente 00000010010 tiene la representación más corta 010010 y, por tanto, su escala es $s_2 = 5$.

La VTU-R calcula posteriormente para cada bloque un parámetro de escala de bloque dependiente de los datos $S = \max_{ec}(s_{ec})$, en el que el índice de maximización ec transita por la totalidad de los $2 \times F_block$ componentes de muestra de error recortada en el bloque.

Por ejemplo, como se indica en la Figura 7-4, $F_block = 1$ y el parámetro de escala de bloque S es el máximo de s_1 y s_2 , es decir, $S = 7$.

Si $padding = 0$, para cada bloque en la banda vectorizada dada, la VTU-R se fijará a

$$B_M = \max(S, B_min), \quad B_L = \max(B_M - L_w + 1, B_min) \quad (7-1)$$

Si $padding = 1$, para cada bloque en todas las bandas vectorizadas, la VTU-R se fijará a $B_M = \max(S, L_w - 1)$ (extensión de signo) o a $B_M = S$ (relleno de ceros);

y

$$B_L = B_M - L_w + 1 \text{ (con los bits fijados a 0 para los índices de bit } < 0 \text{)}. \quad (7-2)$$

Los parámetros B_M y B_L deberán satisfacer siempre las relaciones $B_L \leq B_M$ y $0 \leq B_M \leq B_máx$.

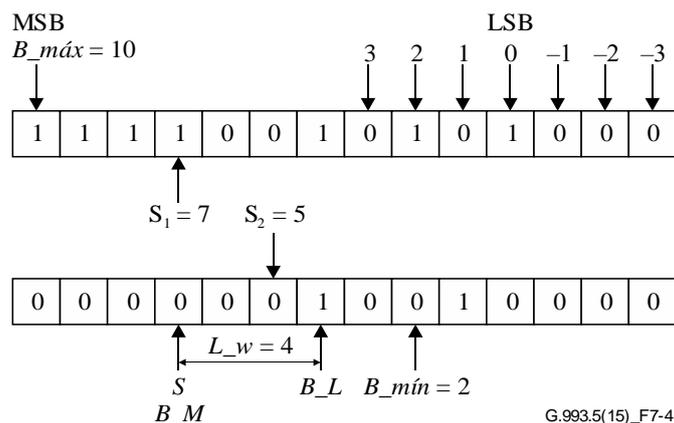


Figura 7-4 – Ejemplo de dos registros, representando cada uno un componente de muestra de error recortada

La Figura 7-5 describe un ejemplo de los bits notificados (que se muestran en sombreado) para un bloque de muestras de error recortadas para diferentes tipos de relleno, con $F_block=1$, $B_mín=1$, $B_máx = 7$, $L_w = 5$.

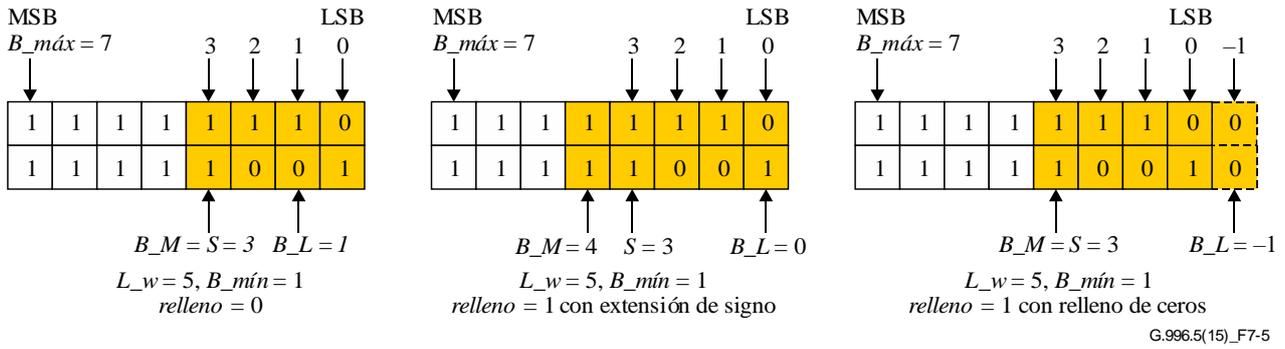


Figura 7-5 – Ejemplo de bits notificados para un bloque de muestras de error recortadas para diferentes tipos de relleno

Para el valor asignado de F_block , el bloque está constituido por las muestras de error recortadas notificadas para las F_block subportadoras subsiguientes entre las asignadas para notificación en la banda vectorizada en sentido descendente. Las subportadoras se asignarán a bloques empezando por la subportadora de menor frecuencia de la banda vectorizada y posteriormente, en orden ascendente, F_block subportadoras en cada bloque. El número de bloques en la banda vectorizada vb se puede calcular como:

$$N_block(vb) = \left\lfloor \frac{\left\lceil \frac{N_carrier(vb)}{F_sub(vb)} \right\rceil}{F_block} \right\rfloor$$

Los bloques se identificarán por sus números: $eb = 0$ a $N_block(vb) - 1$, asignados en el orden ascendente de los índices de subportadora asociados con el bloque. El último componente del último bloque que no pertenece a las subportadoras de la banda vectorizada en sentido descendente (si existe) se fijará a valores simulados que representen el valor cero.

7.2.3 Formato del canal de retorno

Para cada símbolo de sincronización se enviará un número entero de octetos por el canal de retorno.

El número de bytes por símbolo necesario para notificar las muestras de error recortadas depende de los valores configurados por la VCE para el parámetro de control del canal de retorno (véase la cláusula 7.2.2). Las muestras de error recortadas (bloques de error) de las bandas vectorizadas en sentido descendente se hacen corresponder con el ERB.

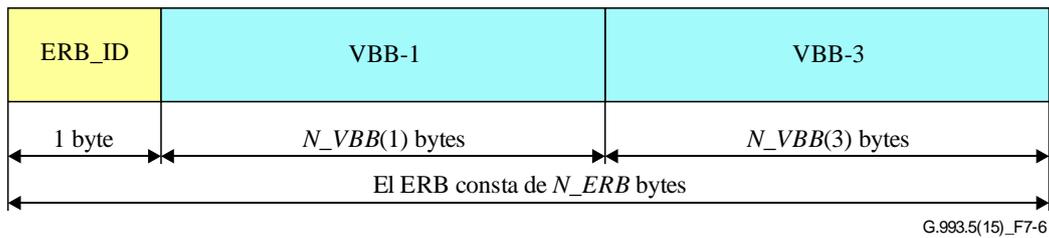
Cada ERB está asociado con un determinado símbolo de la señal O-P-VECTOR 2-1 (véase la cláusula 10.4.3.7). El ERB tiene un único formato que se encapsula posteriormente:

- en formato Ethernet (para un canal de retorno basado en L2); o
- en formato eoc (para un canal de retorno basado en eoc); o
- en formato SOC (para un canal de retorno basado en SOC).

El símbolo de sincronismo asociado con el ERB se identifica mediante el valor de su contador de símbolos de sincronismo (para un canal de retorno L2 o eoc durante el estado de conexión) o por el plazo de notificación (para un canal de retorno SOC durante la inicialización).

7.2.3.1 Formato del ERB

El formato del ERB se presenta en la Figura 7-6. El ERB se inicia con un campo ERB_ID de 8 bits, seguido de hasta ocho campos de bloques de bandas vectorizadas (VBB). La VTU-R puede fijar el MSB del campo ERB_ID a '1' para indicar que las muestras de error recortadas en el ERB pueden estar corrompidas (por ejemplo, debido al ruido impulsivo o a RFI). En otro caso, la VTU-R fijará el campo ERB_ID a '0'. Los siete LSB del campo ERB_ID se fijarán a 0 y se reservarán para el UIT-T. El número de bytes en el ERB (N_{ERB}) es la suma del número de bytes en cada uno de los VBB, más un byte para el campo ERB_ID. La concatenación de VBB en un ERB será en orden ascendente de los números de las bandas vectorizadas, es decir, empezando por la banda vectorizada asociada con los índices de subportadora menores. Algunas bandas vectorizadas pueden no ser notificadas a petición de la VCE (es decir, el ERB no debe incluir un VBB para las bandas vectorizadas para las que la VCE configure $L_w=0$).

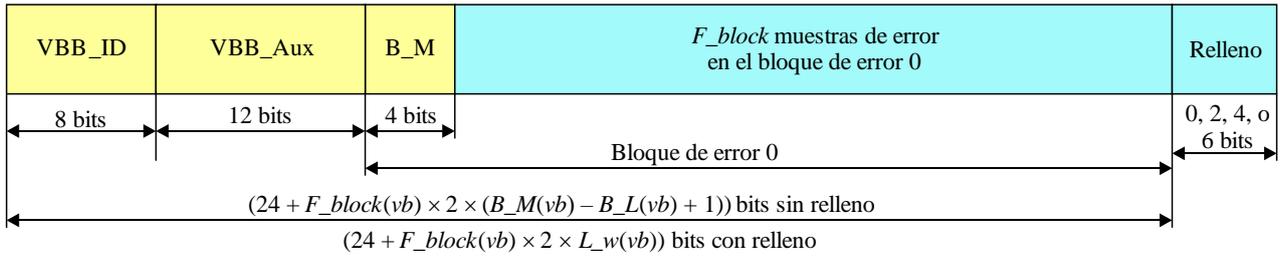


G.993.5(15)_F7-6

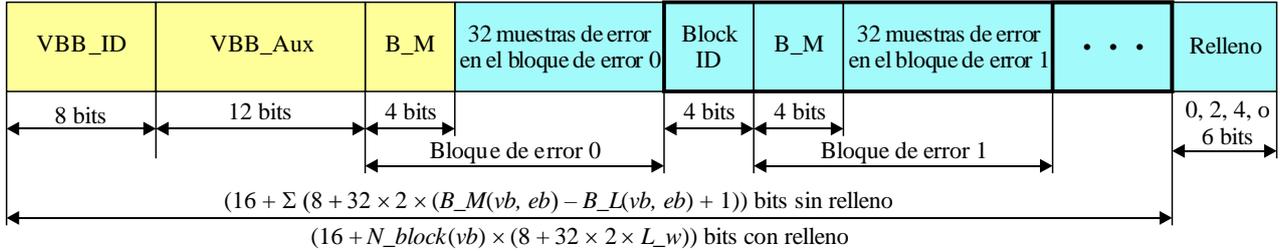
Figura 7-6 – Formato de ERB (cuando la VCE solo solicite las bandas vectorizadas 1 y 3)

El formato del VBB se presenta en la Figura 7-7. Cada VBB empieza con un campo VBB_ID de 8 bits, seguido de un campo VBB_Aux y de bloques de error concatenados y finaliza con un relleno de 0, 2, 4 o 6 bits para ajustar la longitud del VBB a un número entero de bytes (no se aplica un número impar de bits de relleno). Los tres MSB del campo VBB_ID incluirán el número de la banda vectorizada (000 para VBB-0, 001 para VBB-1, ... hasta 111 para VBB-7). Los cinco LSB del campo VBB_ID se fijarán a '0' y se reservarán para el UIT-T. Los bloques de error se concatenarán en un VBB en orden ascendente: el primer bloque dentro de la banda vectorizada es el que contiene muestras de error recortadas para las subportadoras con los índices más bajos y se transmitirá en primer lugar.

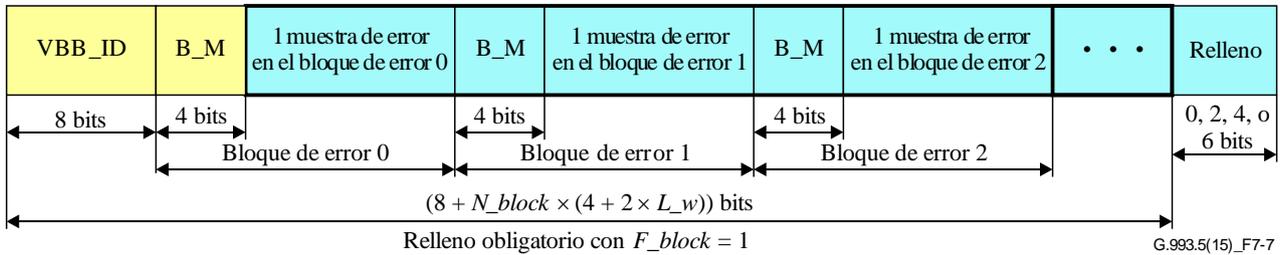
$$F_block = \lceil N_carrier / F_sub \rceil$$



$$F_block = 32$$



$$F_block = 1$$



G.993.5(15)_F7-7

Figura 7-7 – Formato de VBB en función de F_block

El formato del bloque con error se define en la cláusula 7.2.3.2.

Cuando $F_block = 32$, se adjuntará un campo Block_ID a cada bloque de error, empezando por el bloque de error número 1. No se debe insertar Block_ID inmediatamente antes del bloque de error 0. El Block_ID tendrá una longitud de 4 bits y representará el número del bloque de error módulo 16 al que precede con un número entero no asignado, siempre que el primer bloque en la banda vectorizada tenga el número 0.

Cuando $F_block = 1$ o $\left\lceil \frac{N_carrier}{F_sub} \right\rceil$, no se insertará ningún campo Block_ID.

NOTA 1 – La VCE puede identificar el VBB en el ERB recibido mediante su VBB_ID y calcular entonces el número de bloques de error, $N_block(vb)$, en el VBB- vb como se describe en la cláusula 7.2.2.2, puesto que en el extremo de la CO se conocen todos los parámetros de control del canal de retorno. La longitud del bloque de error se calcula utilizando los parámetros (B_M , B_L) de la muestra de error recortada y el tamaño de bloque F_block . La primera muestra notificada del primer bloque de error en la banda vectorizada es para la subportadora con el índice X_L (que siempre es par).

NOTA 2 – Cuando $F_block = 32$, el final de cada bloque de error está alineado en bytes. No se añaden bits de relleno al final del VBB.

El campo VBB_Aux se utilizará para comunicar el valor medio del error utilizando el formato definido en el Cuadro 7-3. El error medio (ME) para la banda vectorizada vb se calculará como sigue:

$$ME(vb) = \left[\frac{N_carrier(vb)}{F_sub(vb)} \right]^{-1} \sum_{n=0}^{\left[\frac{N_carrier(vb)}{F_sub(vb)} \right] - 1} \left(|e_x(X_L(vb) + n \times F_sub(vb))| + |e_y(X_L(vb) + n \times F_sub(vb))| \right)$$

donde $e_x(sc)$ y $e_y(sc)$ son los componentes real e imaginario del error normalizado estimado en la subportadora sc (véase la Figura 7-3).

El valor recortado y cuantificado de $ME(vb)$ se representará como:

$$MEq(vb) = \min \left(\left\lfloor ME(vb) \times 2^{ME_N_m\acute{a}x-1} \right\rfloor, 2^{ME_B_m\acute{a}x} - 1 \right)$$

donde $ME_N_m\acute{a}x = 12$ y $ME_B_m\acute{a}x = 22$.

El valor de MEq se notificará utilizando un exponente de 4 bits y una mantisa de 8 bits, de forma similar al de los componentes de las muestras de error recortadas. La VTU-R calculará el ME_S de escala como el índice del bit más significativo de MEq que no sea un bit de extensión de signo. La mantisa constará de 8 bits con índices entre ME_B_M y ME_B_L . Los valores de ME_B_M y ME_B_L se calcularán en la VTU-R como:

$$ME_B_M = \max(ME_S, 7), \text{ y}$$

$$ME_B_L = ME_B_M - 7$$

Cuadro 7-3 – Formato del campo VBB_Aux

Parámetro	Números de bit	Descripción
ME_EXP	[11:8]	Valor de 4 bits de ME_B_L
ME_MANT	[7:0]	Mantisa de 8 bits del MEq

7.2.3.2 Formato del bloque de error

La representación de un bloque de error con F_block muestras de error recortadas ($2 \times F_block$ componentes de muestras de error recortadas con F_block subportadoras) incluirá un campo B_M (de 4 bits) y un campo error (de longitud variable), véase la Figura 7-8. El campo error incluye F_block subcampos, cada uno de ellos con una muestra de error recortada compleja que se asigna para su notificación durante la configuración del canal de retorno (véase la cláusula 7.2.2).

Para cada componente de muestra de error recortada, la representación comprimida, definida en la cláusula 7.2.2.2, incluye únicamente aquellos bits del componente de muestra de error recortada con índices B_L a B_M , utilizando el convenio de que el MSB de la representación comprimida tiene el índice $B_m\acute{a}x$ y el bit menos significativo (LSB) de la representación comprimida del componente tiene el índice $B_m\acute{i}n$. Por consiguiente, el número total de bits en el campo error de un bloque de muestras de error recortadas en la representación comprimida será $2 \times F_block \times (B_M - B_L + 1)$.

Los campos B_M incluirán el parámetro B_M representado como un entero de 4 bits sin signo, en la gama de 0 a 15.

NOTA – El parámetro B_L no se notifica puesto que lo puede calcular la VCE a partir de los parámetros de control de la muestra de error recortada (véanse las ecuaciones 7-1 y 7-2) y del valor del parámetro B_M notificado.

El formato del bloque de error se presenta en la Figura 7-8. Todos los parámetros y las muestras de error recortadas se harán corresponder con el MSB en el extremo izquierdo de forma que el MSB se transmita en primer lugar (es decir, el primer bit transmitido es el MSB del campo B_M).

Las muestras de error recortadas en el campo error se harán corresponder en orden ascendente del índice de subportadora de izquierda a derecha. Para cada muestra de error recortada, el componente q_x (real) se hará corresponder a la izquierda del componente q_y (imaginario).

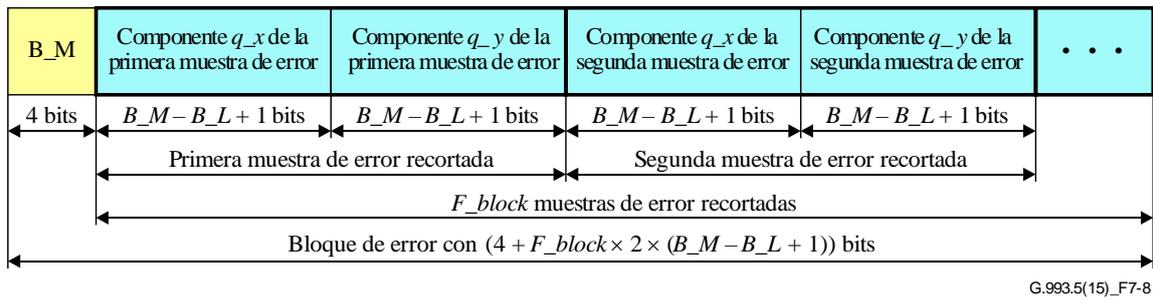


Figura 7-8 – Formato de un bloque de error

7.2.3.3 Velocidad de datos del canal de retorno (informativo)

Cuando $F_block = \left\lceil \frac{N_carrier}{F_sub} \right\rceil$, el número de bytes en el VBB- vb , obtenido de las Figuras 7-6, 7-7 y 7-8 es:

$$N_VBB(vb) = \left\lceil \frac{24 + F_block(vb) \times 2 \times (B_M(vb) - B_L(vb) + 1)}{8} \right\rceil$$

donde $B_M(vb)$ representa el parámetro B_M para la banda vectorizada número vb y $B_L(vb)$ representa el parámetro B_L para la banda vectorizada vb .

Cabe destacar que en general este valor no es fijo y puede ser diferente entre una notificación de error y la siguiente, dependiendo de los valores exactos de las muestras de error recortadas. Por otra parte, si se utiliza relleno (véase el Cuadro 7-1) el número de bytes en el VBB- vb solo depende de los parámetros de control de las muestras de error recortadas y no de los valores de las muestras de error recortadas:

$$N_VBB(vb) = \left\lceil \frac{24 + F_block(vb) \times 2 \times L_w(vb)}{8} \right\rceil$$

Cuando $F_block = 32$, el número de bytes en el VBB- vb , obtenido de las Figuras 7-6 y 7-8 es:

$$N_VBB(vb) = 2 + \sum_{eb=0}^{N_block(vb)-1} (1 + 8 \times (B_M(vb, eb) - B_L(vb, eb) + 1))$$

donde $B_M(vb, eb)$ representa el parámetro B_M para el bloque de error número eb de la banda vectorizada número vb y $B_L(vb, eb)$ representa el parámetro B_L para el bloque de error número eb de la banda vectorizada vb .

Cabe destacar que en general este valor no es fijo y puede ser diferente entre una notificación de error y la siguiente, dependiendo de los valores exactos de las muestras de error recortadas. Si se utiliza relleno (véase el Cuadro 7-1) el número de bytes en el VBB- vb solo depende de los parámetros de control de las muestras de error recortadas y no de los valores de las muestras de error recortadas:

$$N_VBB(vb) = 2 + N_block(vb) \times (1 + 8 \times L_w(vb))$$

Cuando $F_block = 1$, se utiliza relleno y el número de bytes en el VBB- vb solo depende de los parámetros de control de las muestras de error recortadas y no de los valores de las muestras de error recortadas:

$$N_VBB(vb) = \left\lceil \frac{8 + N_block(vb) \times (4 + 2 \times L_w(vb))}{8} \right\rceil$$

N_ERB se puede calcular como:

$$N_ERB = 1 + \sum_{vb=0}^{N_band-1} report(vb) \times N_VBB(vb)$$

donde $report(vb) = 1$ si el VBB- vb está incluido en el ERB (es decir, $L_w > 0$ para la banda número vb), y $report(vb) = 0$ si el VBB- vb no está incluido en el ERB (es decir, $L_w = 0$ para la banda número vb).

La velocidad de datos del canal de retorno (BDR) para la transmisión del bloque de notificación de errores para cada símbolo de sincronización es:

$$BDR = 8 \times N_ERB \times (f_{DMT} / 257)$$

donde f_{DMT} es la velocidad de símbolos (en símbolos/s) definida en la cláusula 10.4.4 de [UIT-T G.993.2].

La BDR no está definida cuando no se utiliza relleno. En ese caso, N_ERB varía de una notificación de errores a otra.

7.2.4 Identificación del ERB durante el estado de conexión

En cada cómputo de símbolos de sincronización indicado por la VTU-O, la VTU-R transmitirá un único ERB. Con cada ERB, la VTU-R transmitirá también el cómputo de símbolos de sincronización en sentido descendente (definido en la cláusula 7.3.2) como identificación del símbolo de sincronización en sentido descendente al que corresponde el ERB. La VTU-O indicará este tipo de cálculos de símbolos de sincronización utilizando los parámetros de control de identificación de tiempo siguientes:

- periodo de actualización de muestras de error (m);
- periodo de desplazamiento de muestras de error (z).

El periodo de actualización de muestras de error tiene el valor m si la muestra de error tiene que notificarse en cada m -ésimo símbolo de sincronización, es decir, en las posiciones de símbolos de sincronización con cálculos de símbolos de sincronización $SSC = m \times P + k$, donde P es cualquier número entero entre 0 y $\lfloor (N_SSC - 1 - k) / m \rfloor$ y k es el sobrante, que es un número entero entre 0 y $m-1$. Cuando el contador SSC vuelve a tomar el valor N_SSC-1 , el siguiente cómputo de símbolos de sincronización en el que se debe notificar el ERB es $SSC = k$ (este cómputo se obtiene fijando $P=0$).

La VTU-R fijará $k = 0$ para la primera notificación tras la petición de información de error de la VTU-O. Esta notificación se enviará para el primer símbolo de sincronización disponible con un cómputo SSC múltiplo de m tras la recepción de la petición de ERB (véase la cláusula 8.1). Si $z > 0$, la VTU-R incrementará k en 1 después de cada periodo de desplazamiento de muestras de error de z notificaciones, retornando a k en $m-1$.

Si $m = 1$, la VTU-R notificará cada símbolo de sincronización. El valor del periodo de actualización de muestras de error $m = 0$ es especial y se utilizará para indicar que la VTU-R debe detener la notificación de muestras de error. El periodo z de desplazamiento de muestras de error distinto de cero es válido únicamente para $m > 1$. El valor del periodo de desplazamiento de muestras de error $z = 0$ se utilizará si no hay que desplazar muestras de error y si $m = 1$.

NOTA 1 – Los parámetros m y z se deben seleccionar de forma que las muestras de error se notifiquen por lo menos una vez para todos los bits de la secuencia piloto tras cierto tiempo.

NOTA 2 – Por ejemplo, con $N_{SSC} = 1024$, $m = 3$ y la primera notificación enviada en el $SSC = 6$, las notificaciones están en los siguientes cómputos de símbolos de sincronización:

$m = 3$ y $z = 0$ entonces $SSC = 6, 9, \dots, 1020, 1023, 0, 3, 6, 9, \dots$

$m = 3$ y $z = 128$ entonces $SSC = 6, 9, \dots, 128 \times 3, 129 \times 3, 130 \times 3 + 1, 131 \times 3 + 1, \dots, 257 \times 3 + 1, 258 \times 3 + 2, 259 \times 3 + 2, \dots, 340 \times 3 + 2, 2, 5, \dots, 44 \times 3 + 2, 45 \times 3, 46 \times 3, 47 \times 3, \dots$

Los valores para los parámetros de control de identificación de tiempo se definen en el Cuadro 7-4.

Cuadro 7-4 – Valores de los parámetros de control de identificación de tiempo

Parámetro	Valores válidos para la VCE	Valores obligatorios que debe soportar la VTU-R
m	0, 1, 2, ..., 63, 64	Todos valores válidos
z	Si $m > 1$: 0, 2, ..., 254, 255, 256 Si $m \leq 1$: 0	Todos valores válidos

7.3 Requisitos de vectorización en sentido ascendente para la VTU-R

La VTU-R tiene que cumplir [UIT-T G.993.2], con las excepciones y requisitos adicionales incluidos en la presente Recomendación.

A fin de permitir que la VCE cumpla con las tareas descritas en la cláusula 6.1, la VTU-R tiene que soportar los requisitos que figuran en las cláusulas siguientes.

7.3.1 Alineamiento de símbolos

Bajo el control de la VCE, todas las VTU-R del grupo vectorizado utilizarán la misma separación entre portadoras y la misma velocidad de símbolo.

NOTA – La VCE puede controlar el alineamiento de símbolos desde diferentes líneas del grupo vectorizado en el punto de referencia U-O2 (definido en la Figura 5-4 de [UIT-T G.993.2]) ajustando el avance de temporización (TA) de esas líneas durante la inicialización (véase la cláusula 10).

7.3.2 Posición de los símbolos de sincronización

La VTU-R tendrá la capacidad de transmitir símbolos de sincronización como se define en la cláusula 10.2 de [UIT-T G.993.2]. La VTU-R transmitirá los símbolos de sincronización en las posiciones de tiempo asignadas por la VCE y comunicadas a la VTU-R durante la inicialización. La posición de tiempo de los símbolos de sincronización en sentido ascendente se define mediante un desplazamiento entre las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido ascendente y descendente.

El desplazamiento entre las posiciones de tiempo de los símbolos en sentido ascendente y descendente lo fija la VCE y se envía a la VTU-R en el mensaje O-SIGNATURE.

La VCE puede configurar todas las VTU-R en el grupo vectorizado para transmitir símbolos de sincronización en sentido ascendente en las mismas o en diferentes posiciones de tiempo para una o más VTU-R en el grupo vectorizado.

La VTU-R mantendrá un contador de símbolos de sincronización en sentido descendente (MODULO N_SSC) que cuenta permanentemente durante el estado de conexión. La VTU-R fijará el valor del contador del primer símbolo de sincronización en sentido descendente transmitido durante el estado de conexión al valor del campo First SSC de la primera instrucción Información de error recibida (véase el Cuadro 8-3). Antes de recibir la primera instrucción Información de error, el valor del contador de símbolos de sincronización en sentido descendente para el primer símbolo de sincronización en sentido descendente transmitido en el estado de conexión dependerá del fabricante.

NOTA – Esta configuración al inicio del estado de conexión sincroniza el contador de símbolos de sincronización en sentido descendente con la VTU-O/VCE (véase la cláusula 6.2.2).

7.3.3 Modulación de la secuencia piloto

La VTU-R debe tener la capacidad de modular una secuencia piloto en sentido ascendente especificada por la VCE en todas las subportadoras de los símbolos de sincronización en sentido ascendente durante la inicialización (véase la cláusula 10.3.4.1) y en los tonos sonda (véase la cláusula 3.2.10) de los símbolos de sincronización en sentido ascendente durante el estado de conexión. La secuencia piloto en sentido ascendente depende del fabricante, está determinada por la VCE con una longitud N_{pilot_us} y se envía a la VTU-R durante la inicialización en el mensaje O-SIGNATURE. Los bits de la secuencia piloto se indexan entre 0 y $N_{pilot_us} - 1$. El bit con índice 0 se transmitirá en primer lugar, seguido por el bit con el índice 1, hasta el bit con el índice $N_{pilot_us} - 1$. Si se habilita la "secuencia piloto de longitud múltiplo de 4" (véase la cláusula 10.2), entonces los valores válidos de N_{pilot_us} son todos múltiplos de 4 entre 8 y 512. En otro caso, los valores válidos de N_{pilot_us} serán todas potencias de 2 entre 8 y 512. La secuencia piloto se repetirá cíclicamente después de N_{pilot_us} bits, salvo para los casos en los que la secuencia piloto en sentido ascendente sea modificada por la VCE mediante el procedimiento definido en la cláusula 8.2.

La posición de tiempo de la secuencia piloto en sentido ascendente viene determinada por la VCE y se comunica a la VTU-R durante la inicialización mediante marcadores especiales (véase la cláusula 10.3.3.5). Las subportadoras de los símbolos de sincronización en sentido ascendente serán moduladas por los bits de la secuencia piloto en sentido ascendente correspondientes a la posición de tiempo de la secuencia piloto en sentido ascendente.

En el estado de conexión, la primera posición de símbolo de sincronización en sentido ascendente será como se indica en la cláusula 10.6.

La modulación de una secuencia piloto en los tonos sonda (véase la cláusula 3.2.10) de los símbolos de sincronización se define dependiendo de si los bits de trama de sincronización modulados en los tonos de prueba se fijan a 00 (si el bit de la secuencia piloto es CERO) o a 11 (si el bit de la secuencia piloto es UNO). En los tonos de un determinado símbolo de sincronización el bit de secuencia piloto tendrá una periodicidad de 10 tonos (considerando tanto los tonos sonda como los tonos de bandera).

Si se habilita la secuencia piloto que depende de la frecuencia (FDPS en sentido ascendente) mediante UIT-T G.994.1, se identificarán ocho secuencias con índices entre 0 y 7. Las secuencias piloto N.º (0,1,2,3,4,5,6,7) se modularán en los índices de tono $10n+(0,2,3,4,5,6,8,9)$ respectivamente. Las ocho secuencias piloto tendrán la misma longitud N_{pilot_us} . Todas las secuencias piloto se iniciarán en la misma posición de símbolo de sincronización.

Los bits de trama de sincronización modulados en tonos de bandera (véase la cláusula 3.2.6) se utilizarán para la transmisión de una bandera de sincronización como se define en la cláusula 10.5.3 de [UIT-T G.993.2]. La trama de sincronización se modulará en un símbolo de sincronización como se define en la cláusula 10.5 de [UIT-T G.993.2] (incluida la aleatorización de cuadrante de todas las subportadoras MEDLEY, independientemente de que sean tonos de bandera o tonos sonda).

7.4 Requisitos para el sistema de NT

La NT (véase la Figura 5-1) soportará la vectorización en sentido descendente.

7.4.1 Encapsulado Ethernet de capa 2 de los datos del canal de retorno

Si la VCE selecciona la utilización de este tipo de encapsulado, los datos del canal de retorno se encapsularán como se define en la presente cláusula.

En la NT, las muestras de error recortadas se envían en primer lugar desde la VTU-R al bloque funcional L2+ donde se encapsulan en el protocolo de transporte de capa 2 y se multiplexan en uno de los trenes de datos Ethernet en sentido ascendente (o Ethernet por ATM).

El encapsulado Ethernet se basa en [IEEE 802.3] y será como se describe en la presente cláusula.

El encapsulado de trama Ethernet de capa 2 constará de los campos siguientes:

- la dirección de destino MAC será la dirección MAC de la VCE;
- la dirección de origen MAC será la dirección MAC de la VTU-R;
- el campo longitud (como en el formato de trama MAC IEEE 802.3 [IEEE 802.3]);
- la codificación de cabecera de la PDU de LLC para el protocolo SNAP (3 bytes, AA-AA-03);
- la cabecera de la PDU SNAP que consta de UIT OUI 00-19-A7 de tres octetos y de una ID de protocolo de dos octetos de subtipo UIT 00-03 para un protocolo PRIVATE;
- los datos de cabida útil de protocolo (Line_ID, cómputo de símbolos de sincronización, código de segmento y datos del canal de retorno);
- relleno (solo para el último segmento siguiendo el formato de trama MAC IEEE 802.3 [IEEE 802.3]);
- la FCS normalizada de Ethernet de 4 bytes (FCS con el formato de trama Ethernet IEEE 802.3 [IEEE 802.3]).

El campo dirección MAC de la VCE comprenderá la dirección MAC de la VCE configurada por la VCE a través de O-PMS, véase la cláusula 10.5.2.1. Los datos de cabida útil del protocolo incluirán Line_ID (configurada por la VCE a través de O-PMS, véase la cláusula 10.5.2.1), el cómputo de símbolos de sincronización (definido en la cláusula 7.2.4), el código de segmento (definido en [UIT-T G.993.2]) y el ERB de datos de canal de retorno (definido en la cláusula 7.2.3). El campo longitud tendrá una longitud igual a la de los datos de cabida útil de protocolo, a la que se añade la longitud del encabezamiento LLC SNAP de 8 bytes, pero no excederá $1024+8=1032$. Si los datos de cabida útil de protocolo superan los 1024 bytes, el ERB de datos del canal de retorno se segmentará como se define en la cláusula 11.2.3.1 de [UIT-T G.993.2]. Para longitudes de los datos de cabida útil de protocolo menores o iguales a 1024 bytes, el ERB de datos de canal de retorno también puede segmentarse. En ese caso, cada segmento del ERB de datos de canal de retorno se encapsulará como Ethernet de capa 2, como se muestra en la Figura 7-9, no siendo el número de segmentos por ERB de datos del canal de retorno superior a 16.

El formato del ERB de datos de canal de retorno con encapsulamiento Ethernet se muestra en la Figura 7-9.

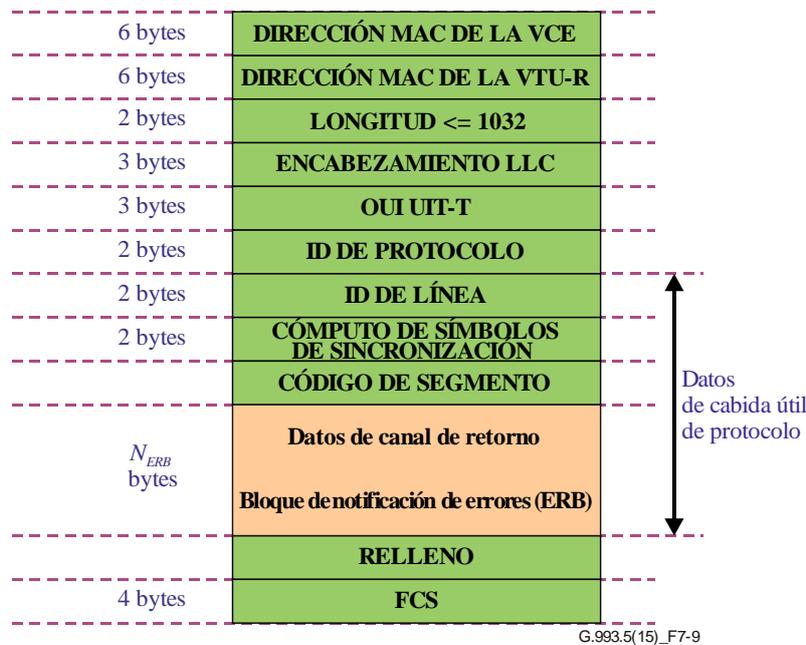


Figura 7-9 – Formato del encapsulado Ethernet de los mensajes de datos de canal de retorno

7.4.2 Encapsulado eoc de los datos de canal de retorno

Si la VCE selecciona utilizar este tipo de encapsulado, los datos de canal de retorno se comunicarán utilizando el protocolo eoc descrito en la cláusula 8.1.

8 Mensajes eoc específicos de la vectorización

La VME de la VTU-O y de la VTU-R utilizará las instrucciones eoc definidas en la presente cláusula para soportar la vectorización. Para las instrucciones y respuestas eoc relativas a la vectorización, tanto la VTU-O como la VTU-R utilizarán el protocolo eoc normalizado sobre comunicación de mensajes definido en la cláusula 11.2.2 de [UIT-T G.993.2] y el protocolo sobre instrucciones y respuestas definido en la cláusula 11.2.3 de [UIT-T G.993.2], salvo para el protocolo para la instrucción y las respuestas de información de error, que se definirán en la cláusula 8.1.

La lista de instrucciones eoc adicionales para facilitar la operación de las líneas vectorizadas se presenta en el Cuadro 8-1 (prioridad alta) y en el Cuadro 8-2 (prioridad normal).

Cuadro 8-1 – Instrucciones y respuestas de prioridad alta

Tipo de instrucción y valor asignado	Dirección de la instrucción	Contenido de la instrucción	Contenido de la respuesta
Información de error 0001 1000 ₂	De la VTU-O a la VTU-R	Solicitud de muestras de error para la banda vectorizada dada y con el formato dado	Muestras de error eoc encapsuladas y parámetros conexos, ACK o NACK

Cuadro 8-2 – Instrucciones y respuestas de prioridad normal

Tipo de instrucción y valor asignado	Dirección de la instrucción	Contenido de la instrucción	Contenido de la respuesta
Actualización de la secuencia piloto 0001 0001 ₂	De la VTU-O a la VTU-R	Solicitud de actualización de la secuencia piloto en sentido ascendente	Acuse de recibo

8.1 Mensajes eoc para la configuración del canal de retorno

La VME de la VTU-O utilizará la instrucción y las respuestas Información de error para obtener muestras de error recortadas a partir de la VME de la VTU-R y para las actualizaciones de los parámetros de control del canal de retorno. La instrucción (solicitud de muestras de error recortadas) solo la puede iniciar la VTU-O y utilizará el formato que se muestra en el Cuadro 8-3; la VTU-R responderá con muestras de error recortadas para las subportadoras solicitadas en el formato requerido, con ACK (si las muestras de error se comunican por el canal de retorno basado en L2) o con NACK. El NACK proporciona un código de rechazo que describe la razón de la denegación de la petición. Antes de enviar el NACK, la VME de la VTU-R suspenderá el envío de muestras de error recortadas hasta que reciba una nueva instrucción Información de error con un conjunto válido de parámetros de control de notificación de errores y de canal de retorno. La VTU-R utilizará el formato del mensaje de respuesta como se describe en el Cuadro 8-6 o en el Cuadro 8-7. Los códigos de rechazo serán los del Cuadro 8-8.

El primer octeto de las instrucciones y respuestas tendrá el valor asignado para el tipo de instrucción Información de error, como se muestra en el Cuadro 8-1. Los restantes octetos serán como se muestra en el Cuadro 8-3 para instrucciones y en los Cuadros 8-6 y 8-7 para respuestas. Los octetos de datos comunicados se harán corresponder utilizando el formato genérico descrito en la cláusula 11.2.3.1 de [UIT-T G.993.2].

La VTU-O envía una instrucción Información de error para solicitar que la VTU-R empiece a enviar muestras de error recortadas con parámetros particulares. La instrucción indica:

- el periodo de actualización de muestras de error (m);
- el periodo de desplazamiento de muestras de error (z);
- la gama de índices de subportadora que hay que considerar en la notificación (definida mediante bandas vectorizadas en sentido descendente);
- los parámetros de control de notificación de error (F_{sub} , F_{block} , $B_{mín}$, $B_{máx}$, L_w , etc.).

Al recibir la instrucción, la VTU-R empezará a enviar muestras de error recortadas (mensajes de datos Información de error definidos en el Cuadro 8-6 para el canal de retorno eoc y en el Cuadro 8-7 para el canal de retorno L2) o responderá con un NACK (como se define en el Cuadro 8-8). El primer mensaje de datos Información de error es un ACK de que se ha admitido la instrucción Información de error. Si es preciso se pueden enviar más mensajes de datos Información de error (como mensajes eoc subsiguientes o como paquetes Ethernet L2). La transmisión de mensajes de datos Información de error será inducida por cualesquiera cómputos de símbolos de sincronización de actualización de muestras de error solicitado en la instrucción Información de error (periodo de actualización y periodo de desplazamiento). Si el periodo de actualización es mayor que 1, la VTU-R actualizará las muestras de error en los cómputos exactos de símbolos de sincronización indicados por la VTU-O.

No se acusará recibo para los mensajes de datos Información de error. Si el mensaje de datos Información de error excede los 1024 bytes, se segmentará como se indica en la cláusula 11.2.3.1 de [UIT-T G.993.2] con un número máximo de segmentos no mayor de 16; los segmentos se enviarán sin esperar un IACK. La VTU-R no retransmitirá mensajes de datos Información de error o sus segmentos. Si la VTU-O no recibe la respuesta (ACK), puede enviar otra instrucción Información de error, probablemente con parámetros de control diferentes. La VTU-R seguirá enviando mensajes de datos Información de error mientras espera un indicador de sincronización Syncflag después de una instrucción OLR. Si durante el periodo de tiempo asignado para enviar un determinado mensaje de datos Información de error el canal eoc está ocupado con otro mensaje de alta prioridad (por ejemplo, instrucción OLR), la VTU-R suprimirá este mensaje de datos Información de error y continuará con el siguiente mensaje de datos Información de error.

Al inicio del estado de conexión, la VTU-R no enviará muestras de error recortadas hasta que reciba una instrucción Información de error con un conjunto válido de parámetros de control de notificación de error y de canal de retorno. Para iniciar la comunicación de muestras de error recortadas, la VTU-O enviará una instrucción eoc de configuración del canal de retorno en el primer segundo del estado de conexión. Para detener la comunicación de muestras de error recortadas, la VTU-O enviará una instrucción Información de error que incluye una configuración de canal de retorno especial (es decir, periodo de actualización de muestras de error $m = 0$, véase el Cuadro 8-3). Al recibir la instrucción, la VTU-R detendrá en primer lugar el envío de mensajes de datos Información de error y posteriormente responderá con un NACK.

Cuadro 8-3 – Instrucción Información de error transmitida por la VTU-O

Nombre	Longitud (octetos)	Número de octeto	Contenido
Solicitud de Información de error	$9 + 5 \times N_{band}$ ($N_{band} \leq 8$)	2	01 ₁₆ (Nota 1)
		3 a 4	Primer SSC (véanse la cláusula 6.2.2, la cláusula 7.3.2 y la Nota 6)
		5	Periodo de actualización de muestras de error (m) (véanse la cláusula 7.2.4 y la Nota 2)
		6 a 7	Periodo de desplazamiento de muestras de error (z) (véanse la cláusula 7.2.4 y la Nota 3)
		8 a $8 + 3 \times N_{band}$	Descriptor de bandas vectorizadas (véanse el Cuadro 12-18 de [UIT-T G.993.2], Nota 4)
		$9 + 3 \times N_{band}$ a $9 + 5 \times N_{band}$	Descriptor de configuración de notificación de error (Nota 5)
<p>NOTA 1 – Todos los valores están reservados por el UIT-T.</p> <p>NOTA 2 – El periodo de actualización de muestras de error (m) se representará mediante un número entero sin signo.</p> <p>NOTA 3 – El periodo de desplazamiento de muestras de error (z) se representará mediante un número entero sin signo.</p> <p>NOTA 4 – El valor de N_{band} se define como el octeto 1 del descriptor de bandas de UIT-T G.993.2.</p> <p>NOTA 5 – Este descriptor define N_{band} conjuntos de parámetros de notificación de muestras de error definidos en la cláusula 7.2.2 para cada banda vectorizada en sentido descendente (2 octetos por banda). Utilizará el formato definido en el Cuadro 8-4.</p> <p>NOTA 6 – El valor del primer SSC será el mismo para todas las instrucciones Información de error después de entrar en el estado de conexión.</p>			

Cuadro 8-4 – Descriptor de configuración de notificaciones de error

Parámetro	Bit	Número de octeto	Descripción
<i>N_band</i>	[7:4]	0	Número de bandas vectorizadas configuradas en la gama 1 a 8 representado por un número entero sin signo.
<i>padding</i>	3		Definido en la cláusula 7.2.2.
Reservado por el UIT-T	2		Se fijará a 0 ₂ .
<i>F_block</i>	[1:0]		Tamaño de bloque, codificado como (véase la Nota): $00_2 - F_block = \left\lceil \frac{N_carrier}{F_sub} \right\rceil$ $01_2 - F_block = 1$ $10_2 - F_block = 32$ $11_2 - \text{Reservado su uso por el UIT-T}$
Parámetros para la banda vectorizada 1		1-2	Véase el Cuadro 8-5.
.....		
Parámetros para la banda vectorizada <i>N_band</i>		$2 \times N_band - 1$ a $2 \times N_band$	Véase el Cuadro 8-5.

NOTA – Si está codificado como 01₂ o 10₂, *F_block* tiene el mismo valor para todas las bandas vectorizadas. Si está codificado como 00₂, *F_block* puede tener un valor diferente para cada banda vectorizada en función del número de subportadoras (*N_carrier*) y del submuestreo (*F_sub*).

Cuadro 8-5 – Parámetros de control de las bandas vectorizadas

Parámetro	Bits	Número de octeto	Descripción
<i>F_sub</i>	[7:4]	0	Velocidad de submuestreo <i>F_sub</i> definida en la cláusula 7.2.2, estando log ₂ (<i>F_sub</i>) representado por un número entero sin signo.
<i>L_w</i>	[3:0]		Longitud de la muestra de error recortada en representación comprimida como se define en la cláusula 7.2.2, estando <i>L_w</i> representado por un número entero sin signo.
<i>B_mín</i>	[7:4]	1	Parámetro <i>B_mín</i> definido en la cláusula 7.2.2, estando <i>B_mín</i> representado por un número entero sin signo.
<i>B_máx</i>	[3:0]		Parámetro <i>B_máx</i> definido en la cláusula 7.2.2, estando <i>B_máx</i> representado por un número entero sin signo.

Cuadro 8-6 – Respuesta a Información de error transmitida por la VTU-R para el canal de retorno eoc

Nombre	Longitud (octetos)	Número de octeto	Contenido
Datos Información de error/ACK	$5 + N_{ERB}$	2	80_{16} (véase la Nota 1).
		3-4	Cómputo de símbolos de sincronización (SSC) representado como un número entero sin signo en la gama definida en la cláusula 7.3.2 (véase la Nota 2).
		5	Código de segmento (SC), representado como se define en la cláusula 11.2.3.3 de [UIT-T G.993.2].
		6 a $5 + N_{ERB}$	Datos del canal de retorno, representados con N_{ERB} octetos como se define en la cláusula 7.2.3 (véase la Nota 3).
NACK	3	2	81_{16} (véase la Nota 1).
		3	1 octeto por código de motivo (véase el Cuadro 8-8).
<p>NOTA 1 – Los valores restantes para este octeto están reservados por el UIT-T.</p> <p>NOTA 2 – Este campo identifica el símbolo de sincronización en sentido descendente para el que se notifican las muestras de error recortadas.</p> <p>NOTA 3 – Este campo trasportará el ERB utilizando el formato descrito en la cláusula 7.2.3.</p>			

Cuadro 8-7 – Respuesta a la Información de error transmitida por la VTU-R para el canal de retorno L2

Nombre	Longitud (octetos)	Número de octeto	Contenido
ACK	6	2	80_{16} (véase la Nota 1).
		3-4	Ambos octetos se fijarán a 00_{16} .
		5	El octeto se fijará a 11000000_2 (véase la Nota 2).
		6	El octeto se fijará a 00_{16} (véase la Nota 3).
NACK	3	2	81_{16} (véase la Nota 1).
		3	1 octeto por código de motivo (véase el Cuadro 8-8).
<p>NOTA 1 – Los valores restantes para este octeto están reservados por el UIT-T.</p> <p>NOTA 2 – Este valor corresponde al código de segmento de un mensaje eoc no segmentado como se define en la cláusula 11.2.3.3 de [UIT-T G.993.2].</p> <p>NOTA 3 – Este campo servirá como ACK indicando que se ha aceptado la configuración del canal de retorno solicitada por la instrucción Información de error.</p>			

Cuadro 8-8 – Códigos de motivo NACK

Valor	Definición
01 ₁₆	Conjunto de parámetros de muestras de error no válido o formato de notificación de muestras de error recortadas.
02 ₁₆	La VTU-R detiene el envío de notificaciones de error a petición de la VCE.
NOTA – Los restantes códigos de motivo están reservados por el UIT-T.	

8.2 Instrucción y respuesta de actualización de secuencia piloto

La VME de la VTU-O utilizará la instrucción y respuesta actualización de secuencia piloto para forzar una actualización de la secuencia o secuencias piloto en sentido ascendente y comunicar las secuencias piloto actualizadas para la línea vectorizada (véase la cláusula 7.3.3) a la VME de la VTU-R. Se definen instrucciones separadas para la actualización de una única secuencia piloto (cuando se inhabilita la FDPS en sentido ascendente según UIT-T G.994.1) y para la actualización de ocho secuencias piloto en sentido ascendente (cuando se habilita la FDPS en sentido ascendente según UIT-T G.994.1). Estas instrucciones se muestran en el Cuadro 8-9 y solo pueden ser iniciadas por la VTU-O; la VTU-R responderá con ACK, utilizando el formato que se muestra en el Cuadro 8-10.

El primer octeto de la instrucción será el valor asignado para el tipo de instrucción actualización de secuencia piloto, como se muestra en el Cuadro 8-2. El segundo octeto y los siguientes serán como se muestra en el Cuadro 8-9 para instrucciones y en el Cuadro 8-10 para respuestas. Los octetos de datos se harán corresponder utilizando el formato descrito en la cláusula 11.2.3.1 de [UIT-T G.993.2].

La VCE puede actualizar las secuencias piloto en sentido ascendente utilizando el mensaje de actualización de secuencias piloto.

La longitud del mensaje de instrucción depende de la longitud de la secuencia piloto en sentido ascendente (N_{pilot_us} bits, véase la cláusula 7.3.3). Solo los bits de la secuencia piloto en sentido ascendente pueden modificarse durante el estado de conexión. La longitud recién asignada de la secuencia piloto en sentido ascendente será la misma que la de la secuencia piloto en sentido ascendente que se fijó en la inicialización.

Los bytes del mensaje de instrucción se definirán como se muestra en el Cuadro 8-9.

Cuadro 8-9 – Instrucciones de actualización de secuencia piloto transmitidas por la VTU-O

Nombre	Longitud (octetos)	Número de octeto	Contenido
Configuración de la secuencia piloto (FDPS inhabilitado mediante UIT-T G.994.1)	$3 + N_{pilot_us}/8$	2	01 ₁₆ para el cambio de secuencias piloto en sentido ascendente con FDPS en sentido ascendente inhabilitado mediante UIT-T G.994 (véase la Nota).
		3	01 ₁₆ si no se autoriza la interrupción de la secuencia piloto vigente en sentido ascendente; 02 ₁₆ si se autoriza la interrupción de la secuencia piloto vigente en sentido ascendente (véase la Nota).
		4 a $3 + \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$	Bits de la secuencia piloto en sentido ascendente, codificados como se define para el campo N.º 4 en el Cuadro 10-7.
Configuración de la secuencia piloto (FDPS habilitado mediante UIT-T G.994.1)	$11 + (N_{aips} + 1) \times \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$	2	02 ₁₆ para el cambio de secuencias piloto en sentido ascendente con FDPS en sentido ascendente habilitado mediante UIT-T G.994.1 (véase la Nota).
		3	01 ₁₆ si no se autoriza la interrupción de la secuencia piloto vigente en sentido ascendente; 02 ₁₆ si se autoriza la interrupción de la secuencia piloto vigente en sentido ascendente (véase la Nota).
		4 a $3 + \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$	Bits de la secuencia piloto en sentido ascendente, codificados como se define para el campo N.º 4 en el Cuadro 10-7.
		$4 + \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ a $11 + (N_{aips} + 1) \times \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$	Descriptor FDPS en sentido ascendente, definido en el Cuadro 10-9.
NOTA – Los valores restantes para este octeto están reservados por el UIT-T.			

El tercer octeto de la instrucción actualización de secuencia piloto define el instante en el que se producirá el cambio de la secuencia piloto en sentido ascendente:

- Si no se permite la interrupción de la secuencia piloto vigente en sentido ascendente (valor 01₁₆), el cambio de secuencia piloto en sentido ascendente se aplicará empezando por la siguiente posición de símbolo de sincronización una vez finalizada la secuencia piloto vigente en sentido ascendente, es decir, después del símbolo de sincronización que modula el último bit de la antigua secuencia piloto en sentido ascendente, el siguiente símbolo de sincronización modulará el primer bit de la nueva secuencia piloto en sentido ascendente.
- Si se permite la interrupción de la secuencia piloto vigente en sentido ascendente (valor 02₁₆), el cambio de secuencia piloto en sentido ascendente se puede producir en cualquier posición de símbolo de sincronización, es decir, después del símbolo de sincronización que modula el bit *i* de la antigua secuencia piloto en sentido ascendente, el siguiente símbolo de sincronización modulará el bit *i*+1 de la nueva secuencia piloto en sentido ascendente.

La única respuesta permitida de la VTU-R es acusar recibo de la instrucción, como se muestra en el Cuadro 8-10.

Cuadro 8-10 – Respuesta a la actualización de secuencia piloto transmitida por la VTU-R

Nombre	Longitud (octetos)	Número de octeto	Contenido
ACK	2	2	80 ₁₆ (véase la Nota)
NACK	3	2	81 ₁₆ (véase la Nota)
		3	1 octeto para el código de motivo (véase el Cuadro 8-11)
NOTA – Los valores restantes para este octeto están reservados por el UIT-T.			

Cuadro 8-11 – Códigos de motivo NACK

Valor	Definición
01 ₁₆	Conjunto de parámetros no válido
NOTA – Los restantes códigos de motivo están reservados por el UIT-T.	

Si la instrucción actualización de secuencia piloto actualiza la secuencia o secuencias piloto en sentido ascendente, la VTU-R aplicará el cambio únicamente después de enviar el mensaje ACK. Si se permite la interrupción de las secuencias piloto vigentes, se producirá la actualización lo antes posible, dentro de los 200 ms siguientes al envío del mensaje ACK.

El diagrama de temporización de la instrucción eoc de secuencia piloto y de la respuesta se muestra en la Figura 8-1.

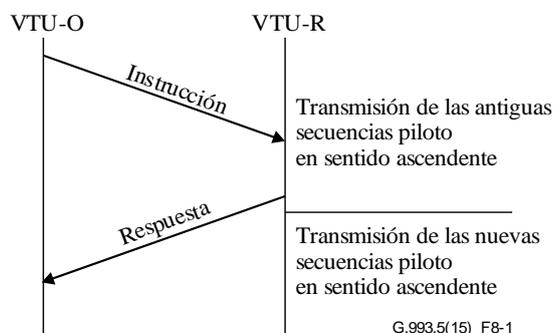


Figura 8-1 – Diagrama de temporización de la instrucción actualización de secuencia piloto y de la respuesta

8.3 Instrucciones y respuestas de gestión de potencia

Se utilizarán las mismas instrucciones y respuestas de gestión de potencia que las definidas en la cláusula 11.2.3.9 de [UIT-T G.993.2]. Los procedimientos de apagado ordenado descritos en las cláusulas 11.2.3.9.1 y 11.2.3.9.2 de [UIT-T G.993.2] se modificarán de conformidad con la presente cláusula.

8.3.1 Petición L3 por la VTU-R (sustituye la cláusula 11.2.3.9.1 de [UIT-T G.993.2])

Al recibir la instrucción petición L3, la VTU-O que responde enviará una respuesta de aceptación o de rechazo. El estado de enlace propuesto tendrá el formato 03₁₆ para el estado de enlace L3. Si se recibe cualquier otro estado de enlace, se enviará la respuesta de rechazo con el código de motivo 02₁₆.

La VTU-O puede rechazar una petición para modificar el estado de enlace L3 utilizando el código de motivo 01₁₆ debido a que está temporalmente ocupado, o rechazarlo utilizando el código 03₁₆ porque tiene el conocimiento local de que el estado L3 no se desea en ese instante.

Cuando la VTU-R recibe la respuesta de aceptación, la VTU-R pasará del estado R-SHOWTIME al estado R-SILENT (véase la Figura 12-3). Al entrar en el estado R-SILENT, la VTU-R no cambiará inmediatamente la impedancia de entrada vista desde la línea en el punto de referencia U-R2.

Cuando la VTU-O detecta que la VTU-R ha detenido la transmisión (debido a que la VTU-R ha pasado al estado R-SILENT), la VTU-O pasará del estado O-SHOWTIME al estado O-DEACTIVATING.

Controlada por la VCE, la VTU-O pasará del estado O-DEACTIVATING al estado O-SILENT.

Cuando la VTU-R detecta que la VTU-O ha detenido la transmisión (debido a que la VTU-O ha pasado al estado O-DEACTIVATING o al estado O-SILENT), la VTU-R puede cambiar las características del trayecto de transmisión. Sin embargo, en aras a la estabilidad de la vectorización del grupo vectorizado, la VTU-R debería mantener aproximadamente la impedancia de entrada vista desde la línea en el punto de referencia U-R2.

8.3.2 Petición L3 por la VTU-O (sustituye la cláusula 11.2.3.9.2 de [UIT-T G.993.2])

Al recibir la instrucción petición L3, la VTU-R que responde enviará una respuesta de aceptación o de rechazo. El estado de enlace propuesto tendrá el formato 03₁₆ para el estado de enlace L3. Si se recibe cualquier otro estado de enlace, se enviará la respuesta de rechazo con el código de motivo 02₁₆.

La VTU-R puede rechazar una petición para modificar el estado de enlace L3 utilizando el código de motivo 01₁₆ debido a que está temporalmente ocupado, o rechazarlo utilizando el código 03₁₆ porque tiene el conocimiento local de que el estado L3 no se desea en ese instante.

Cuando la VTU-O recibe la respuesta de aceptación, la VTU-O pasará del estado O-SHOWTIME al estado O-DEACTIVATING. En el estado O-DEACTIVATING, la VTU-O no cambiará inmediatamente la impedancia de entrada vista desde la línea en el punto de referencia U-O2.

Controlada por la VCE, la VTU-O pasará del estado O-DEACTIVATING al estado O-SILENT. Al entrar en el estado O-SILENT, la VTU-O seguirá sin cambiar la impedancia de entrada vista desde la línea en el punto de referencia U-O2.

Cuando la VTU-R detecta que la VTU-O ha detenido la transmisión (debido a que la VTU-O ha pasado al estado O-DEACTIVATING o al estado O-SILENT), la VTU-R pasará del estado R-SHOWTIME al estado R-SILENT.

Cuando la VTU-O detecta que la VTU-R ha detenido la transmisión (debido a que la VTU-R ha pasado al estado R-SILENT), la VTU-O puede cambiar las características del trayecto de transmisión. Sin embargo, en aras a la estabilidad de la vectorización del grupo vectorizado, la VTU-O debería mantener aproximadamente la impedancia de entrada vista desde la línea en el punto de referencia U-O2.

9 Activación y desactivación de pares en un grupo vectorizado

La activación de una línea en un grupo vectorizado se logra mediante el procedimiento de inicialización definido en la cláusula 10.

La desactivación de una línea del sistema vectorizado también requiere un procedimiento ordenado. Si la línea a desactivar se utiliza en la cancelación FEXT en sentido ascendente o descendente, la calidad de funcionamiento del sistema vectorizado puede verse afectada por una desconexión brusca. Los procedimientos para un "evento de apagado ordenado" y para un "evento de apagado en desorden" se describen en la presente cláusula.

9.1 Evento de apagado ordenado

El evento de apagado ordenado consta de una transición de gestión de potencia al estado de línea L3. Las instrucciones de gestión de potencia y las respuestas conexas se definen en la cláusula 8.3.

9.2 Evento de apagado en desorden

Al detectar un defecto *los* de extremo cercano (véase la cláusula 11.3.1.3 de [UIT-T G.993.2]), la VTU-O pasará del estado O-SHOWTIME al estado O-DEACTIVATING.

Controlada por la VCE, la VTU-O pasará del estado O-DEACTIVATING al estado O-SILENT.

NOTA – Si los errores en otras líneas en el grupo vectorizado son aceptables, una técnica alternativa y/o adicional para el apagado de la señal transmitida es la actualización rápida de los coeficientes. Esto puede realizarse de la manera siguiente: cuando se detecta un evento de apagado en desorden (DSE) u otro evento en desorden en la línea, las VTU-O de las otras líneas enviarán una petición de información de error de preferencia utilizando un canal eoc robusto a sus VTU-R. Las VTU-R entonces deben facilitar las muestras de error solicitadas a las respectivas VTU-O en el canal de realimentación de vectorización. Al recibir las muestras de error, la VCE solo tiene que estimar los coeficientes de canal cambiados, es decir, los coeficientes de canal asociados con la línea objeto del DSE, para actualizar una estimación de todo el canal. Esto se puede realizar utilizando muestras de error correspondientes a solo unos pocos símbolos de sincronización. Entonces, la VCE utiliza la estimación del canal actualizada, que incluye los coeficientes del canal cambiado y estimado y los coeficientes de canal sin modificación, para actualizar el precodificador. La duración del periodo con errores, antes de la actualización del precodificador usando este mecanismo rápido de actualización, tiene una longitud aproximada de pocas subtramas y, por tanto, puede evitar que las otras líneas se reacondicionen debido al DSE.

10 Inicialización de un grupo vectorizado

Esta cláusula define la inicialización de un grupo vectorizado.

10.1 Visión general

El procedimiento de inicialización descrito en la presente cláusula se basa en la inicialización de UIT-T G.993.2 a la que se ha añadido la estimación de canales FEXT. El modo final de funcionamiento vectorizado (es decir, vectorización en sentido descendente y ascendente o vectorización solo en sentido descendente) se determina durante la fase de inicialización de UIT-T G.994.1.

La Figura 10-1 muestra una visión general del procedimiento de inicialización para ambos sentidos ascendente y descendente. En la presente Recomendación, se adoptan las fases de inicialización de UIT-T G.993.2 con algunas modificaciones en los mensajes SOC y con la adición de señales de inicialización para la estimación de canales FEXT. Las señales de inicialización añadidas a la fase de búsqueda de canales y a la fase de acondicionamiento de UIT-T G.993.2 se muestran en la Figura 10-1.

Si se inicializan varias líneas simultáneamente, los procedimientos de inicialización de esas líneas deben alinearse en el tiempo, de forma que todas las líneas pasen simultáneamente las fases relativas a la vectorización (véanse las cláusulas 10.3.3.6 y 10.4.3.9).

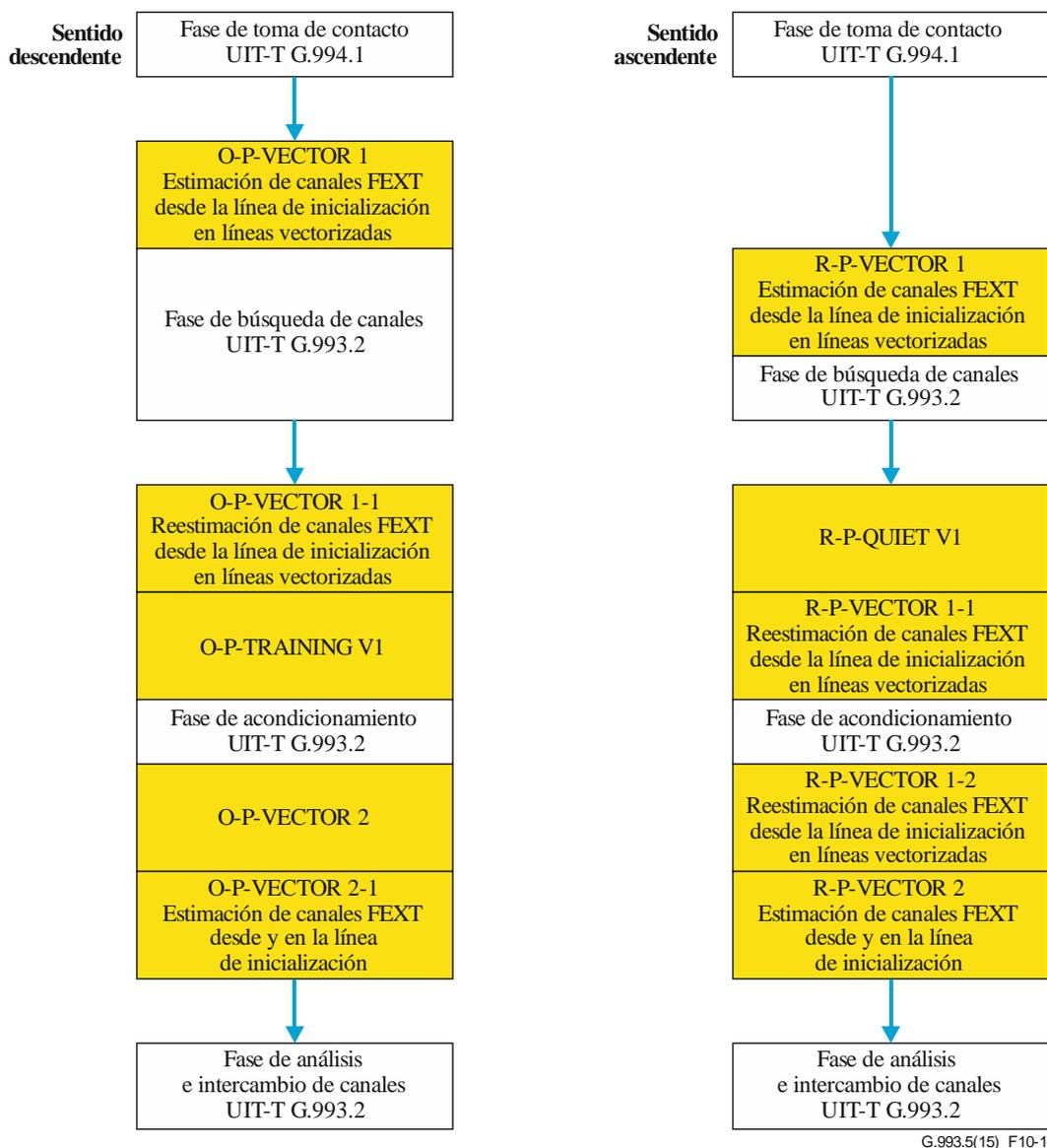


Figura 10-1 – Visión general de la inicialización UIT-T G.993.5

En el sentido descendente, al principio de la fase de búsqueda de canales, la VTU-O de la línea de inicialización transmite la señal OP-VECTOR 1 que incluye símbolos de sincronización modulados por la secuencia piloto y que está alineada con símbolos de sincronización de líneas vectorizadas, véase la Figura 10-2. La señal O-P-VECTOR 1 permite a la VCE estimar los canales FEXT de las líneas de inicialización en líneas vectorizadas. La VCE estima estos canales FEXT a partir de las muestras de error recortadas de las VTU-R de las líneas vectorizadas y habilita la precodificación en las VTU-O de esas líneas vectorizadas para cancelar la FEXT de las líneas de inicialización en esas líneas vectorizadas durante el resto de la inicialización de las líneas de inicialización.

Al empezar la fase de acondicionamiento, la VTU-O de inicialización transmitirá la señal O-P-VECTOR 1-1 que es la misma que O-P-VECTOR 1 y permite a la VCE actualizar las estimaciones de canal FEXT en sentido descendente de las líneas de inicialización en las líneas vectorizadas, antes de pasar a la fase de acondicionamiento de UIT-T G.993.2.

Después de la fase de acondicionamiento de UIT-T G.993.2, la VTU-O transmite la señal O-P-VECTOR 2, seguida de la señal O-P-VECTOR 2-1, incluyendo ambos símbolos de sincronización modulados por la secuencia piloto y símbolos ordinarios que portan el SOC, véase la Figura 10-3. Durante la transmisión de O-P-VECTOR 2-1, la VCE estima los canales FEXT de todas las líneas vectorizadas en cada línea de inicialización y viceversa. Finalmente, al final de la transmisión de O-P-VECTOR 2-1, la VCE estima toda la matriz de canales FEXT, incluidos los coeficientes FEXT de la línea de inicialización en las líneas vectorizadas y los coeficientes FEXT de las líneas vectorizadas en cada línea de inicialización. En este punto se completa el proceso de inicialización y se pueden incluir las líneas de inicialización en la operación de precodificación. Una vez completada la transmisión de O-P-VECTOR 2-1, la VTU-O de la línea de inicialización pasa a la fase de análisis e intercambio de canales para la estimación de la relación señal/ruido (SNR) y la determinación de la carga de bits que ha de utilizarse durante el estado de conexión.

En el sentido ascendente, a fin de evitar una FEXT excesiva en las líneas vectorizadas, la VTU-R de una línea de inicialización, tras detectar el mensaje O-SIGNATURE en la fase de búsqueda de canales, empieza transmitiendo una señal R-P-VECTOR 1, que tiene el mismo formato que O-P-VECTOR 1, véase la Figura 10-2. Durante la transmisión de R-P-VECTOR 1, la VCE estima los canales FEXT de las líneas de inicialización en todas las líneas vectorizadas, y permite que las VTU-O de las líneas vectorizadas cancelen la FEXT en las líneas de inicialización durante el resto de la inicialización de las líneas de inicialización. La VCE asigna la posición temporal de los símbolos de sincronización en sentido ascendente y de la secuencia piloto en sentido ascendente y se indican a la VTU-R en el mensaje O-SIGNATURE y mediante marcadores especiales añadidos a la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

Además, se pueden añadir al mensaje O-P-SIGNATURE otros parámetros opcionales para la reducción de potencia de transmisión durante la fase inicial en sentido ascendente (R-P-VECTOR 1). La reducción de potencia de transmisión en sentido ascendente se puede utilizar para reducir la diafonía de las señales R-P-VECTOR 1 en líneas no vectorizadas que funcionan en el mismo grupo y proporciona una atenuación plana de la PSD de transmisión en sentido ascendente de R-P-VECTOR 1 además de la reducción de potencia normalizada en sentido ascendente que se define en [UIT-T G.993.2].

NOTA 1 – Los parámetros a y b que determinan la máscara PSD limitante en sentido ascendente (UPBOMASK, véase la cláusula 7.2.1.3.2.2 de [UIT-T G.993.2]) son suministrados por el operador por la CO-MIB como se especifica en [UIT-T G.997.1]. El operador puede suministrar o permitir valores por defecto de a y b que sean diferentes de los valores concretos de las regiones geográficas definidos en [UIT-T G.993.2] (por ejemplo, Anexos A.2.3, B.3, y C.2.1.4), y permitir así PSD más elevadas en sentido ascendente, puesto que la FEXT en sentido ascendente se reduce mediante la cancelación de la diafonía. Una vez aplicada la UPBO (durante la inicialización), la VTU-R puede volver a ajustar su PSD de transmisión (siempre que siga por debajo de UPBOMASK) durante el estado de conexión a petición de la VTU-O, vía SRA, conforme a la cláusula 7.2.1.3.1 de [UIT-T G.993.2], para mejorar la calidad de funcionamiento en sentido ascendente (bajo el control de la VCE). El operador también puede ajustar los parámetros aplicados a y b mediante una nueva actualización.

Al principio de la fase de acondicionamiento, la VTU-R de inicialización transmitirá la señal R-P-VECTOR 1-1, que es la misma que R-P-VECTOR 1 y permite que la VCE actualice las estimaciones de canales FEXT en sentido ascendente de líneas de inicialización en líneas vectorizadas, antes de pasar a la fase de acondicionamiento de UIT-T G.993.2. La VTU-O transmite la señal O-P-TRAINING V1 como una señal temporal mientras la VTU-R transmite R-P-VECTOR 1-1.

La VTU-O asigna el valor inicial del avance de temporización que se comunica en O-SIGNATURE, a partir del conocimiento provisional de la longitud de la línea. Si el avance de temporización se reajusta posteriormente durante la fase de acondicionamiento, la estimación de canal FEXT en el sentido ascendente se actualizará al final de la fase de acondicionamiento para tener en cuenta cualquier cambio resultante en el canal FEXT (señal R-P-VECTOR 1-2 de la

Figura 10-1). La VTU-O transmite la señal O-P-VECTOR 2 como señal temporal mientras la VTU-R transmite R-P-VECTOR 1-2.

Al final de la fase de acondicionamiento, la VTU-R transmite R-P-VECTOR 2, que incluye símbolos de sincronización modulados por la secuencia piloto y símbolos ordinarios que portan el SOC. Durante la transmisión de R-P-VECTOR 2, la VCE estima los canales FEXT de todas las líneas vectorizadas en las líneas de inicialización y viceversa. Finalmente, al final de la transmisión de R-P-VECTOR 2, la VCE estima la totalidad de la matriz de canales FEXT, incluidos los coeficientes provenientes de las líneas de inicialización en líneas vectorizadas y los coeficientes de las líneas vectorizadas en líneas de inicialización. En este punto se ha completado el proceso de inicialización y las líneas de inicialización son miembros activos del grupo vectorizado. Una vez completada la transmisión de R-P-VECTOR 2, la VTU-R pasa a la fase de análisis e intercambio de canales para la estimación de la SNR y la determinación de la carga de bits que se ha de utilizar durante el estado de conexión.

Durante la transmisión de R-P-VECTOR 2, se pueden fijar los parámetros SOC para proporcionar mayor velocidad al SOC, que es necesaria para transportar las muestras de error recortadas desde la VTU-R a la VTU-O. Puesto que tanto la VTU-O como la VTU-R han pasado la fase de acondicionamiento, se puede reducir el número de repeticiones en el SOC (como se hace en [UIT-T G.993.2] durante la fase de análisis e intercambio de canales). Esto facilitará un canal de retorno rápido que es necesario para una estimación rápida de los canales FEXT de las líneas vectorizadas en la línea de inicialización.

Las Figuras 10-2 y 10-3 muestran cómo se alinean las posiciones de los símbolos de sincronización por las secuencias piloto durante las señales de inicialización O-P-VECTOR y R-P-VECTOR; los símbolos de sincronización en sentido descendente de todas las líneas se sincronizan en su momento y los símbolos de sincronización en sentido ascendente de todas las líneas se sincronizan en su momento. Durante la inicialización se fija un desplazamiento temporal de uno o más símbolos entre los símbolos de sincronización en sentido ascendente y descendente (véase la cláusula 10.3.2.1).

NOTA 2 – En algunas implementaciones, el trayecto de transmisión de una VTU de inicialización puede cambiar durante la fase de búsqueda. La actualización del canal FEXT en sentido descendente y en sentido ascendente permite detectar cualquier cambio conexo de la FEXT generado en las líneas vectorizadas. Cualesquiera cambios en el trayecto de transmisión del extremo frontal analógico (AFE) anteriores a la transmisión de O-P-VECTOR 1-1 o de R-P-VECTOR 1-1 pueden incrementar la FEXT generada por la línea de inicialización desde el instante del cambio hasta el inicio de O-P-VECTOR 1-1 o de R-P-VECTOR 1-1. Por consiguiente, las implementaciones deben minimizar las modificaciones en el AFE durante la fase de búsqueda de canales.

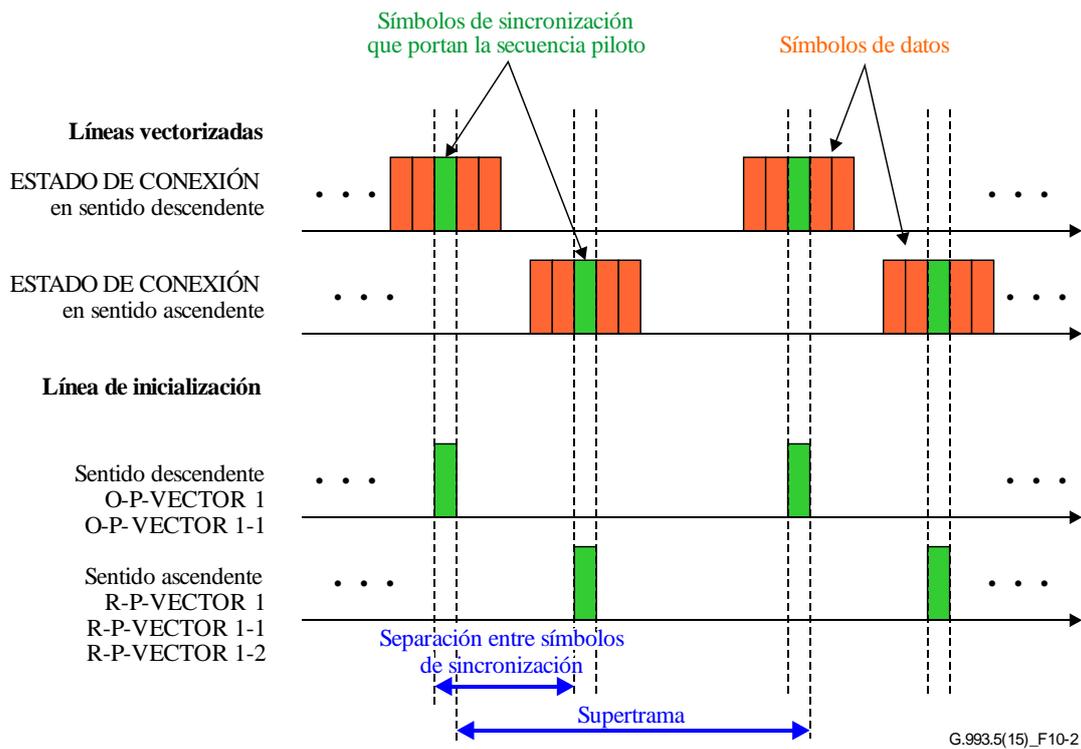


Figura 10-2 – Temporización de la señal en los sentidos ascendente y descendente (señales O-P-VECTOR 1 y R-P-VECTOR 1)

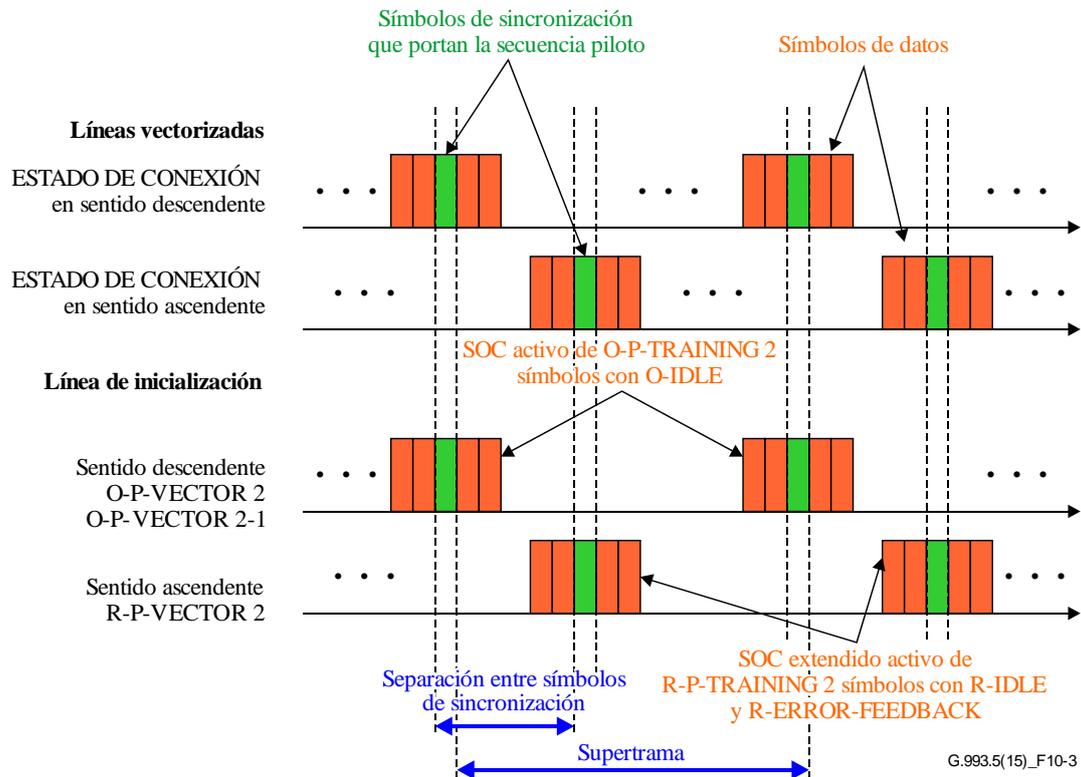


Figura 10-3 – Temporización de la señal en los sentidos ascendente y descendente (señales O-P-VECTOR 2 y R-P-VECTOR 2)

A continuación se describen con mayor detalle las diversas fases del procedimiento de inicialización.

10.2 Fase de toma de contacto UIT-T G.994.1

El procedimiento de inicialización se inicia con la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1. Durante esta fase, la VTU-O y la VTU-R intercambiarán sus capacidades de extensión además de los parámetros comunicados en una fase de toma de contacto ordinaria, como se define en [UIT-T G.993.2]. La VTU-O deberá soportar la vectorización en sentido descendente y podrá soportar la vectorización en sentido ascendente. La VTU-R deberá soportar la vectorización en sentido descendente y deberá soportar la vectorización en sentido ascendente. Basándose en estas capacidades se determina el modo final del funcionamiento vectorizado (es decir, la vectorización en sentido descendente y en sentido ascendente o la vectorización solo en sentido descendente) durante la fase de inicialización UIT-T G.994.1 (véanse los Cuadros 11.68.0.1 y 11.68.10 de [UIT-T G.994.1] y los Cuadros 7-a/b/c/d).

Antes de la transmisión del mensaje MS, la VTU-O verificará si todas las condiciones siguientes son VERDADERAS (Nota 1):

- el bit 0 del parámetro VECTORMODE_ENABLE de CO-MIB está fijado a 0;
- el bit NPar(2) del Anexo X "Funcionamiento de UIT-T G.993.2 respetuoso con UIT-T G 993.5 en el sentido descendente" está fijado a CERO en el mensaje CL o en el mensaje CLR;
- el bit NPar(2) del Anexo Y "Funcionamiento de UIT-T G.993.2 totalmente respetuoso con UIT-T G 993.5" está fijado a CERO en el mensaje CL o en el mensaje CLR;
- el bit SPar(2) de "UIT-T G.993.5" está fijado a CERO en el mensaje CL o en el mensaje CLR.

Si son VERDADERAS todas las condiciones anteriores, la VTU-O se asegurará de que se fija a CERO el bit SPar(1) de "UIT-T G.993.2" en el último mensaje MS transmitido antes del procedimiento de liberación UIT-T G.994.1 (Nota 2). En otro caso, se deberá negociar el modo de funcionamiento únicamente sobre la base de las capacidades habilitadas de la VTU-O y de la VTU-R indicadas en los mensajes CL y CLR, respectivamente, como se define en el Anexo X de [UIT-T G.993.2], en el Anexo Y de [UIT-T G.993.2] y en la presente cláusula.

NOTA 1 – La verificación de estas condiciones es para que la VTU-O garantice que la línea no se inicializará en el modo "UIT-T G.993.2 sin que estén habilitados ni el Anexo X ni el Anexo Y" si este modo no está autorizado en la CO-MIB.

NOTA 2 – Puede ser preciso el uso de la transacción ampliada A:B de UIT-T G.994.1 definida en el Cuadro 14 de [UIT-T G.994.1].

La VCE obligará a la VTU-O a fijar la separación entre subportadoras y la velocidad de símbolos en la línea de inicialización al mismo valor que el utilizado en otras líneas vectorizadas.

NOTA 3 – Se consigue la misma velocidad de símbolos entre todas las líneas del grupo vectorizado fijando la misma proporción entre el tamaño de la IDFT y la longitud de CE en las muestras para el sentido ascendente y el descendente.

NOTA 4 – Durante la fase de toma de contacto, la VTU-O selecciona el valor de CE partir de los valores soportados indicados por la VTU-O y la VTU-R. Únicamente el valor $CE = 5 \times N/32$ (donde $2 \times N$ es el tamaño de la IDFT) es obligatorio. En ausencia de otra información sobre las capacidades de CE de la VTU-R, este será el único valor que se garantiza que será soportado por una nueva línea de inicialización.

**Cuadro 10-1 – Definiciones de los bits SPar(2)
y NPar(3) del mensaje CL de la VTU-O**

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits SPar(2)
UIT-T G.993.5	Este bit se fijará a UNO, si y solo si la VTU-O soporta UIT-T G.993.5 y UIT-T G.993.5 está permitida por la CO-MIB (es decir, el bit 3 de VECTORMODE_ENABLE se fija a 1, véase la cláusula 7.3.1.13.9 de [UIT-T G.997.1]).
Bit NPar(3) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits NPar(3)
Vectorización en sentido descendente	Este bit se fijará a UNO, indicando que la VTU-O soporta la vectorización en sentido descendente.
Vectorización en sentido ascendente	Si se fija a UNO, este bit indica que la VTU-O soporta la vectorización en sentido ascendente. Si se fija a CERO, este bit indica que la VTU-O no soporta la vectorización en sentido ascendente.
Longitud de la secuencia piloto múltiplo de 4	Si se fija a UNO, este bit indica que la VTU-O soporta longitudes de secuencia piloto que son múltiplo de 4. Si se fija a CERO, este bit indica que la VTU-O solo soporta longitudes de secuencia piloto que son potencia de 2.
FDPS en sentido ascendente	Si se fija a UNO, este bit indica que la VTU-O soporta FDPS en sentido ascendente. Si se fija a CERO, este bit indica que la VTU-O no soporta FDPS en sentido ascendente.
Duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1	Si se fija a UNO, este bit indica que la VTU-O soporta la ampliación de la duración de O-P-VECTOR 1 a 8192 supertramas. Si se fija a CERO, este bit indica que la VTU-O no soporta la ampliación de la duración de O-P-VECTOR 1 a 8192 supertramas.
Uso solo de tonos bandera O-P-VECTOR 1	Si se fija a UNO, este bit indica que la VTU-O soporta solo el uso de tonos bandera O-P-VECTOR 1 (véase la cláusula 10.3.3.1). Si se fija a CERO, este bit indica que la VTU-O no soporta solo el uso de tonos bandera O-P-VECTOR 1. Si el bit "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1" se fija a CERO, entonces el bit "uso de tonos bandera O-P-VECTOR 1" se fijará también a CERO.

**Cuadro 10-2 – Definiciones de los bits SPar(2)
y NPar(3) del mensaje MS de la VTU-O**

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits SPar(2)
UIT-T G.993.5	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que ambas VTU deben pasar a la inicialización UIT-T G.993.5.
Bit NPar(3) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits NPar(3)
Vectorización en sentido descendente	Este bit se fijará a UNO para indicar la vectorización en sentido descendente.
Vectorización en sentido ascendente	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que está habilitada la vectorización en sentido ascendente. Si se fija a CERO, este bit indica que está inhabilitada la vectorización en sentido ascendente.
Longitud de secuencia piloto múltiplo de 4	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que está habilitada la "longitud de secuencia piloto múltiplo de 4". Si se fija a CERO, este bit indica que solo están habilitadas longitudes de secuencia piloto que son potencias de 2.
FDPS en sentido ascendente	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que está habilitada la FDPS en sentido ascendente. Si se fija a CERO, este bit indica que está inhabilitada la FDPS en sentido ascendente.
Duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que está habilitada la "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1". Si se fija a CERO, este bit indica que está inhabilitada la "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1".
Uso solo de tonos bandera de O-P-VECTOR 1	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que está habilitado el "uso solo de tonos bandera de O-P-VECTOR 1". Si se fija a CERO, este bit indica que está inhabilitado el "uso solo de tonos bandera de O-P-VECTOR 1".

Cuadro 10-3 – Definiciones de los bits SPar(2) y NPar(3) del mensaje CLR de la VTU-R

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits SPar(2)
UIT-T G.993.5	Este bit se fijará a UNO si y solo si la VTU-R soporta UIT-T G.993.5.
Bit NPar(3) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits NPar(3)
Vectorización en sentido descendente	Este bit se fijará a UNO para indicar que la VTU-R soporta la vectorización en sentido descendente.
Vectorización en sentido ascendente	Este bit se fijará a UNO para indicar que la VTU-R soporta la vectorización en sentido ascendente.
Longitud de secuencia piloto múltiplo de 4	Si se fija a UNO, este bit indica que la VTU-R soporta longitudes de secuencia piloto que son múltiplo de 4. Si se fija a CERO, este bit indica que la VTU-R solo soporta longitudes de secuencia piloto que son potencia de 2.
FDPS en sentido ascendente	Si se fija a UNO, este bit indica que la VTU-R soporta FDPS en sentido ascendente. Si se fija a CERO, este bit indica que la VTU-R no soporta FDPS en sentido ascendente.
Duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1	Si se fija a UNO, este bit indica que la VTU-R soporta la ampliación de la duración O-P-VECTOR 1 a 8192 supertramas. Si se fija a CERO, este bit indica que la VTU-R no soporta la ampliación de la duración O-P-VECTOR 1 a 8192 supertramas.
Uso solo de tonos bandera de O-P-VECTOR 1	Si se fija a UNO, este bit indica que la VTU-R soporta el uso solo de tonos bandera O-P-VECTOR 1 (véase la cláusula 10.3.3.1). Si se fija a CERO, este bit indica que la VTU-R no soporta el uso solo de tonos bandera O-P-VECTOR 1. Si el bit "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1" se fija a CERO, entonces el bit "uso de tonos bandera O-P-VECTOR 1" se fijará también a CERO.

Cuadro 10-4 – Definiciones del bit SPar(2) y NPar(3) del mensaje MS de la VTU-R

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de bits SPar(2)
UIT-T G.993.5	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que ambas VTU deben pasar a la inicialización UIT-T G.993.5.
Bit NPar(3) de UIT-T G.994.1	Definición de bits NPar(3)
Vectorización en sentido descendente	Este bit se fijará a UNO para indicar la vectorización en sentido descendente.
Vectorización en sentido ascendente	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que está habilitada la vectorización en sentido ascendente. Si se fija a CERO, este bit indica que está inhabilitada la vectorización en sentido ascendente.
Longitud de secuencia piloto múltiplo de 4	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que está habilitada la "longitud de secuencia piloto múltiplo de 4". Si se fija a CERO, este bit indica que solo están habilitadas longitudes de secuencia piloto que son potencias de 2.
FDPS en sentido ascendente	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que está habilitada la FDPS en sentido ascendente. Si se fija a CERO, este bit indica que está inhabilitada la FDPS en sentido ascendente.
Duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que está habilitada la "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1". Si se fija a CERO, este bit indica que está inhabilitada la "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1".
Uso solo de tonos bandera de O-P-VECTOR 1	Este bit se fijará a UNO si y solo si se fijó a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior. Si se fija a UNO, este bit indica que está habilitado el "Uso solo de tonos bandera de O-P-VECTOR 1". Si se fija a CERO, este bit indica que está inhabilitado el "uso solo de tonos bandera de O-P-VECTOR 1".

10.2.1 Evitación de falsas inicializaciones en entornos con diafonía

La funcionalidad definida en esta cláusula evita que una VTU-O establezca comunicación con dos VTU-R. Esta comunicación daría lugar a que dos VTU-R envíen la misma secuencia piloto en sentido ascendente con resultados potencialmente negativos cuando la VCE analice la matriz de canales en sentido ascendente.

El soporte de esta funcionalidad es opcional para la VTU-O y también para la VTU-R. La funcionalidad, si está soportada, se implementará como se define en la presente cláusula.

En el campo identificación de UIT-T G.994.1, se definen dos parámetros para el intercambio de los ID de transceptor (véanse los Cuadros 9.14, 9.14.1.x, y 9.14.2.x de [UIT-T G.994.1]):

- SPar(2), ID de transceptor del extremo de red con un parámetro conexo NPar(3) de 30 bits;
- SPar(2), ID de transceptor del extremo distante con un parámetro conexo NPar(3) de 30 bits.

El ID de transceptor del extremo de red es el ID de la VTU-O. El ID de la VTU-O será generado por la VTU-O.

El ID de transceptor del extremo distante es el ID de la VTU-R. El ID de la VTU-R será generado por la VTU-R.

El ID de la VTU de 30 bits constará de dos partes:

- una primera parte (los MSB) derivada del número de serie y del ID del fabricante;
- una segunda parte (los LSB) que utiliza un generador de número aleatorio.

La primera parte tiene una longitud de 16 bits y se calculará como la secuencia de verificación de tramas (FCS) del control de enlace de datos de alto nivel (HDLC) de 16 bits, como se especifica en la cláusula 6.4.3 de [UIT-T G.997.1], del ID del fabricante de la VTU y del número de serie.

La FCS se calculará en todos los bits del ID del fabricante de la VTU seguidos del número de serie de la VTU.

La FCS se calculará empezando por el bit 1 (LSB) del octeto 1. Los octetos seguirán unos a otros en orden numérico ascendente. En un octeto, los bits seguirán unos a otros en orden numérico ascendente.

El registro utilizado para calcular la CRC se inicializará al valor FFFF₁₆.

El ID del fabricante de la VTU estará constituido por el código T.35 de país (2 octetos) seguido por el código del suministrador (4 octetos), como se indica en el bloque de información de ID de fabricante durante la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1 de la inicialización (véase el Cuadro 7 de [UIT-T G.994.1]).

NOTA – Se excluye la "información específica del fabricante" del bloque de información del ID del fabricante.

El número de serie de la VTU-O será el número de serie de la unidad transceptora de líneas de abonado digital G.997.1 X en la central (XTU-C) (véase la cláusula 7.4.7 de [UIT-T G.997.1]).

El número de serie de la VTU-R será el número de serie del equipo que es parte del número de serie de la unidad transceptora de líneas de abonado digital G.997.1 X en el extremo distante (XTU-R) (véase la cláusula 7.4.8 de [UIT-T G.997.1]).

NOTA – Se excluye el modelo del equipo y la versión de *firmware* del equipo que también forman parte del número de serie de la XTU-R G.997.1

La segunda parte tiene una longitud de 14 bits y la generará la VTU mediante un generador de números aleatorios que depende del fabricante. El número generado aleatoriamente cambiará de una sesión UIT-T G.994.1 a la siguiente.

Si el transceptor envía cualquiera de los mensajes enumerados en el Cuadro 10-5, ese mensaje incluirá los ID de transceptor enumerados en el Cuadro 10-5. La "M" indica "obligatorio", la "CO" indica "opcional bajo ciertas condiciones" y "CM" indica "obligatorio bajo ciertas condiciones", siendo la condición que se incluya el ID de transceptor de extremo lejano si y solo si se ha recibido en un mensaje anterior durante la misma sesión UIT-T G.994.1.

Cuadro 10-5 – ID de transceptor incluidos en UIT-T G.994.1 y mensajes de inicialización

	ID de VTU-O	ID de VTU-R
CLR	–	M
CL	M	CO
MP	CM	M
MS desde la VTU-O	M	CM
MS desde la VTU-R	CM	M
O-SIGNATURE	–	CM

Si la VTU-R recibe un mensaje CL o MS que contenga un ID de VTU-R diferente del ID de VTU-R enviado en el mensaje CLR, la VTU-R responderá con un mensaje NAK-CD seguido del procedimiento de liberación de sesión UIT-T G.994.1 especificado en la cláusula 11.3 de [UIT-T G.994.1].

Si la VTU-O recibe un mensaje MP o MS que contenga un ID de VTU-O diferente del ID de VTU-O enviado en el mensaje CL, la VTU-O responderá con un mensaje NAK-CD seguido del procedimiento de liberación de sesión UIT-T G.994.1 especificado en la cláusula 11.3 de [UIT-T G.994.1].

Si la VTU-R recibe un mensaje O-SIGNATURE que contenga un ID de VTU-R diferente del ID de VTU-R enviado en el mensaje CLR, la VTU-R volverá al estado R-SILENT.

Si la VTU-R recibe un mensaje O-SIGNATURE que contenga un ID de VTU-R igual al ID de VTU-R enviado en el mensaje CLR, entonces se ha establecido la comunicación solo entre transceptores con los ID de transceptor reconocidos y se procederá a la inicialización como se define en la cláusula 10.3.

NOTA 1 – El ID de transceptor de VTU-R está incluido en O-SIGNATURE para evitar una detección falsa en el caso en que la VTU-O decida interrumpir la comunicación durante O-P-VECTOR-1.

NOTA 2 – Incluso cuando la comunicación se ha establecido solo entre transceptores con ID de transceptor reconocidos, la comunicación resultante puede estar en un trayecto con diafonía (es decir, no está en el trayecto directo). Si esto ocurre, no está comprometida la integridad de la matriz de canales en sentido ascendente durante la fase R-P-VECTOR 1 de búsqueda de canales, puesto que la VCE verá secuencias piloto únicas en cada línea de inicialización.

La VTU-O garantizará que la secuencia de mensajes UIT-T G.994.1 permita tanto a la VTU-O como a la VTU-R obtener el reconocimiento de su ID de transceptor durante la sesión UIT-T G.994.1. El Cuadro 10-6 enumera ejemplos de este tipo de secuencias de mensajes UIT-T G.994.1.

Cuadro 10-6 – Ejemplos de secuencias de transacciones UIT-T G.994.1

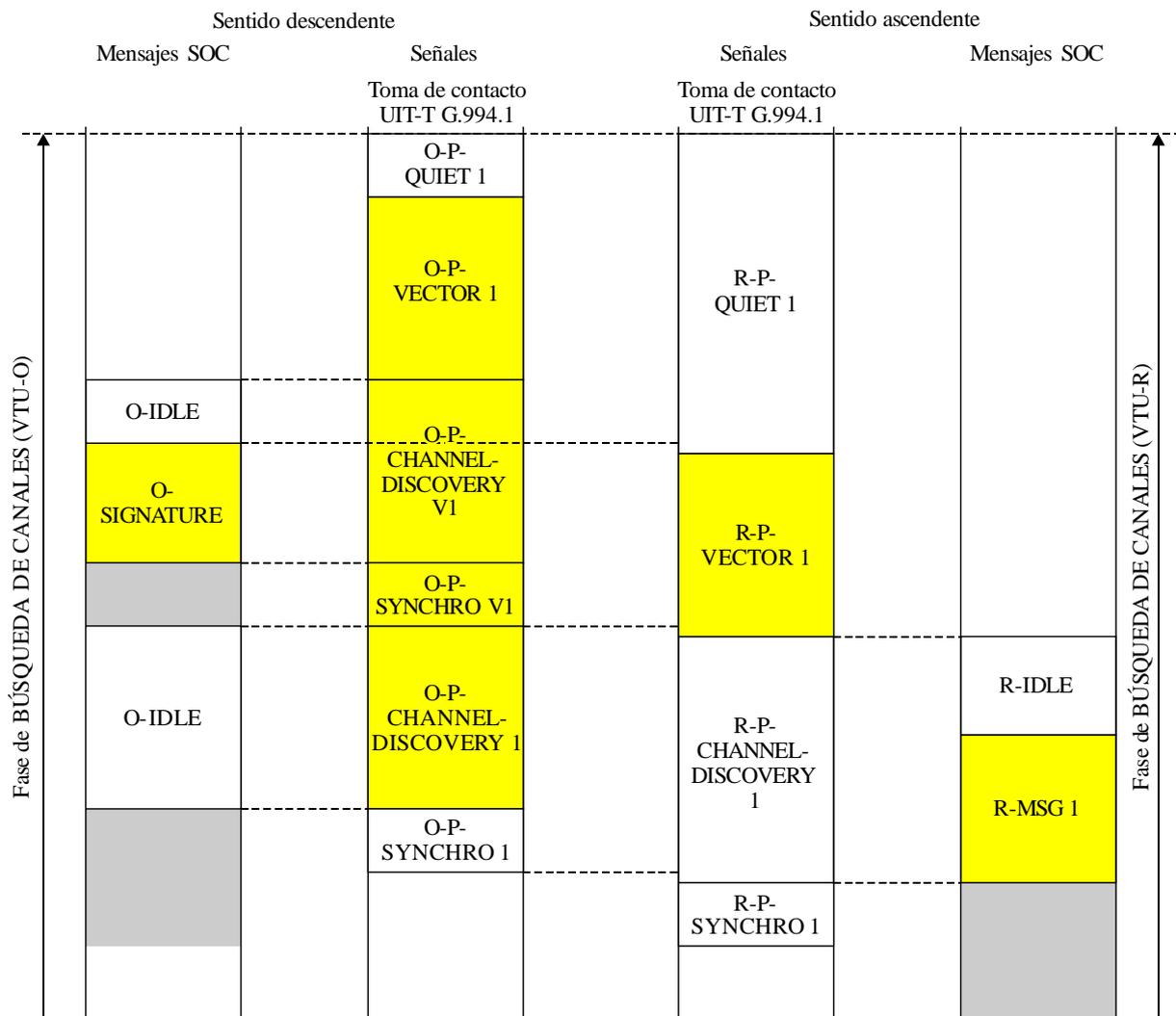
Ejemplo número	Secuencia de mensajes UIT-T G.994.1
1	Transacción C: CLR → CL → ACK(1) Transacción D: MP → MS → ACK(1)
2	Transacción C: CLR → CL → ACK(1) Transacción ampliada A:B: MS → REQ-MR → MR → MS → ACK(1)
3	Transacción C: CLR → CL (incluida el ID de VTU-R) → ACK(1) Transacción A: MS → ACK(1)
4	Transacción C: CLR → CL (incluida el ID de VTU-R) → ACK(1) Transacción B: MR → MS → ACK(1)

10.3 Fase de búsqueda de canales

10.3.1 Visión general

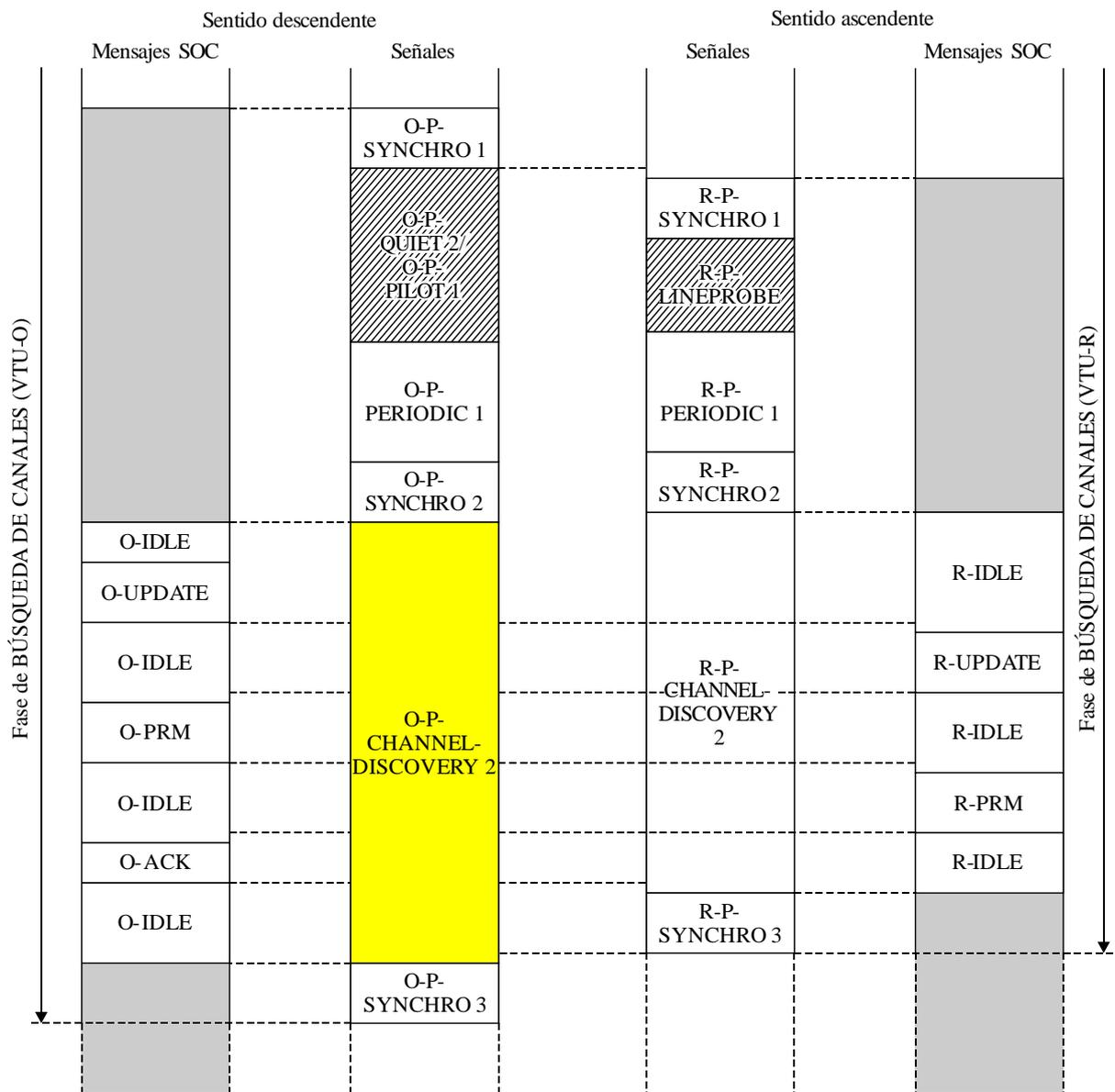
Después de la fase de toma de contacto tiene lugar la fase de búsqueda de canales. Si la vectorización en los sentidos descendente y ascendente se inhabilita después de la fase UIT-T G.994.1, se omitirán todas las partes de la inicialización relativas a la vectorización, y la fase de búsqueda de canales tendrá lugar con arreglo a la definición que figura en [UIT-T G.993.2].

Si se habilita la vectorización en sentido descendente o ascendente, la fase de búsqueda de canales constituirá una versión modificada de la fase de búsqueda de canales UIT-T G.993.2. En las Figuras 10-4 y 10-5 se ponen de relieve las señales añadidas y las señales/los mensajes modificados en la fase de búsqueda de canales de la Recomendación UIT-T G.993.2 para los transceptores UIT-T G.993.5. Las señales y los mensajes que no se ponen de relieve son los que se definen en [UIT-T G.993.2].



G.993.5(15)_F10-4

Figura 10-4 – Etapas iniciales de la fase de búsqueda de canales



G.993.5(15)_F10-5

Figura 10-5 – Etapas finales de la fase de búsqueda de canales

10.3.2 Mensajes del SOC modificados enviados durante la fase de búsqueda de canales

10.3.2.1 O-SIGNATURE

El mensaje O-SIGNATURE que se transmite durante O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 y O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 contiene un campo de parámetros A y un campo de parámetros B en UIT-T G.993.5. El primero de dichos campos posee longitud variable y contiene varios parámetros necesarios para la operación de cancelación de FEXT, como se muestra en el Cuadro 10-7. El segundo campo incluye los parámetros necesarios para definir la FDPS en sentido ascendente, como se muestra en el Cuadro 10-9.

Cuadro 10-7 – Campo de parámetros A en UIT-T G.993.5 en el mensaje O-SIGNATURE

Campo	Contenido del campo	Formato
1	Longitud del campo de parámetros A de UIT-T G.993.5	1 byte
2	Bandas vectorizadas en sentido descendente	Descriptor de bandas
3	Longitud de secuencia piloto en sentido ascendente	2 bytes
4	Secuencia piloto en sentido ascendente	$\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ bytes
5	Desfase del símbolo de sincronización en sentido ascendente	1 byte
6	Reducción R-P-VECTOR 1 PSD en sentido ascendente	1 byte
7	Valor del módulo del contador del símbolo de sincronización en sentido descendente (N_{SSC})	2 bytes
8	ID del fabricante y número de versión de la VCE	10 bytes
9	ID VTU-R	4 bytes

El campo N.º 1, "Longitud del campo de parámetros A de UIT-T G.993.5", indica la longitud en bytes del campo de parámetros A de UIT-T G.993.5, excluido dicho campo. Todos los campos que figuran en el Cuadro 10-7 deben incluirse en el campo de parámetros A de UIT-T G.993.5 en el mensaje O-SIGNATURE. El campo se representará como entero sin signo.

El campo N.º 2, "Bandas vectorizadas en sentido descendente", define las bandas de frecuencias atribuidas por la VCE a los efectos de vectorización en sentido descendente. El formato de este campo es el de "Descriptor de bandas" (véase el Cuadro 12-18 de [UIT-T G.993.2]). No se especifican más de ocho bandas. Los índices de subportadora que definen los límites de banda cumplen los requisitos que figuran en la cláusula 7.2.2.

El campo N.º 3, "Longitud de secuencia piloto en sentido ascendente", define la longitud en bits de la secuencia piloto en sentido ascendente (N_{pilot_us} , véase la cláusula 7.3.3). Si se habilita la "longitud de secuencia piloto múltiplo de 4" (véase la cláusula 10.2), todos los valores válidos son múltiplos de 4 en la gama de 8 a 512. En otros casos, los valores válidos son potencia de 2 en la gama de 8 a 512. El campo se representa como entero sin signo para indicar la longitud de la secuencia.

El campo N.º 4, "Secuencia piloto en sentido ascendente", define la secuencia piloto atribuida por la VCE a los efectos de modulación con respecto a los símbolos contenidos en las señales R-P-VECTOR. El formato es una cadena binaria de longitud N_{pilot_us} bits (véase la cláusula 7.3.3), con el primer bit de la secuencia piloto (índice de bits 0) asignado al LSB del primer byte de ese campo y el último bit de la secuencia piloto (índice de bits $N_{pilot_us} - 1$) asignado al MSB del último byte del campo. La longitud del campo se obtendrá mediante el campo N.º 3 como $\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$. Si N_{pilot_us} no es múltiplo de 8, los 4 MSB del último octeto de ese campo serán 0.

El campo N.º 5, "Desfase del símbolo de sincronización en sentido ascendente", define el desfase temporal establecido por la VCE (con arreglo a una cantidad de símbolos) entre el símbolo de sincronización en el canal descendente y el símbolo de sincronización en el canal ascendente. El campo se representará como un número entero representado como complemento 2 con un rango válido de -127 a $+127$, excepto 0, para el que un desfase negativo indica que los símbolos de sincronización en el canal ascendente están retrasados con respecto a los símbolos de sincronización en el canal descendente.

NOTA – El valor 0 se excluye de la gama válida de valores de desfase entre los símbolos de sincronización en los sentidos ascendente y descendente para la interfaz U, puesto que puede influir en el procesamiento

específico del fabricante realizado en relación con los símbolos de sincronización debido al menor grado de menor aleatoriedad de la señal de eco.

El campo N.º 6, "Reducción R-P-VECTOR 1 PSD en sentido ascendente", define una atenuación horizontal ajustada por la VCE para la PSD de transmisión en sentido ascendente para R-P-VECTOR 1, además de la atenuación de potencia pertinente en el sentido ascendente. Se codifica en etapas de 0,1 dB con arreglo a un rango de 0 dB a 25,5 dB. El campo se representará como un valor entero sin signo en el intervalo comprendido entre 0 (0 dB) y 255 (25,5 dB).

El campo N.º 7 "Valor del módulo del contador del símbolo de sincronización en sentido descendente (N_{SSC})", define el valor del módulo que se utilizará para mantener el contador de símbolos de sincronización en sentido descendente durante el estado de conexión. Si se habilita el "múltiplo de 4 para la longitud de secuencia piloto" (véase la cláusula 10.2), ese campo se codificará como entero sin signo que representa el valor de N_{SSC} , siendo un único valor válido el más bajo ($2n \times N_{pilot_ds} \geq 1024$, donde n es un entero. De lo contrario, se codifica como un entero sin signo con un único valor válido si N_{SSC} es igual a 1024.

NOTA – Si N_{SSC} es un múltiplo entero de la longitud de la secuencia piloto en sentido descendente, el índice de bits de la secuencia piloto puede obtenerse por medio del contador de símbolos de sincronización en sentido descendente mediante una operación de módulo.

El campo N.º 8 "ID del fabricante y número de versión de la VCE" define el ID del fabricante y el número de versión de VCE. Consta de 10 bytes, y su definición y formato se muestran en el Cuadro 10-8.

El campo N.º 9 "ID VTU-R", contiene el ID del transceptor de 30 bits de la VTU-R (siendo los dos MSB de ese campo 00₂). Si la VTU-O ha recibido el ID de la VTU-R durante la última sesión previa UIT-T G.994.1, este campo contendrá dicho ID de la VTU-R; en otros casos, dicho campo tendrá el valor 00000000₁₆.

Cuadro 10-8 – Bloque de información del ID del fabricante (10 bytes)

Indicativo de país UIT-T T.35 (2 bytes – Nota 1)
Código de fabricante (identificador del fabricante) (4 bytes – Nota 2)
Información específica del fabricante (4 bytes)
<p>NOTA 1 – Si algún bit del primer octeto no es UNO binario, el transmisor pondrá a CERO binario los bits del segundo octeto y el receptor no los tendrá en cuenta. El indicativo de país se incluye solo para indicar en qué país está registrado el código de fabricante.</p> <p>NOTA 2 – La especificación de la codificación y el orden de transmisión de este campo son responsabilidad de los organismos de normalización regionales que asignan el código de fabricante. En el Apéndice II de [UIT-T G.994.1] puede verse información de contacto sobre códigos de fabricante.</p>

Cuadro 10-9 – Campo de parámetros B de UIT-T G.993.5 en el mensaje O-SIGNATURE

Campo	Contenido del campo	Formato
1	Longitud del campo de parámetros B de UIT-T G.993.5	2 bytes
2	FDPS en sentido ascendente	Descriptor FDPS en sentido ascendente

El campo N.º 1, "Longitud del campo de parámetros B de UIT-T G.993.5", indica la longitud en bytes del campo de parámetros B de UIT-T G.993.5, excluido dicho campo. Si en el campo de parámetros B de UIT-T G.993.5 no se incluye ninguno de los campos que siguen al campo N.º 1, la longitud de dicho campo de parámetros B de UIT-T G.993.5 será dos bytes y su valor será 0000₁₆. Dicho campo se representará como un entero sin signo.

El campo N.º 2, "FDPS en el sentido ascendente", define las secuencias piloto independientes suplementarias atribuidas por la VCE y el modo en que se obtienen las secuencias piloto en sentido ascendente que se modulan con arreglo a los símbolos de sincronización contenidos en las señales R-P-VECTOR. El formato de este campo será el de "descriptor FDPS en sentido ascendente" (véase el Cuadro 10-10). Si la FDPS se inhabilita en UIT-T G.994.1, el descriptor FDPS en sentido ascendente no se incluirá en el campo de parámetros B de UIT-T G.993.5.

Cuadro 10-10 – Descriptor FDPS en sentido ascendente

Campo	Contenido del campo	Formato
1	Índice de la correspondiente secuencia piloto independiente	3 bytes
2	Signo de la secuencia relativa a la correspondiente secuencia independiente	1 byte
3	Desfase cíclico de la secuencia relativa a la correspondiente secuencia independiente	3 bytes
4	Cantidad de secuencias piloto independientes suplementarias (<i>Naips</i>)	1 byte
5	Bits de secuencia piloto independiente N.º 1	$\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ bytes

	Bits de secuencia piloto independiente # <i>Naips</i>	$\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ bytes

El campo N.º 1, "Índice de la correspondiente secuencia piloto independiente", es un campo de 24 bits dividido en ocho subcampos de 3 bits. El primer subcampo (en el LSB 3) representa el índice de la secuencia piloto independiente que será la secuencia piloto N.º 0, el octavo subcampo (en el MSB 3) representa el índice de la secuencia piloto independiente que será la secuencia piloto N.º 7. El índice se representará como un número entero sin signo de 3 bits.

El campo N.º 2, "Signo de la secuencia relativa a la correspondiente secuencia independiente", es un mapa de bits de 8 bits, en el que el valor 0 indica que la secuencia piloto con el índice dado tiene el mismo signo que la correspondiente secuencia piloto independiente, y el valor 1 indica un signo invertido relativo a la correspondiente secuencia piloto independiente. El LSB indica si la inversión de signo es aplicable a la secuencia piloto N.º 0, y el MSB si la inversión de signo es aplicable a la secuencia piloto N.º 7.

El campo N.º 3, "Desfase cíclico de la secuencia relativa a la correspondiente secuencia independiente", es un campo de 24 bits dividido en ocho subcampos de 3 bits. El primer subcampo (en el LSB 3) representa el desfase cíclico de la secuencia piloto N.º 0 relativa a la correspondiente secuencia piloto independiente, y el octavo subcampo (en el MSB 3) representa el desfase cíclico de la secuencia piloto N.º 7 relativa a la correspondiente secuencia piloto independiente. El valor del subcampo es el desfase cíclico real (*CyS*) representado como un entero sin signo cuyos valores oscilan entre 0 y 7, siendo:

Bit de la secuencia piloto [*i*] =

Bit de la correspondiente secuencia piloto independiente $[(i + CyS \times N_{pilot_us} / 8) \text{ MOD } N_{pilot_us}]$.

Si *N_{pilot_us}* es un múltiplo impar de 4, el valor de *CyS* será par.

El campo N.º 4, "Cantidad de secuencias piloto independientes suplementarias (*Naips*)" es un campo de 1 byte que representa la cantidad de secuencias piloto independientes suplementarias incluidas en el descriptor FDPS en sentido ascendente. Los valores válidos de *Naips* están comprendidos entre 0 y 7.

El campo N.º 5, "Bits de secuencia piloto independiente", define los bits de las secuencias piloto independientes suplementarias de *Naips* (secuencia piloto independiente N.º 1 a secuencia piloto independiente *#Naips*) asignadas por la VCE a los efectos de modulación con respecto a los símbolos de sincronización en sentido ascendente. Cada secuencia tiene una longitud de bits *Npilot_us* (véase la cláusula 7.3.3). Cada secuencia corresponde a $\lceil Npilot_us/8 \rceil$ bytes, tal y como se define para el campo N.º 4 en el Cuadro 10-7 (el último byte puede estar incompleto). La longitud total del campo será $beNaips \times \lceil Npilot_us/8 \rceil$ bytes. Los bits de la secuencia piloto independiente N.º 0 se comunican en el campo N.º 4 "Secuencia piloto en sentido ascendente" del campo de parámetros A de UIT-T G.993.5.

10.3.2.2 R-MSG1

El mensaje R-MSG1 (definido en el Cuadro 12-24 en [UIT-T G.993.2]), que se transmite de forma simultánea con R-P-CHANNEL DISCOVERY 1, contiene un campo de parámetros UIT-T G.993.5. Dicho campo contiene varios parámetros necesarios para la operación de cancelación de FEXT, como se muestra en el Cuadro 10-11.

Cuadro 10-11 – Campo de parámetros UIT-T G.993.5 en el mensaje R-MSG1

Campo	Nombre del campo	Formato
1	Longitud del campo de parámetros UIT-T G.993.5	1 byte
2	Cantidad máxima de símbolos de estimación de FEXT por supertrama	1 byte
3	Compatibilidad de los parámetros de control opcionales del canal de retorno	Descriptor de parámetros

El campo N.º 1, "Longitud del campo de parámetros UIT-T G.993.5", indica la longitud en bytes del campo descriptor de vectorización, excluido el campo de longitud de dicho campo. Todos los campos que figuran en el Cuadro 10-11 deben incluirse en el mensaje R-MSG1. El campo se representará como un símbolo sin signo.

El campo N.º 2, "Cantidad máxima de símbolos de estimación de FEXT por supertrama" define la cantidad máxima (*Kmáx*) de símbolos en la supertrama para la que la VTU-R permita la notificación de muestras de errores (véase la cláusula 10.4.2.1). El formato del campo será el de entero sin signo con valores *Kmáx* válidos = 1, 2, 4, 6, y 8. La VTU-R soportará el valor *Kmáx* = 1. Los demás de valores de *Kmáx* son facultativos.

El campo N.º 3, "Compatibilidad de los parámetros de control opcionales del canal de retorno" indica los valores facultativos de los parámetros de control que soporta la VTU-R enumerados en el Cuadro 10-12.

Cuadro 10-12 – Descriptor de los parámetros de control facultativos del canal de retorno

Bit	Descripción
0	Su valor es 1 si se soporta $F_block = 32$ con $relleno = 0$, y 0 en otros casos
1	Su valor es 1 si se soporta $F_block = 32$ con $relleno = 1$, y 0 en otros casos
2	Su valor es 1 si se soporta $F_sub = 1$ y 0 en otros casos
3	Su valor es 1 si se soporta $L_w = 9$ y 0 en otros casos
4	Su valor es 1 si se soporta $L_w = 10$ y 0 en otros casos
5	Su valor es 1 si se soporta $L_w = 11$ y 0 en otros casos
6	Su valor es 1 si se soporta $L_w = 12$ y 0 en otros casos
7	Reservado por el UIT-T y su valor debe ser 0

10.3.3 Señales de vectorización específicas VTU-O transmitidas durante la fase de búsqueda de canales

10.3.3.1 O-P-VECTOR 1

La señal O-P-QUIET 1 precederá a la señal O-P-VECTOR 1.

La señal O-P-VECTOR consistirá únicamente de símbolos de sincronización y de silencio. Los símbolos de sincronización se transmitirán en cada posición del símbolo de sincronización en sentido descendente (según se define en la cláusula 6.2.3). Los símbolos de silencio se transmitirán en las demás posiciones de los símbolos (véase la Figura 10-2).

Los símbolos de sincronización O-P-VECTOR 1 se generarán como se describe en la cláusula 10.5 de [UIT-T G.993.2]. Dichos símbolos modularán una secuencia piloto. Esta es una secuencia repetitiva, tal como se define en la cláusula 6.2.3, que la VCE asigna a la línea de inicialización. Cada tono sonda de un símbolo de sincronización del conjunto SUPPORTEDCARRIERSds modulará un punto de constelación 00 si contiene un bit de secuencia piloto de valor CERO, y un punto de constelación 11 si contiene un bit de secuencia piloto de valor UNO. Los puntos de constelación 00 y 11 serán los definidos para la constelación 4-QAM en la cláusula 10.3.3.2.1 de [UIT-T G.993.2]. Los puntos de constelación en subportadoras se rotarán posteriormente mediante el aleatorizador de cuadrante descrito en la cláusula 12.3.6.2 de [UIT-T G.993.2].

Si el bit "duración de supertramas 8192 para O-P-VECTOR 1" se deshabilita en la fase UIT-T G.994.1 (véase la cláusula 10.2), con respecto a los símbolos de sincronización, la PSD de transmisión de todas las subportadoras será CDPSDds.

Si el bit "duración de supertramas 8192 para O-P-VECTOR 1" está habilitado y el bit "Uso de tonos bandera O-P-VECTOR 1 únicamente" está deshabilitado en la fase UIT-T G.994.1 (véase la cláusula 10.2), con respecto a los símbolos de sincronización, la PSD de transmisión de todas las subportadoras será CDPSDds.

Si tanto el bit "duración de supertramas 8192 para O-P-VECTOR 1" como el bit "Uso de tonos bandera O-P-VECTOR 1 únicamente" están habilitados en la fase UIT-T G.994.1 (véase la cláusula 10.2), con respecto a los símbolos de sincronización, la PSD de transmisión de todas las subportadoras será CDPSDds, pero para los N primeros símbolos de sincronización, la potencia de transmisión de todos los tonos sonda será 0 (siendo N un valor determinado por la VCE en la gama de símbolos de sincronización de 0 a 2048).

NOTA 1 – En el Apéndice II se describe una forma de identificar el valor de N .

La duración de O-P-VECTOR 1 depende de cada vendedor, si bien su valor mínimo será 4×257 símbolos, y su valor máximo $M \times 1024 \times 257$ símbolos. Los valores válidos de M son 1 y 8. La compatibilidad $M = 1$ es obligatoria para la VTU-O y la VTU-R. La compatibilidad $M = 8$ es facultativa tanto para la VTU-O como para la VTU-R. Si el bit "duración de supertramas 8192 para O-P-VECTOR 1" está habilitado en la fase [UIT-T G.994.1] (véase la cláusula 10.2), $M = 8$. En los demás casos, $M = 1$.

NOTA 2 – La VCE debe reducir la duración de la señal O-P-VECTOR 1 a fin de facilitar la puesta en marcha íntegra del sistema.

NOTA 3 – En el Apéndice II se proporcionan varios ejemplos de control de la VCE del proceso de inicialización para la activación de varias líneas en el grupo vectorizado. En la cláusula II.2 se describe dicho control mediante la capacidad "duración de supertramas 8192 para O-P-VECTOR 1" para el procesamiento de dos grupos de líneas. En la cláusula II.3 se describe dicho control de la VCE mediante capacidades de toma de contacto.

Durante la transmisión de la señal O-P-VECTOR 1, el SOC se encuentra en estado inactivo.

Durante la transmisión de la señal O-P-VECTOR 1, la VCE estima los canales de FEXT en sentido descendente desde las líneas de inicialización hasta las líneas vectorizadas, sobre la base de las muestras de error recortadas notificadas de las VTU-R de las líneas vectorizadas. Posteriormente, se

establecen en las VTU-O matrices de cancelación de FEXT para todas las líneas vectorizadas en sentido descendente y se cancela la FEXT desde la línea de inicialización hasta las líneas vectorizadas.

La señal O-P-VECTOR 1 irá seguida de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, que determina la duración real de la primera. El valor temporal del inicio de la transmisión de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 viene determinado por la VCE.

10.3.3.2 O-P-CHANNEL DISCOVERY V1

La señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 será idéntica a la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 definida en la cláusula 12.3.3.1 de [UIT-T G.993.2], con adición de marcadores para indicar las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido descendente y las posiciones de la secuencia piloto en sentido ascendente (como se define en la cláusula 10.3.3.5).

La adición de marcadores consiste en modular respecto de todos los símbolos las subportadoras de índice $10n+9$ con punto de constelación 00 u 11, tal como se define en la cláusula 10.3.3.5.

Durante la transmisión de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, el SOC se encuentra en estado activo, y envía el mensaje O-IDLE con arreglo a un periodo comprendido entre 1 500 y 2000 símbolos, seguido del mensaje O-SIGNATURE, tal como se define en la cláusula 12.3.3.2.1 de [UIT-T G.992.3] y la cláusula 10.3.2.1. El mensaje O-SIGNATURA se enviará en modo de repetición automática, al igual que el mensaje O-SIGNATURA en [UIT-T G.993.2].

La señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 irá seguida de la señal O-P-SYNCHRO V1, que determina la duración real de la primera. El valor temporal del inicio de la transmisión de la señal O-P-SYNCHRO V1 viene determinado por la VCE.

10.3.3.3 O-P-SYNCHRO V1

La señal O-P-SYNCHRO V1 será idéntica a la señal O-P-SYNCHRO 1 definida en la cláusula 12.3.3.3.1 de [UIT-T G.993.2].

Durante la transmisión de O-P-SYNCHRO V1, el SOC se encuentra en estado inactivo.

Mientras la VTU-O transmite la señal O-P-SYNCHRO V1, la VCE notifica a la VTU-R que se ha llevado a cabo la estimación del canal FEXT en sentido ascendente, y que la VTU-R terminará la transmisión de la señal R-P-VECTOR 1. La VTU-O transmitirá la señal O-P-SYNCHRO V1 solo después de que la VCE detecte que la señal R P VECTOR 1 se transmite al menos durante 4×257 símbolos.

La señal O-P-SYNCHRO V1 irá seguida de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY 1.

10.3.3.4 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 y O-P-CHANNEL DISCOVERY 2

Estas señales serán idénticas a las señales O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 y O-P-CHANNEL DISCOVERY 2 definidas en la cláusula 12.3.3.3.1 de [UIT-T G.993.2], respectivamente, con adición de marcadores para indicar las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido descendente y la posición de la secuencia piloto en sentido ascendente (tal como se define en la cláusula 10.3.3.5). El esquema de marcadores deberá proseguir teniendo en cuenta todas las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido descendente desde el comienzo de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

NOTA – Conviene que las señales O-P-SYNCHRO-1 y O-P-SYNCHRO-3 no se transmitan en las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido descendente.

Durante la transmisión de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY 1, la VTU-O transmitirá el mensaje O-IDLE; la transmisión comenzará después del último símbolo de O-P-SYNCHRO V1.

10.3.3.5 Símbolo de sincronización en sentido descendente y marcadores de secuencia piloto en sentido ascendente

Con objeto de indicar la posición temporal de los símbolos de sincronización en sentido descendente y la de los símbolos de sincronización en sentido ascendente y la secuencia piloto en sentido ascendente, según precise la VCE, la VTU-O modulará el subconjunto de subportadoras de índices $10n+9$ mediante los puntos de constelación (00) o (11) de la constelación 4-QAM, antes del aleatorizador de cuadrante. Todas esas subportadoras se modularán con la misma información por símbolo, a saber, 00 u 11. Los símbolos cuyas subportadoras se modulen con 00 u 11 se indican en ese apartado como símbolos CERO o UNO, respectivamente. Una secuencia de símbolos CERO o UNO da lugar a un esquema que se utiliza para indicar las posiciones temporales del símbolo de sincronización y la secuencia piloto.

En la Figura 10-6 se muestra el esquema de modulación de símbolos. La posición temporal de un símbolo de sincronización en sentido descendente se indicará mediante ocho símbolos UNO consecutivos, a partir de la posición temporal del símbolo de sincronización en sentido descendente de las líneas vectorizadas. La VTU-R obtendrá la posición temporal del símbolo de sincronización en sentido ascendente por medio de la posición temporal indicada para el símbolo de sincronización en sentido descendente mediante la aplicación del desfase entre los símbolos de sincronización en sentidos ascendente y descendente, y la comunicación con la VTU-R en O-SIGNATURE.

La posición temporal de la secuencia piloto en sentido ascendente se indicará mediante un esquema de 20 símbolos posterior al esquema de ocho símbolos UNO consecutivos (véase la Figura 10-6). Dicho esquema de símbolos UNO y CERO representará el índice de bits de la secuencia piloto en sentido ascendente que modula las subportadoras del correspondiente símbolo de sincronización en sentido ascendente (a través del valor de desfase) con ese símbolo de sincronización en sentido descendente que precede al citado esquema de 20 símbolos (como se muestra en la Figura 10-6).

El índice de bits de la secuencia piloto en sentido ascendente se representará como un número entero sin signo, y cada bit de ese número entero se representará mediante dos símbolos consecutivos del esquema, con los símbolos 7 y 8 de la Figura 10-6, que constituyen el LSB. El valor de bit 0 se representará mediante el símbolo CERO seguido del símbolo UNO. El valor de bit 1 se representará mediante el símbolo UNO seguido del símbolo CERO. Todos los símbolos que siguen al esquema de 20 símbolos serán símbolos CERO hasta que se alcance la posición temporal del siguiente símbolo de sincronización en sentido descendente.

NOTA – Con arreglo a esta técnica, la posición temporal del símbolo de sincronización en sentido ascendente se puede detectar mediante la búsqueda del esquema de ocho símbolos UNO consecutivos y el índice de bits en la secuencia piloto por medio de la decodificación de los 20 símbolos siguientes. Ello permite una rápida detección de la posición temporal de la secuencia piloto en sentido ascendente. El esquema de 10 bits decodificado mediante los 20 símbolos siguientes indica el índice de bits de la secuencia piloto en sentido ascendente correspondiente al símbolo de sincronización en sentido ascendente detectado.

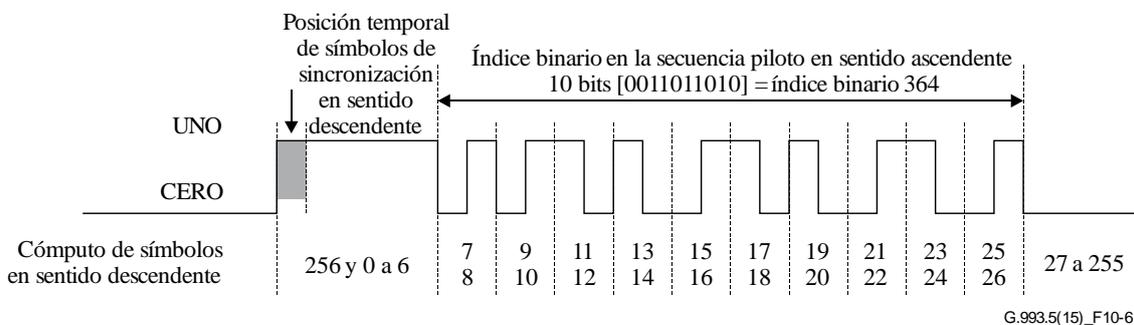


Figura 10-6 – Esquema de modulación de las subportadoras $10n+9$ posteriores a la posición del símbolo de sincronización de las líneas vectoriales

10.3.3.6 Activación de varias líneas de inicialización

Cuando la VCE inicializa varias líneas:

- Los canales de diafonía en sentido descendente desde las líneas de inicialización hasta las líneas activas del grupo vectorial deben estimarse simultáneamente, y asegurarse de que las señales O-P-VECTOR 1 se transmiten a través de todas las líneas de inicialización durante la estimación. Ello se puede hacer mediante el control del final y del comienzo de las señales O-P-VECTOR 1 en cada línea.
- Los canales de diafonía en sentido ascendente entre las líneas de inicialización y las líneas activas del grupo vectorial deben estimarse simultáneamente, y asegurarse de que las señales R-P-VECTOR 1 se transmiten a través de todas las líneas de inicialización durante la estimación. Ello puede lograrse mediante el control del final de las señales R-P-VECTOR 1 con la señal O-P-SYNCHRO V1 en cada línea.

10.3.4 Vectorización de señales específicas de la VTU-R transmitidas durante la fase de descubrimiento de canal

10.3.4.1 R-P-VECTOR 1

La VTU-R transmitirá la señal R-P-QUIET hasta que reciba el mensaje O-SIGNATURE.

Al recibir dicho mensaje O-SIGNATURE, la VTU-R transmitirá la señal R-P-VECTOR 1.

La VTU-R identificará las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido descendente y obtendrá las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido ascendente, mediante la detección de los marcadores de los símbolos de sincronización en la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

La señal R-P-VECTOR 1 estará formada únicamente por símbolos de sincronización y símbolos de silencio. Los símbolos de sincronización se transmitirán en cada posición de dichos símbolos en sentido ascendente (como se define en la cláusula 7.3.2). Las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido ascendente corresponderán a las posiciones de dichos símbolos en sentido descendente (como indican los marcadores de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1), adelantadas o retrasadas con arreglo al desfase de los símbolos de sincronización en sentido ascendente (que incluye el mensaje O-SIGNATURE). Los símbolos de silencio se transmitirán en las demás posiciones temporales (véase la Figura 10-2).

Los símbolos de sincronización R-P-VECTOR 1 se generarán como se describe en la cláusula 10.4.4 de [UIT-T G.993.2]. Esos símbolos de sincronización modularán una secuencia piloto. La transmisión de los símbolos de sincronización comenzará por el símbolo de sincronización que contiene el primer punto de referencia identificado de la secuencia piloto en sentido ascendente. La temporización de los puntos de referencia de la secuencia piloto se indica mediante los marcadores de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, como se describe en la cláusula 10.3.3.5.

La secuencia piloto se repite, tal como se define en la cláusula 6.2.3, es asignada a la línea de inicialización por la VCE y se transmite a la VTU-R en el mensaje O-SIGNATURE. Cada tono sonda de un símbolo de sincronización del conjunto SUPPORTEDCARRIERSus modulará un punto de constelación 00 si contiene un bit de secuencia piloto de valor CERO, y un punto de constelación 11 si contiene un bit de secuencia piloto de valor UNO (el conjunto SUPPORTEDCARRIERSus también se indica en el mensaje O-SIGNATURE). Los puntos de constelación 00 y 11 serán los definidos para la constelación 4-QAM en la cláusula 10.3.3.2.1 de [UIT-T G.993.2]. Los puntos de constelación en subportadoras se rotarán posteriormente mediante el aleatorizador de cuadrante descrito en la cláusula 12.3.6.2 de [UIT-T G.993.2].

La PSD de transmisión de todas las subportadoras será CDPSD_{us} y seguirá el límite de densidad espectral de potencia en sentido ascendente impuesto por la VTU-O, tal como se indica en el mensaje O-SIGNATURE.

Durante la transmisión de la señal R-P-VECTOR 1, el SOC se encuentra en estado inactivo.

Al transmitirse R-P-VECTOR 1, la VCE estima los canales FEXT en sentido ascendente desde las líneas de inicialización hasta las líneas vectorizadas. Posteriormente, se establecen matrices de cancelación FEXT en las VTU-O para todas las líneas vectorizadas en sentido ascendente y se suprime la FEXT desde las líneas de inicialización hasta las líneas vectorizadas.

La duración de R-P-VECTOR 1 viene determinada por la VTU-O. La VTU-R deberá finalizar la transmisión de la señal R-P-VECTOR 1 para los 64 símbolos posteriores al último símbolo de la señal O-P-SYNCHRO V1. La duración de la señal R-P-VECTOR 1 no rebasará 1024×257 símbolos.

La señal R-P-VECTOR 1 irá seguida de la señal R-P-CHANNEL DISCOVERY 1.

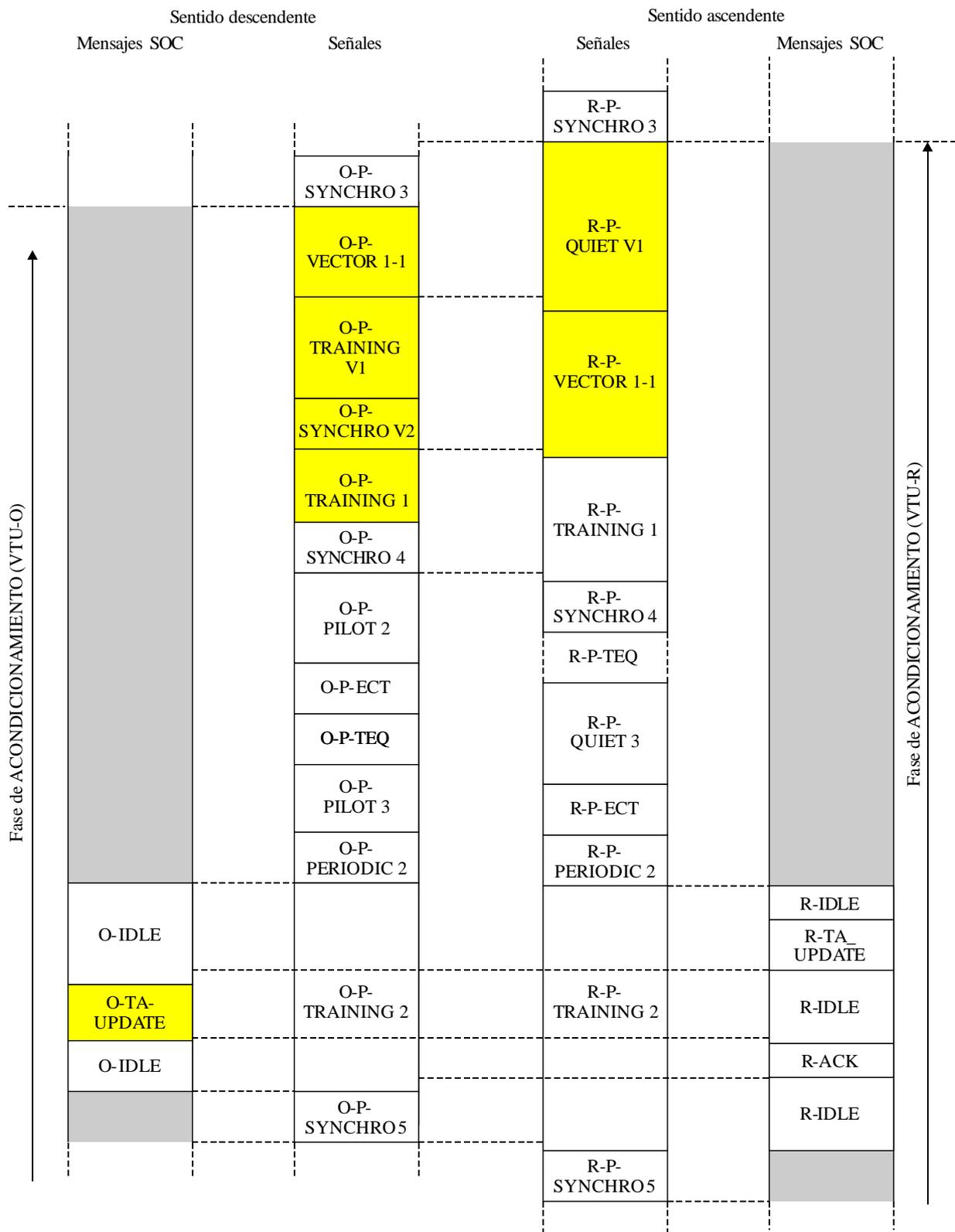
10.4 Fase de acondicionamiento

10.4.1 Visión general

A la fase de búsqueda de canales sigue la fase de acondicionamiento. Si después de la fase UIT-T G.994.1 se desactiva la vectorización en los canales ascendente y descendente, se omitirán todas las partes relativas a esa vectorización y la fase de acondicionamiento será la que se define en [UIT-T G.993.2].

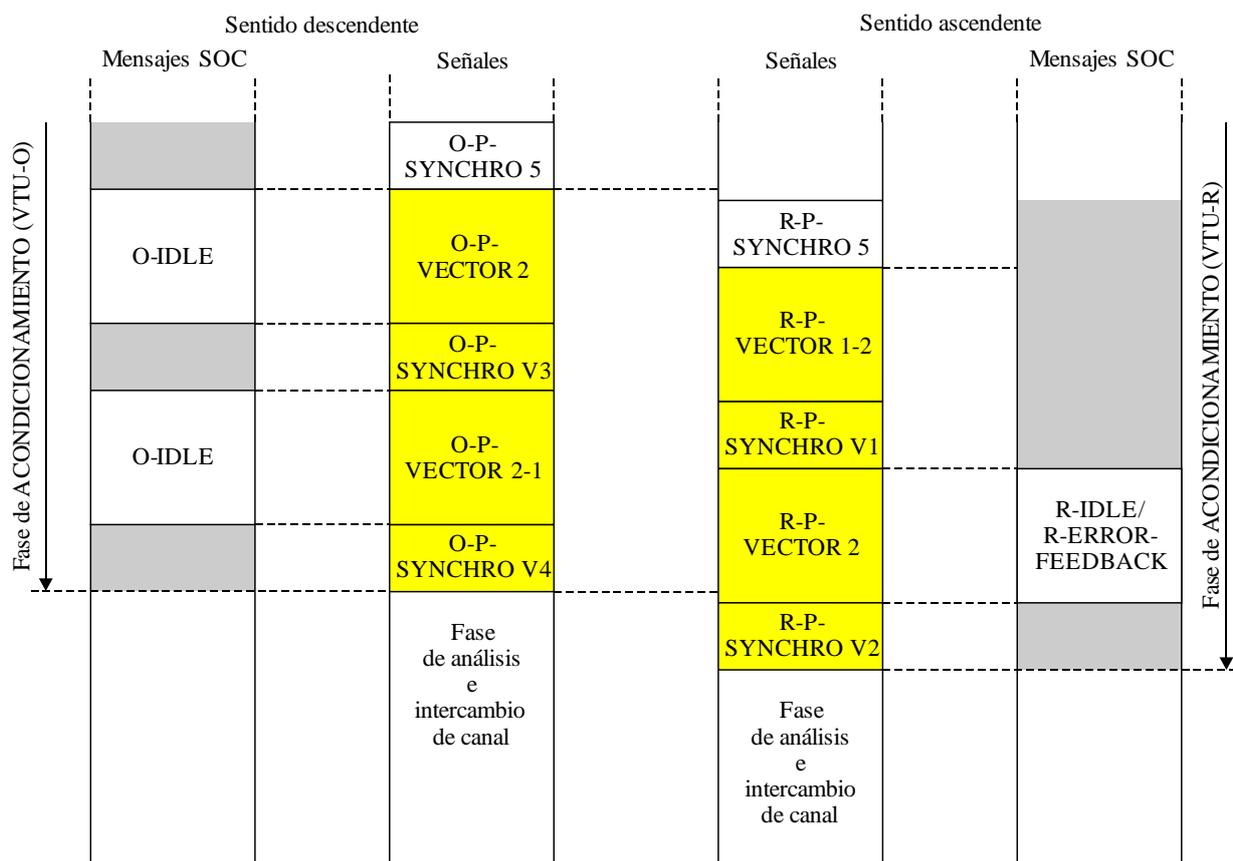
Si se habilita la vectorización en sentido descendente o ascendente, la fase de acondicionamiento se modificará con respecto a la fase de acondicionamiento de UIT-T G.993.2, tal como se define en la presente cláusula.

En las Figuras 10-7 y 10-8 se destacan las señales añadidas y las señales o los mensajes modificados en la fase de acondicionamiento de UIT-T G.993.2 para los transceptores UIT-T G.993.5. Las señales y los mensajes no destacados serán los definidos en [UIT-T G.993.2].



G.993.5(15)_F10-7

Figura 10-7 – Primeras etapas de la fase de acondicionamiento



G.993.5(15)_F10-8

Figura 10-8 – Últimas etapas de la fase de acondicionamiento

10.4.2 Mensajes del SOC modificados transmitidos durante la fase de acondicionamiento

10.4.2.1 O-TA_UPDATE

El mensaje O-TA_UPDATE (definido en el Cuadro 12-32 de [UIT-T G.993.2]) que se transmite durante O-P-TRAINING 2 contiene un campo de parámetros UIT-T G.993.5. Dicho campo contiene varios parámetros necesarios para la operación de supresión de FEXT, como se muestra en el Cuadro 10-13.

Cuadro 10-13 – Campo de parámetros en el mensaje O-TA_UPDATE

Campo	Nombre del campo	Formato
1	Longitud del campo de parámetros UIT-T G.993.5	1 byte
2	Parámetros de control de la notificación de errores	Descriptor de la configuración de la notificación de errores
3	Factor de repetición del SOC (1/R)	1 byte
4	Símbolos de estimación FEXT por supertrama	1 byte

El campo N.º 1, "Longitud del campo de parámetros UIT-T G.993.5", indica la longitud en bytes del campo de parámetros UIT-T G.993.5, excluido dicho campo. Todos los campos que figuran en el Cuadro 10-13 deben incluirse en el mensaje O-TA_UPDATE. El campo se representará como entero sin signo.

El campo N.º 2, "Parámetros de control de la notificación de errores", define los parámetros de control para cada banda vectorizada que se indica en el mensaje O-SIGNATURE. Los parámetros de control se definen en el Cuadro 7-1 y los valores válidos se definen en el Cuadro 7-2. Los valores

definidos en este campo pueden incluir valores facultativos indicados por la VTU-R en R-MSG1. El Cuadro 8-4 define la correspondencia de los parámetros de control con respecto al descriptor de configuración de la notificación de errores. La VTU-O seleccionará los parámetros de control de forma que, junto con el índice de repetición del SOC seleccionado, la duración prevista del mensaje ERROR_FEEDBACK no rebase los límites definidos en la cláusula 10.4.2.2.

El campo N.º 3, "Factor de repetición del SOC", define el factor de repetición del SOC, 1/R, establecido por la VCE. Los valores válidos de 1/R son múltiplos de 10 para la gama [10, 120]. Ello corresponde a la cantidad de bits por símbolo ($N_{bits_per_symbol}$) del SOC, siendo un múltiplo de 16 en la gama [16, 192]. El campo se representará como un número entero sin signo.

El campo N.º 4, "Símbolos de estimación FEXT por supertrama", establece la cantidad de símbolos (K) de la supertrama para los que se debe notificar una muestra de error recortada. Las muestras de error recortadas deben notificarse con arreglo a un formato definido en el campo N.º 2. El formato del campo deberá ser un entero sin signo de valores válidos $K = 1, 2, 4, 6$ y 8 . El valor de K no deberá rebasar la capacidad de la VTU-R ($K_{máx}$) indicada en el mensaje R-MSG1. En la cláusula 10.4.2.2 se definen las posiciones de los símbolos para las que se notificarán muestras de error recortadas para varios valores de K .

El mensaje O-TA_UPDATE puede indicar una corrección del valor del avance de temporización (TA). Si el valor TA incluido en el mensaje O-TA_UPDATE difiere del valor TA utilizado previamente por la VTU-R, el valor TA se actualizará comenzando con el primer símbolo después de R-P-SYNCHRO 5.

NOTA – Este requisito difiere de la forma en que se actualiza el valor TA en [UIT-T G.993.2].

10.4.2.2 R-ERROR-FEEDBACK

Durante la transmisión de R-P-VECTOR 2, la VTU-R notificará a la VTU-O las muestras de error recortadas por medio del SOC mediante los mensajes R-ERROR-FEEDBACK (véase la Figura 10-8). El código de mensaje SOC para ese mensaje será $8B_{16}$. La VTU-O no reconocerá ninguno de los mensajes R-ERROR-FEEDBACK y la VTU-R no retransmitirá ninguno de ellos.

Los mensajes R-ERROR-FEEDBACK se alternarán con el mensaje R-IDLE. En la Figura 10-9 se muestra la evolución temporal de R-IDLE y R-ERROR-FEEDBACK con respecto a los símbolos posteriores en los que se notifican las muestras de error recortadas. La secuencia comenzará en R-IDLE. Tanto R-IDLE como R-ERROR-FEEDBACK deben utilizar el canal SOC ampliado con arreglo a los parámetros que figuran en la cláusula 10.4.4.4. Los demás parámetros de R-IDLE serán los mismos que los definidos para R-IDLE en la cláusula 12.2.4 de [UIT-T G.993.2] y consistirán en el indicador $7E_{16}$ del HDLC enviado de forma repetida.

La primera transmisión de R-IDLE (después de R-P-VECTOR 1-2) permite que el receptor en la VTU-O se ajuste al canal del SOC ampliado y tendrá una longitud mínima de 16 símbolos. La VTU-R establecerá la duración de las demás transmisiones de R-IDLE (t_{IDLE} en la Figura 10-9) de forma que la VTU-R pueda transmitir el mensaje R-ERROR-FEEDBACK durante un periodo de tiempo inferior al que media entre dos símbolos adyacentes, para el que deben notificarse las muestras de error recortadas. Para cada periodo de tiempo, t_{IDLE} tendrá una longitud mínima de dos símbolos. La transmisión del mensaje R-ERROR-FEEDBACK comenzará en el momento en que t_{START} coincida con la ventana de transmisión (véase la Figura 10-9). Dicha ventana de transmisión comienza tres periodos de símbolo ($3 / f_{DMT}$) después del comienzo del símbolo para el que se notifican las muestras de error recortadas. La ventana de transmisión finaliza $W_{máx}$ periodos de símbolo ($W_{máx} / f_{DMT}$) después del comienzo del símbolo para el que se notifican dichas muestras de error recortadas. El valor máximo de t_{IDLE} depende de la longitud del mensaje R-ERROR-FEEDBACK. El valor total de t_{IDLE} y la duración de la transmisión del mensaje R-ERROR-FEEDBACK no superará el límite de tiempo que impida a la VTU-R iniciar la transmisión del siguiente mensaje R-ERROR-FEEDBACK en la siguiente ventana de transmisión.

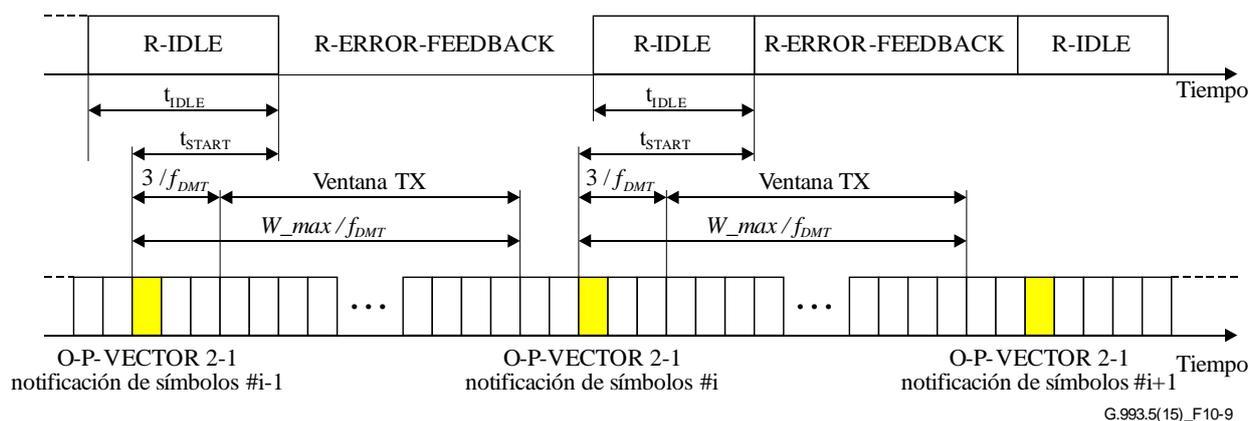


Figura 10-9 – Evolución temporal de los mensajes R-ERROR-FEEDBACK

La VCE indica por medio del mensaje O-TA_UPDATE la cantidad de símbolos de estimación FEXT por supertrama (el valor de K determinado por el mensaje O-TA_UPDATE) relativos a las muestras de error recortadas notificadas. Para el valor de K de que se trate (asignado por O-TA_UPDATE), la VTU-R notificará muestras de errores recortados para todos los símbolos O-P-VECTOR 2-1 de cada supertrama en sentido descendente con arreglo a la cantidad de símbolos $i(k) = (k+1) \times \lfloor 256/K \rfloor$, siendo $k = 0, 1, 2, \dots, K-1$. El valor de $W_{m\acute{a}x}$ para dicho valor de K se calculará mediante la expresión $W_{m\acute{a}x} = \lfloor 257/K \rfloor - 2$.

NOTA 1 – Si $K = 1$, la VTU-R notificará muestras de error recortadas solamente para los símbolos de sincronización en sentido descendente de O-P-VECTOR 2-1.

La cantidad de bytes necesarios para notificar las muestras de error recortadas en un único mensaje R-ERROR-FEEDBACK viene dada por los parámetros de control del canal de retorno indicados en el mensaje O-TA_UPDATE. La cantidad total de bytes que deben transmitirse corresponde a la de bytes en el ERB, N_{ERB} , más 3 (véase el Cuadro 10-14).

Si el tamaño del mensaje R-ERROR_FEEDBACK es superior al tamaño máximo permitido del segmento, el mensaje se segmentará de la forma que se establece en la cláusula 12.2.6 de [UIT-T G.993.2] para el modo AR, y la cantidad máxima de segmentos será 15. Se establecerá el tamaño de todos los segmentos, salvo el último, con arreglo al máximo valor permitido.

NOTA 2 – Las brechas mínimas entre segmentos reducen la tara de transmisión relativa a la retroalimentación sobre errores y, en consecuencia, permiten utilizar una menor anchura de banda para el canal de retorno.

El número de símbolos necesarios para notificar la cantidad de bytes se puede calcular de la siguiente manera:

$$N_{symbol} = \left\lceil \frac{8 \times (N_{ERB} + 3 + N_{OH})}{N_{bits_per_symbol}} \right\rceil = \left\lceil 5 \times \frac{N_{ERB} + 3 + N_{OH}}{1/R} \right\rceil$$

siendo N_{OH} la tara de encapsulado del SOC, consistente en 6 octetos más la tara de datos estadísticos por relleno de bytes, según se especifica en [UIT-T G.997.1]. Si el mensaje R-ERROR-FEEDBACK está segmentado, el valor de N_{OH} (por segmento) se multiplicará por el número de segmentos.

NOTA 3 – No cabe esperar que la tara de datos estadísticos del 0,1% para el caso más desfavorable por relleno de bytes para un mensaje con contenido aleatorio de longitud superior a 512 bytes rebase el 3%, valor que disminuirá en el caso de mensajes más largos.

NOTA 4 – Cuando no se utilice relleno, N_{ERB} dependerá de los valores reales de las muestras de error. En ese caso, el número de bytes por símbolo debe calcularse con respecto al caso más desfavorable de la resolución necesaria para las muestras de error.

La VCE configurará la velocidad binaria del SOC, de forma que el valor de N_{symbol} (incluida la tara de datos estadísticos por relleno de bytes) no supere $(\lfloor 257/K \rfloor - 2)$ símbolos (siendo K la cantidad de símbolos por supertrama para la que se notifican las muestras de error recortadas, como se indica en el mensaje O-TA_UPDATE). La VTU-R terminará la transmisión del mensaje R-ERROR-FEEDBACK si su duración (debido a una tara del SOC más elevada de lo previsto) impide que la VTU-R inicie la transmisión del siguiente mensaje R-ERROR-FEEDBACK durante la siguiente ventana de transmisión.

El mensaje R-ERROR_FEEDBACK tiene la estructura que se muestra en el Cuadro 10-14.

Cuadro 10-14 – Descripción del mensaje R-ERROR_FEEDBACK

	Nombre del campo	Formato
1	Descriptor de mensaje	Código de mensaje
2	Cómputo de símbolos de sincronización	2 bytes
3	Bloque de notificación de errores	N_{ERB} bytes

El campo N.º 1, "Descriptor de mensaje" es un código único de 1 byte que identifica el mensaje.

El campo N.º 2, "Cómputo de símbolos de sincronización", indica el resultado del cómputo en módulo 1024 de los símbolos de sincronización con respecto al último símbolo de sincronización en sentido descendente recibido y el número de secuencia $k = 0, \dots, K - 1$ de la notificación en la supertrama. La VTU-R calculará la cantidad de símbolos de sincronización a partir del primer símbolo de sincronización en sentido descendente después de recibir el mensaje O-P-SYNCHRO V3 (el cómputo de este símbolo de sincronización será 0) mediante la transmisión de O-P-VECTOR 2-1.

Los cuatro MSB del campo de 2 bytes representarán el número de secuencia k de la notificación como número entero sin signo para la gama de 0 a $K - 1$. Los diez LSB representarán el cómputo del símbolo de sincronización como entero sin signo para la gama 0 a 1023. Los bits 10 y 11 están reservados por el UIT-T y su valor ha de ser 0.

NOTA 5 – Si el ERB se notifica para un símbolo de sincronización, el valor de los cuatro MSB del campo "Cómputo de símbolos de sincronización" será $K - 1$, y el valor de los diez LSB corresponderá al cómputo del símbolo de sincronización relativo a la notificación del ERB.

El campo N.º 3, "Bloque de notificación de errores", contiene las partes reales e imaginarias de las muestras de error recortadas asociadas a las subportadoras de la(s) banda(s) vectorizada(s) indicada(s). Si en el mensaje R-ERROR-FEEDBACK solo se notifica una banda, el valor de N_{ERB} (véase la cláusula 7.2.3.3) se calculará considerando $L_w = 0$ para las demás bandas. El formato se define en la cláusula 7.2.3.

10.4.3 Señales de vectorización de la VTU-O específicas transmitidas durante la fase de acondicionamiento

10.4.3.1 O-P-VECTOR 1-1

La señal O-P-SYNCHRO 3 irá seguida de la señal O-P-VECTOR 1-1.

La señal O-P-VECTOR 1-1 será idéntica a la señal O-P-VECTOR 1, aunque la PSD será igual a MREFPSDs.

La duración de O-P-VECTOR 1-1 depende del fabricante de que se trate, si bien contendrá 4×257 símbolos como mínimo, y 1024×257 símbolos como máximo.

Durante la transmisión del O-P-VECTOR 1-1, el SOC se encuentra en estado inactivo.

La señal O-P-VECTOR 1-1 facilita una nueva estimación del canal FEXT en sentido descendente desde la línea de inicialización hasta las líneas vectorizadas. Dicha estimación tiene por objeto tener

en cuenta los cambios en los canales FEXT provocados por posibles modificaciones de las configuraciones AFE de la VTU-O durante la fase de búsqueda de canales.

La señal O-P-VECTOR 1-1 irá seguida de la señal O-P-TRAINING V1, que determina la duración real del O-P-VECTOR 1-1.

10.4.3.2 O-P-TRAINING V1

La señal O-P-TRAINING V1 será idéntica a la señal O-P-TRAINING 1 definida en la cláusula 12.3.4.3.1.1 de [UIT-T G.993.2], con adición de marcadores para indicar las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido descendente y la posición de la secuencia piloto en sentido ascendente. Se añadirán marcadores tal como se señala en la cláusula 10.3.3.5. El esquema de marcadores deberá proseguir teniendo en cuenta todas las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido descendente desde el comienzo de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

Durante la transmisión de la señal O-P-TRAINING V1, el SOC se encuentra en estado inactivo.

La señal O-P-TRAINING V1 irá seguida de la señal O-P-SYNCHRO-V2, que determina la duración real de O-P-TRAINING V1.

10.4.3.3 O-P-SYNCHRO V2

La señal O-P-SYNCHRO V2 será idéntica a la señal O-P-SYNCHRO 4 descrita en la cláusula 12.3.4.3.1 de [UIT-T G.993.2].

Durante la transmisión de O-P-SYNCHRO V2, el SOC se encuentra en estado inactivo.

Mientras la VTU-O transmite la señal O-P-SYNCHRO V2, la VCE notifica a la VTU-R que se ha llevado a cabo la nueva estimación del canal FEXT en sentido ascendente desde las líneas de inicialización hasta otras líneas vectorizadas, y que la VTU-R debe interrumpir la transmisión de la señal R-P-VECTOR 1-1.

La VTU-O transmitirá O-P-SYNCHRO V2 solo después de que la VCE detecte la señal R-P-VECTOR 1-1 transmitida, por lo menos, durante 4×257 símbolos.

La señal O-P-SYNCHRO V2 irá seguida de la señal O-P-TRAINING 1.

10.4.3.4 O-P-TRAINING 1 y O-P-TRAINING 2

Estas señales serán idénticas a las señales O-P-TRAINING 1 y O-P-TRAINING 2 definidas en la cláusula 12.3.4.3.1 de [UIT-T G.993.2], respectivamente, con adición de marcadores para señalar las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido descendente y las posiciones de la secuencia piloto en sentido ascendente (como se define en la cláusula 10.3.3.5). El esquema de marcadores deberá proseguir teniendo en cuenta todas las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido descendente desde el comienzo de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

NOTA – Conviene que las señales O-P-SYNCHRO 4 y O-P-SYNCHRO 5 no se transmitan en las posiciones de los símbolos de sincronización en sentido descendente.

10.4.3.5 O-P-VECTOR 2

La señal O-P-VECTOR 2 se transmitirá después de la señal O-P-SYNCHRO 5.

En las posiciones de los símbolos de sincronización, la señal O-P-VECTOR 2 contendrá símbolos de sincronización modulados con arreglo a la definición relativa a la señal O-P-VECTOR 1. En otras posiciones de los símbolos, el canal del SOC se modulará con un byte por cada asignación de símbolos, tal como se define para la señal O-P-TRAINING 2 en [UIT-T G.993.2].

Durante la transmisión de símbolos de sincronización, el SOC se encuentra en estado inactivo. Al transmitirse otros símbolos, el SOC está en estado activo, y la VTU-O transmitirá el mensaje O-IDLE.

La duración mínima de la señal O-P-VECTOR 2 es 128 símbolos.

La señal O-P-VECTOR 2 irá seguida de la señal O-P-SYNCHRO V3, que determina la duración real de la primera.

La VTU-O transmitirá la señal O-P-SYNCHRO V3 por lo menos 70 símbolos antes de la transmisión del símbolo de sincronización (a fin de evitar ambigüedad en el cómputo de símbolos de sincronización en la VTU-R).

10.4.3.6 O-P-SYNCHRO V3

La señal O-P-SYNCHRO V3 será idéntica a la señal O-P-SYNCHRO 5, tal como se define en la cláusula 12.3.4.3.1.9 de [UIT-T G.993.2].

Durante la transmisión de O-P-SYNCHRO V3, el SOC se encuentra en estado inactivo.

Mientras la VTU-O transmite la señal O-P-SYNCHRO-V3, la VCE notifica a la VTU-R que se ha llevado a cabo una nueva estimación del canal FEXT en sentido ascendente desde la línea de inicialización hasta otras líneas vectoriales, y que la VTU-R interrumpirá la transmisión de la señal R-P-VECTOR 1-2. La VTU-O transmitirá la señal O-P-SYNCHRO V3 solo después de que la VCE detecte la señal R-P-VECTOR 1-2 transmitida, por lo menos, durante 4×257 símbolos.

La señal O-P-SYNCHRO V3 irá seguida de la señal O-P-VECTOR 2-1.

10.4.3.7 O-P-VECTOR 2-1

La señal O-P-VECTOR 2-1 será idéntica a la señal O-P-VECTOR 2.

Durante la transmisión de símbolos de sincronización, el SOC se encuentra en estado inactivo. Al transmitirse otros símbolos, el SOC está en estado activo, y la VTU-O transmitirá el mensaje O-IDLE.

La transmisión de la señal O-P-VECTOR 2-1 facilita que la VCE estime los canales FEXT en sentido descendente desde las líneas vectorizadas hacia la línea de inicialización, y actualice las estimaciones de los canales FEXT en sentido descendente desde las líneas de inicialización hasta las líneas vectorizadas.

La duración de O-P-VECTOR 2-1 depende de cada fabricante, aunque su valor mínimo será 257 símbolos y su valor máximo 1024×257 símbolos.

La señal O-P-VECTOR 2-1 irá seguida de la señal O-P-SYNCHRO V4, que determina la duración real de O-P-VECTOR 2-1.

10.4.3.8 O-P-SYNCHRO V4

La señal O-P-SYNCHRO V4 será idéntica a la señal O-P-SYNCHRO V3, tal como se define en la cláusula 10.4.3.6.

Durante la transmisión de la señal O-P-SYNCHRO V4, el SOC se encuentra en estado inactivo.

Mientras la VTU-O transmite la señal O-P-SYNCHRO-V4, la VCE notifica a la VTU-R que se ha llevado a cabo la estimación del canal FEXT en sentido descendente desde las demás líneas vectorizadas hacia las líneas de inicialización, y que la VTU-R interrumpirá la transmisión de la señal R-P-VECTOR 2.

La fase de acondicionamiento concluye en este punto, y la VTU-O pasará a la fase de análisis e intercambio de canales (véase la Figura 10-8).

10.4.3.9 Activación de varias líneas de inicialización

Cuando la VCE inicializa varias líneas:

- El canal de diafonía en sentido descendente desde las líneas de inicialización hasta las líneas activas del grupo vectorial debe estimarse simultáneamente, y asegurarse de que las señales O-P-VECTOR 1-1 se transmiten a través de todas las líneas de inicialización durante la estimación. Ello se puede hacer controlando el comienzo y el final de O-P-VECTOR 1-1 en cada línea.
- El canal de diafonía en sentido ascendente entre las líneas de inicialización y las líneas activas del grupo vectorial debe estimarse simultáneamente y asegurarse de que las señales R-P-VECTOR 1-1 se transmiten a través de todas las líneas de inicialización durante la estimación. Ello se puede hacer mediante el control del final de la señal R-P-VECTOR 1-1 con la señal O-P-SYNCHRO V2 en cada línea.
- Los canales de diafonía en sentido ascendente entre las líneas de inicialización y las líneas activas del grupo vectorial deben estimarse simultáneamente y asegurarse de que las señales R-P-VECTOR 1-2 se transmiten a través de todas las líneas de inicialización durante la estimación. Ello se puede hacer mediante el control del final de la señal R-P-VECTOR 1-2 con la señal O-P-SYNCHRO V3 en cada línea.
- El canal de diafonía en sentido descendente desde las líneas activas hasta las líneas de inicialización del grupo vectorial debe estimarse simultáneamente y asegurarse de que las señales O-P-VECTOR 2-1 se transmiten a través de todas las líneas de inicialización durante la estimación. Ello se puede hacer mediante el control del final de la señal O-P-VECTOR 2-1 con la señal O-P-SYNCHRO V4 en cada línea.

10.4.4 Señales de vectorización específicas VTU-R transmitidas durante la fase de acondicionamiento

10.4.4.1 R-P-QUIET V1

La señal R-P-SYNCHRO 3 irá seguida de la señal R-P-QUIET V1.

La señal R-P-QUIET V1 será idéntica a la señal R-P-QUIET 2.

Durante la transmisión de la señal R-P-QUIET V1, el SOC se encuentra en estado inactivo.

La duración de la señal R-P-QUIET V1 se controla mediante la VTU-O. La VTU-R finalizará la transmisión de R-P-QUIET V1 al detectar la señal O-P-TRAINING V1 y comenzará la transmisión de la señal R-P-VECTOR 1-1.

10.4.4.2 R-P-VECTOR 1-1

La señal R-P-VECTOR 1-1 será idéntica a la señal R-P-VECTOR 1, pero su PSD corresponderá a REFPSD_{us}.

Durante la transmisión de la señal R-P-VECTOR 1-1, el SOC se encuentra en estado inactivo.

La VTU-R debe utilizar el valor de avance temporal calculado en la fase de búsqueda de canales para garantizar que los símbolos de sincronización de la línea de inicialización se ajusten a la VTU-O con los símbolos de sincronización de las líneas vectorizadas.

La señal R-P-VECTOR 1-1 facilita una nueva estimación del canal FEXT en sentido ascendente entre la línea de inicialización y las líneas vectorizadas. Dicha estimación tiene por objeto tener en cuenta los cambios en los canales FEXT provocados por posibles modificaciones de las configuraciones AFE de la VTU-O durante la fase de búsqueda de canales.

La duración de la señal R-P-VECTOR 1-1 la controla la VTU-O. Como máximo antes de los 64 símbolos que siguen al último símbolo de la señal O-P-SYNCHRO V2, la VTU-R terminará la transmisión de la señal R-P-VECTOR 1-1. La duración de la señal R-P-VECTOR 1-1 no rebasará los 1024×257 símbolos.

La señal R-P-VECTOR 1-1 irá seguida de la señal R-P-TRAINING 1.

10.4.4.3 R-P-VECTOR 1-2

La señal R-P-VECTOR 1-2 se transmitirá después de la señal R-P-SYNCHRO 5. La señal R-P-VECTOR 1-2 será idéntica a la señal R-P-VECTOR 1-1.

Durante la transmisión de la señal R-P-VECTOR 1-2, el SOC se encuentra en estado inactivo.

La señal R-P-VECTOR 1-2 facilita una nueva estimación del canal FEXT en sentido ascendente entre la línea de inicialización y las líneas vectorizadas. Dicha estimación tiene por objeto tener en cuenta los cambios en los canales FEXT provocados por posibles modificaciones del avance de temporización durante la fase de acondicionamiento.

La duración de la señal R-P-VECTOR 1-2 la controla la VTU-O. Como máximo antes de los 64 símbolos que siguen al último símbolo de la señal O-P-SYNCHRO V3, la VTU-R terminará la transmisión de la señal R-P-VECTOR 1-2. La duración de la señal R-P-VECTOR 1-2 no rebasará los 1024×257 símbolos.

La señal R-P-VECTOR 1-2 irá seguida de la señal R-P-SYNCHRO V1.

10.4.4.4 R-P-SYNCHRO V1

La señal R-P-SYNCHRO V1 será idéntica a la señal R-P-SYNCHRO 5, tal como se define en la cláusula 12.3.4.3.2.9 de [UIT-T G.993.2].

Durante la transmisión de la señal R-P-SYNCHRO V1, el SOC se encuentra en estado inactivo.

La señal R-P-SYNCHRO V1 irá seguida de la señal R-P-VECTOR 2.

10.4.4.5 R-P-VECTOR 2

En las posiciones de símbolo de sincronización, la señal R-P-VECTOR 2 contendrá símbolos de sincronización modulados como se define para la señal R-P-VECTOR 1. En otras posiciones de símbolo, los símbolos se modularán como en el caso de la señal R-P-TRAINING 2, y se establecerá el canal SOC ampliado.

La transmisión de la señal R-P-VECTOR 2 permite a la VCE estimar los canales FEXT en sentido ascendente desde las líneas vectorizadas hacia la línea de inicialización, y actualizar las estimaciones FEXT en sentido ascendente desde las líneas de inicialización hasta las líneas vectorizadas.

Durante la transmisión de los símbolos de sincronización, el SOC se encuentra en estado inactivo. En relación con los otros símbolos, el SOC está en estado activo, y la VTU-R transmitirá el mensaje R-IDLE o el mensaje R-ERROR-FEEDBACK.

La duración de la señal R-P-VECTOR 2 es controlada por la VTU-O. Durante el periodo comprendido por los 64 símbolos que siguen al último símbolo de la señal O-P-SYNCHRO V4, la VTU-R terminará la transmisión de la señal R-P-VECTOR 2.

La señal R-P-VECTOR 2 irá seguida de la señal R-P-SYNCHRO V2.

Para establecer el SOC ampliado, los símbolos R-P-VECTOR 2 con el SOC activo se modularán con la asignación de bits definida en el Cuadro 10-15, y la cantidad de bits por símbolo se calculará de la forma siguiente:

$$N_{bitspersymbol} = \frac{16}{10 \cdot R}$$

siendo $1/R$ un múltiplo entero de 10 en la gama [10, 120], como se indica en el mensaje O-TA_UPDATE.

Cuadro 10-15 – Asignación de bits para la señal R-P-VECTOR 2

Índice de subportadora	Punto de constelación
5, 10, 15, ..., 5n, ...	00
1, 1/R+1, 2/R+1, ..., n/R + 1, ...	bits 0 y 1 del mensaje del SOC
2, 1/R+2, 2/R+2, ..., n/R + 2, ...	bits 2 y 3 del mensaje del SOC
...	...
10k+m, 1/R+10k+m, 2/R+10k+m, ..., n/R+10k+m, ... siendo $k = 0, 1, 2, \dots, \frac{1}{10 \cdot R} - 1$ y $m = 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9$	bits $16k+f(m)$ y $16k+f(m)+1$ del mensaje del SOC, siendo $f(m) = \begin{cases} 2m-2 & \text{si } m = 1, 2, 3, 4 \\ 2m-4 & \text{si } m = 6, 7, 8, 9 \end{cases}$
...	...
1/R-1, 2/R-1, 3/R-1, ..., n + 1/R-1, ...	Bits del mensaje del SOC $\frac{16}{10 \cdot R} - 2$ y $\frac{16}{10 \cdot R} - 1$

NOTA – En [UIT-T G.993.2], en la asignación de bits del SOC se tienen en cuenta 16 bits por símbolo. Con objeto de notificar las muestras de error recortadas a un ritmo más rápido, la VCE puede aumentar la asignación de bits del SOC a intervalos de 16 bits por símbolo, de 16 bits a 192 bits por símbolo, mediante la reducción de la cantidad de repeticiones de esos bits en cada símbolo. En el caso de 4000 símbolos/s, ello conlleva un aumento de velocidad binaria del SOC a intervalos de 64 kbit/s, de 64 kbit/s (como en [UIT-T G.993.2]) a 768 kbit/s. En el caso de 8000 símbolos/s, la velocidad binaria del SOC aumenta a intervalos de 128 kbit/s, de 128 kbit/s (como en [UIT-T G.993.2]) a 1536 kbit/s.

10.4.4.6 R-P-SYNCHRO V2

La señal R-P-SYNCHRO V2 será idéntica a la señal R-P-SYNCHRO V1.

Durante la transmisión de la señal R-P-SYNCHRO V2, el SOC se encuentra en estado inactivo.

La fase de acondicionamiento concluye en este punto, y la VTU-R pasará a la fase de análisis e intercambio de canales; véase la Figura 10-8.

10.5 Fase de análisis e intercambio de canales

10.5.1 Resumen

La fase de análisis e intercambio de canales no requiere ningún cambio con respecto a [UIT-T G.993.2], salvo el campo de parámetros UIT-T G.993.5 definido para el mensaje O-PMS.

10.5.2 Mensajes SOC modificados enviados durante la fase de análisis e intercambio de canales

10.5.2.1 O-PMS

El mensaje O-PMS (definido en el Cuadro 12-46 de [UIT-T G.993.2]) que se transmite durante O-P-MEDLEY contiene un campo de parámetros de UIT-T G.993.5. El campo de parámetros de UIT-T G.993.5 contiene varios parámetros necesarios para la operación de cancelación de FEXT, como se muestra en el Cuadro 10-16.

Cuadro 10-16 – Campo de parámetros de UIT-T G.993.5 en el mensaje O-PMS

Campo	Nombre del campo	Formato
1	Longitud del campo de parámetros UIT-T G.993.5	1 byte
2	Encapsulación de canal de retorno en estado de conexión	1 byte
3	Capa 2 de dirección MAC VCE	6 bytes
4	Capa 2 de ID de línea	2 bytes

El campo N.º 1, "Longitud del campo de parámetros UIT-T G.993.5", indica la longitud en bytes del campo de parámetros UIT-T G.993.5, excluido dicho campo. Todos los campos que se muestran en el Cuadro 10-16 deberán incorporarse al mensaje O-PMS. El campo se representará como entero sin signo.

El campo N.º 2, "Encapsulación de canal de retorno en estado de conexión", define si el canal de retorno en estado de conexión está encapsulado en mensajes eoc o en paquetes Ethernet de Capa 2. El campo se ajustará a 00₁₆ para la encapsulación eoc y a 01₁₆ para la encapsulación Ethernet de Capa 2. Para el UIT-T se reservan otros valores.

El campo N.º 3, "Capa 2 de dirección MAC VCE", define la dirección MAC VCE que debe utilizar la NT como dirección de destino MAC en caso de que se utilice la encapsulación Ethernet de Capa 2. El campo se ajustará a todos 00₁₆ bytes en caso de que se utilice la encapsulación eoc.

El campo N.º 4, "Capa 2 de ID de línea", define el ID de línea que debe utilizar la NT en caso de que se utilice el encapsulado Ethernet de Capa 2. El ID de línea se incorporará como los dos primeros bytes de la carga útil del paquete Ethernet (véase la Figura 7-9). El campo se ajustará a 0000₁₆ en caso de que se utilice la encapsulación eoc.

10.6 Transición de inicialización a estado de conexión

El último símbolo de O-P-SYNCHRO 6 se transmitirá en una posición del símbolo de sincronización en sentido descendente, de modo que el primer símbolo del estado de conexión sea un símbolo de datos transmitido en la cuenta de símbolos en sentido descendente 0.

El primer símbolo DMT después de O-P-SYNCHRO 6 de la fase de análisis e intercambio de canales será el primer símbolo del estado de conexión en sentido ascendente. Los parámetros de PMD, PMS-TC y TPS-TC negociados durante la fase de análisis e intercambio de canales se aplicarán empezando por el primer símbolo del estado de conexión.

El último símbolo de R-P-SYNCHRO 6 se transmitirá en una posición del símbolo de sincronización en sentido ascendente, de modo que el primer símbolo de estado de conexión sea un símbolo de datos transmitido en la cuenta de símbolos en sentido ascendente 0.

El primer símbolo DMT después de R-P-SYNCHRO 6 será el primer símbolo del estado de conexión en sentido ascendente. Los parámetros de PMD, PMS-TC y TPS-TC negociados durante la fase de análisis e intercambio de canales se aplicarán empezando por el primer símbolo del estado de conexión.

El último símbolo de R-P-SYNCHRO 6 se transmitirá al menos 15 y no más de $15 + 64 + 257$ símbolos después de la transmisión del último símbolo de O-P-SYNCHRO 6.

Las posiciones del símbolo de sincronización en sentido descendente y la secuencia piloto en sentido descendente continuarán desde la inicialización hasta el estado de conexión. Cada símbolo de sincronización en sentido descendente en estado de conexión será modulado por la secuencia piloto en sentido descendente (véase la cláusula 6.2.3).

Las posiciones del símbolo de sincronización en sentido ascendente y la secuencia piloto en sentido ascendente continuarán desde la inicialización hasta el estado de conexión. Cada símbolo de sincronización en sentido ascendente en el estado de conexión será modulado por la secuencia piloto en sentido ascendente (véase la cláusula 7.3.3).

10.7 Procedimientos del modo diagnóstico de bucle

10.7.1 Visión general

El procedimiento del modo de diagnóstico de bucle descrito en la presente cláusula se basa en la inicialización descrita en las cláusulas 10.1 a 10.6, con la adición de pasos específicos para el modo de diagnóstico de bucle, y sin enviar mensajes R-ERROR-FEEDBACK.

Si se fija el punto de código del modo diagnóstico de bucle en el mensaje MS (véanse las cláusulas 12.3.2.1.2 y 12.3.2.2.2 de [UIT-T G.993.2]), el modo diagnóstico de bucle se introducirá una vez finalizada la fase de toma de contacto de UIT-T G.994.1. El modo diagnóstico de bucle se introducirá a petición de cualquier VTU. Ambas VTU deben soportar el modo diagnóstico de bucle.

La secuencia de etapas en el modo diagnóstico de bucle será la misma que para la inicialización (definida en las cláusulas 10.1 a 10.6) hasta la fase de análisis e intercambio de canales, cuando se intercambian los parámetros de prueba enumerados en el Cuadro 12-64 de [UIT-T G.993.2] y definidos en la cláusula 11.4.1 de [UIT-T G.993.2]. Con todo, los parámetros de prueba para el ruido de línea silencioso (QLN) y para la función características del canal (Hlog) se medirán e intercambiarán durante la fase de búsqueda de canales, como se describe en la cláusula 12.4.3 de [UIT-T G.993.2].

Las temporizaciones especificadas en la cláusula 12.3.1 de [UIT-T G.993.2] no se aplican al modo diagnóstico de bucle. Los valores de las temporizaciones quedan pendientes de estudios adicionales.

10.7.1.1 Asignación de mensajes SOC durante el modo de diagnóstico de bucle

Véase la cláusula 12.4.1.1 de [UIT-T G.993.2].

10.7.2 Fases de descubrimiento de canal y de acondicionamiento del modo de diagnóstico de bucle

10.7.2.1 Mensajes SOC intercambiados durante las fases de búsqueda de canales y de acondicionamiento para el modo diagnóstico de bucle

Salvo para O-PRM, R-PRM, R-MSG1 y O-TA_UPDATE, los mensajes SOC para la fase de búsqueda de canales y la fase de acondicionamiento en el modo diagnóstico de bucle serán los mismos que para el procedimiento de inicialización descrito en las cláusulas 10.3 y 10.4, respectivamente.

10.7.2.1.1 O-PRM y R-PRM

Los parámetros de prueba para el QLN y la función características del canal, Hlog, se medirán e intercambiarán durante la fase de búsqueda de canales en los mensajes O-PRM-LD y R-PRM-LD descritos en la cláusula 12.4.2.1 de [UIT-T G.993.2], que sustituyen a O-PRM y R-PRM.

NOTA – Los campos N.º 13 y N.º 14 de O-PRM y R-PRM contienen el campo de parámetros UIT-T G.998.4 y el campo de parámetros UIT-T G.993.5. Mientras que el campo N.º 13 y el campo N.º 14 en O-PRM-LD y R-PRM-LD contienen QLN y Hlog.

10.7.2.1.2 R-MSG1 (cláusula adicional 10.3.2.2)

El campo N.º 2, "número máximo de símbolos de estimación de FEXT por supertrama", define el número máximo ($K_{máx}$) de símbolos en la supertrama para el que la VTU-R soporta la notificación de muestras de error. El campo se formateará como un entero sin signo con valor $K_{máx} = 0$.

El campo N.º 3, "apoyo de parámetros opcionales de control de canal de retorno", indica los valores opcionales de los parámetros de control soportados por la VTU-R. El campo se formateará como un entero sin signo con el valor 00_{16} .

NOTA – Este texto es idéntico al Anexo Y, cláusula Y.10.3.2.2, de [UIT-T G.993.2].

10.7.2.1.3 O-TA_UPDATE (cláusula adicional 10.4.2.1)

El campo N.º 2, "Parámetros de control de la notificación de errores", define los parámetros de control para cada banda vectorizada que se indica en el mensaje O-SIGNATURE. La VTU-R ignorará los parámetros de control del informe de errores.

El campo N.º 3, "Factor de repetición del SOC", define el factor de repetición del SOC, $1/R$, establecido por la VCE. La VTU-R ignorará este campo.

El campo N.º 4, "Símbolos de estimación FEXT por supertrama", establece la cantidad de símbolos (K) de la supertrama para los que se debe notificar una muestra de error recortada. El campo se formateará como un entero sin signo con valor $K = 0$.

NOTA – Este texto es idéntico a la cláusula Y.10.4.2.1, Anexo Y, de [UIT-T G.993.2], excepto por el campo N.º 3.

10.7.2.2 Señales transmitidas durante las fases de búsqueda de canales y de acondicionamiento

Las señales transmitidas durante las fases de búsqueda de canales y de acondicionamiento son las mismas que se definen en las cláusulas 10.3 y 10.4 para la inicialización, con las siguientes excepciones:

- la correspondencia de mensajes SOC será la definida en la cláusula 12.4.1.1 de [UIT-T G.993.2];
- la duración de O-P-QUIET 1 será de al menos 8192 símbolos, pero no superior a 16384 símbolos;
- la definición de R-P-VECTOR 2.

10.7.2.2.1 R-P-VECTOR 2 (sustituye a la cláusula 10.4.4.5)

En las posiciones de símbolo de sincronización, la señal R-P-VECTOR 2 contendrá símbolos de sincronización modulados como se define para la señal R-P-VECTOR 1. En otras posiciones de símbolo, los símbolos se modularán como para la señal R-P-TRAINING 2, con la correspondencia de mensaje SOC como se define en la cláusula 12.4.1.1 de [UIT-T G.993.2].

La transmisión de la señal R-P-VECTOR 2 permite a la VCE estimar los canales FEXT en sentido ascendente desde las líneas vectorizadas hacia la línea de inicialización, y actualizar las estimaciones FEXT en sentido ascendente desde las líneas de inicialización hasta las líneas vectorizadas.

Durante la transmisión de los símbolos de sincronización, el SOC se encuentra en estado inactivo. Con respecto a otros símbolos, el SOC está en estado activo y la VTU-R transmitirá el mensaje R-IDLE.

La duración de la señal R-P-VECTOR 2 es controlada por la VTU-O. Durante el periodo comprendido por los 64 símbolos que siguen al último símbolo de la señal O-P-SYNCHRO V4, la VTU-R terminará la transmisión de la señal R-P-VECTOR 2.

La señal R-P-VECTOR 2 irá seguida de la señal R-P-SYNCHRO V2.

NOTA 1 – La señal R-P-VECTOR 2 en modo de diagnóstico de bucle es idéntica a la señal R-P-VECTOR 2 definida en la cláusula 10.4.4.5 para inicialización, sin SOC extendido y con la VTU-R transmitiendo mensajes R-IDLE en lugar de mensajes R-ERROR-FEEDBACK.

NOTA 2 – El presente texto es idéntico a la cláusula Y.10.4.4.5, Anexo Y de [UIT-T G.993.2], excepto en lo que respecta a la correspondencia de mensajes SOC.

10.7.3 Fase de análisis e intercambio de canales del modo diagnóstico de bucle

La fase de análisis e intercambio de canales del modo de diagnóstico de bucle en UIT-T G.993.5 no requiere ningún cambio en comparación con el modo de diagnóstico de bucle en [UIT-T G.993.2].

11 Parámetros de configuración y de prueba

En la presente Recomendación se definen los parámetros de configuración y los parámetros de prueba a los que se podrá acceder a través de la base de información de gestión de la central (COMIB). Los parámetros de configuración se definen en la cláusula 11.1. Los parámetros de prueba se definen en la cláusula 11.2. Los parámetros de configuración y de prueba se definen en [UIT-T G.997.1] como objetos de gestión accesibles a través de la interfaz Q.

11.1 Parámetros de configuración

11.1.1 Activar/desactivar cancelación de FEXT

Este parámetro de configuración se definirá para cada línea de un grupo de líneas vectorizadas. Activa o desactiva la cancelación de FEXT de todas las demás líneas vectorizadas en una línea del grupo vectorizado. Si la cancelación de FEXT está desactivada para una línea, entonces no se producirá ninguna cancelación de FEXT desde ninguna otra línea del grupo vectorizado hacia esa línea.

Este parámetro de configuración se definirá independientemente para los sentidos ascendente y descendente.

11.1.2 Bandas de frecuencias que no requieren cancelación de FEXT

Este parámetro de configuración será un conjunto de pares de índices de subportadora. Cada par representa el índice de subportadora de inicio y final de una banda de frecuencias en la que no se requiere la cancelación de FEXT. Pueden configurarse hasta ocho bandas de frecuencias.

Se aplicará la misma configuración a todas las líneas del grupo vectorizado.

Este parámetro de configuración se definirá independientemente para los sentidos ascendente y descendente.

11.1.3 NDR objetivo/ETR objetivo

Tanto el parámetro de configuración de velocidad de datos neta objetivo (NDR objetivo) como el parámetro de configuración del caudal esperado objetivo (ETR objetivo) se definirán para cada línea de un grupo de líneas vectorizadas. Esos parámetros de configuración ayudan a la VCE a decidir sobre la asignación de recursos de AN vectorizados entre las líneas de un grupo vectorizado para la cancelación de FEXT. Debido a la escasez de recursos, es posible que el AN vectorizado no pueda mitigar todas las fuentes de FEXT en cada una de las líneas del grupo vectorizado. Por lo tanto, la VCE puede optar por limitar el número de fuentes de diafonía para cancelar para cada línea vectorizada.

11.1.3.1 NDR objetivo

Para cada línea, el parámetro de configuración de NDR objetivo debe ajustarse a la NDR esperada que se puede alcanzar para la línea cuando todas las líneas del grupo vectorizado están activas y funcionan sin retransmisión de UIT-T G.998.4, o alternativamente, puede ajustarse a un valor especial que indique que el operador no ha configurado ninguna NDR objetivo.

Si el operador configura la NDR objetivo y no se selecciona la retransmisión de UIT-T G.998.4 durante la inicialización para la dirección aplicable, la VCE debe asignar recursos suficientes de manera que la NDR sea superior o igual a la NDR objetivo. Si en el momento de la inicialización, la NDR está por debajo de la NDR objetivo pero por encima de la NDR mínima (*net_mín*, véase el Anexo K de [UIT-T G.993.2]), la VTU deberá pasar a estado de conexión.

Este parámetro de configuración se definirá independientemente para los sentidos ascendente y descendente.

Este parámetro de configuración corresponde al parámetro TARGET_NDR de UIT-T G.997.1 (véase la cláusula 7.3.2.20.2 de [UIT-T G.997.1]) en la CO-MIB.

11.1.3.2 ETR objetivo

Para cada línea, el parámetro de configuración de ETR objetivo debe ajustarse al ETR esperado que puede alcanzarse para la línea cuando todas las líneas del grupo vectorizado están activas y funcionan con la retransmisión de UIT-T G.998.4, o alternativamente, puede ajustarse a un valor especial que indique que el operador no ha configurado ningún ETR objetivo.

Si el operador configura el ETR objetivo y se selecciona la retransmisión de UIT-T G.998.4 durante la inicialización para la dirección aplicable, la VCE debe asignar recursos suficientes de manera que el ETR sea mayor o igual que el ETR objetivo. Si en el momento de la inicialización, el ETR es inferior al ETR objetivo pero superior al ETR mínimo (*ETR_mín*, véase la cláusula 7 de [UIT-T G.998.4]), la VTU deberá pasar al estado de conexión.

Este parámetro de configuración se definirá independientemente para los sentidos ascendente y descendente.

Este parámetro de configuración corresponde al parámetro TARGET_ETR de UIT-T G.997.1 (véase la cláusula 7.3.2.20.1 de [UIT-T G.997.1]) en la CO-MIB.

11.1.4 Prioridades de líneas

Este parámetro de configuración ayuda a la VCE a decidir sobre la asignación de recursos de AN vectorizados entre las líneas de un grupo vectorizado para la cancelación de FEXT. Debido a la escasez de recursos, es posible que el NA vectorizado no pueda mitigar todas las fuentes de FEXT en cada una de las líneas del grupo vectorizado. Por lo tanto, la VCE puede optar por limitar el número de fuentes de diafonía para cancelar para cada línea vectorizada.

El cumplimiento del parámetro de configuración de prioridades de líneas es opcional. Si se soporta, el parámetro se definirá para cada línea de un grupo de líneas vectorizadas. A efectos de cumplimiento, una VCE debe asignar inicialmente recursos suficientes de tal manera que se satisfaga la NDR objetivo (si no se selecciona la retransmisión de UIT-T G.998.4 para la dirección aplicable) o el ETR objetivo (si se selecciona la retransmisión de UIT-T G.998.4 para la dirección aplicable) para todas las líneas de un grupo vectorizado. Posteriormente, la VCE debería aprovechar los niveles de prioridad de las líneas configurados para asignar los recursos restantes entre las líneas a fin de mejorar aún más los NDR/ETR.

Para cada línea del grupo vectorizado, la prioridad de línea se configura como BAJA o ALTA, o alternativamente, puede establecerse un valor especial que indique que el operador no ha configurado ninguna prioridad de línea. La VCE debería asignar más recursos a una línea con una prioridad de línea ALTA para aumentar aún más el NDR/ETR por encima del NDR/ETR objetivo

(por ejemplo, mitigando aún más la FEXT). La VCE no debe asignar recursos adicionales a una línea con prioridad de línea ALTA si ya se ha alcanzado la NDR máxima (*net_máx*, véase el Anexo K de [UIT-T G.993.2]) en esa línea. Si se cumple la condición de NDR máxima para todas las líneas vectorizadas con prioridad de línea ALTA, entonces la VCE puede asignar sus recursos restantes a líneas vectorizadas con prioridad de línea BAJA para mejorar el NDR/ETR por encima del NDR/ETR objetivo.

NOTA – Una VCE con recursos suficientes puede no tener que usar las prioridades de línea configuradas para asignar sus recursos y, en ese caso, ignorar las prioridades de línea configuradas.

Este parámetro de configuración se definirá independientemente para los sentidos ascendente y descendente.

11.1.5 Tamaño del grupo de subportadora Xlin solicitada (XLINGREQ)

Este parámetro representa el valor requerido de *XLING* (véanse las cláusulas 11.2.1.2 y 11.2.2.2.2). El valor *XLING* presentado será el valor más pequeño soportado, igual o mayor que *XLINGREQ*.

Este parámetro de configuración se definirá independientemente para los sentidos ascendente y descendente.

11.2 Parámetros de pruebas

11.2.1 Coeficientes de acoplamiento de FEXT en sentido descendente (Xlinpsds)

11.2.1.1 Definición de los coeficientes de acoplamiento de FEXT en sentido descendente (Xlinpsds)

La ganancia de inserción FEXT de la línea L_2 a la línea L_1 en sentido descendente sobre la frecuencia f , $FEXT_IG_DS_{L_1, L_2}(f)$, se define como la relación entre el voltaje de FEXT recibido en una carga de 100 ohmios en línea L_1 y el voltaje de transmisión (en una carga de 100 ohmios) en línea L_2 . Si el voltaje de transmisión en línea L_2 en una carga de 100 ohmios es $V_REFERENCE_O(f)$ y el voltaje de FEXT recibido en línea L_1 , mientras que ambos extremos están terminados con una carga de 100 ohmios como se muestra en la Figura 11-1, es $V_FEXT_R(f)$, entonces la ganancia de inserción de FEXT en sentido descendente de la línea L_2 a la línea L_1 en escala lineal viene dada por la siguiente ecuación:

$$FEXT_IG_DS_{L_1, L_2}(f) = \frac{V_FEXT_R(f)}{V_REFERENCE_O(f)}$$

El coeficiente de acoplamiento de FEXT en sentido descendente de la línea L_2 a la línea L_1 sobre la frecuencia f se define como la relación entre la ganancia de inserción de FEXT de la línea L_2 a la línea L_1 y la ganancia directa de inserción de canal de la línea L_1 (o la función característica de canal, H , de la línea L_1) como sigue:

$$Xlinds_{L_1, L_2}(f) = \frac{FEXT_IG_DS_{L_1, L_2}(f)}{H_{L_1}(f)}$$

El coeficiente de acoplamiento de FEXT en sentido descendente también puede representarse en términos de canal directo $V_DIRECT_R(f)$ recibido en la línea L_1 , y el voltaje de canal de FEXT recibido en la línea L_1 como:

$$Xlinds_{L_1, L_2}(f) = \frac{V_FEXT_R(f)}{V_DIRECT_R(f)}$$

donde, como se muestra en la Figura 11-2, $V_DIRECT_R(f)$ es el voltaje recibido en una carga de 100 ohmios en línea L_1 cuando un transmisor con un voltaje de transmisión igual a $V_REFERENCE_O(f)$ (a 100 ohmios) se congela en su estado de transmisión y se conecta a la misma línea. Como se muestra en la Figura 11-1, $V_FEXT_R(f)$ es el voltaje recibido en línea L_1

cuando esta línea termina con una carga de 100 ohmios en ambos lados y el transmisor con el mismo voltaje de transmisión se conecta a la línea L_2 .

NOTA 1 – La definición es independiente del valor de $V_REFERENCE_O(f)$. Con todo, debe ser del mismo orden que los valores típicos de voltaje de transmisión en la línea.

NOTA 2 – La definición anterior es independiente de cualquier filtro de receptor, ya que los efectos del filtro de receptor de la línea L_1 se incluyen tanto en el numerador como en el denominador y se anulan.

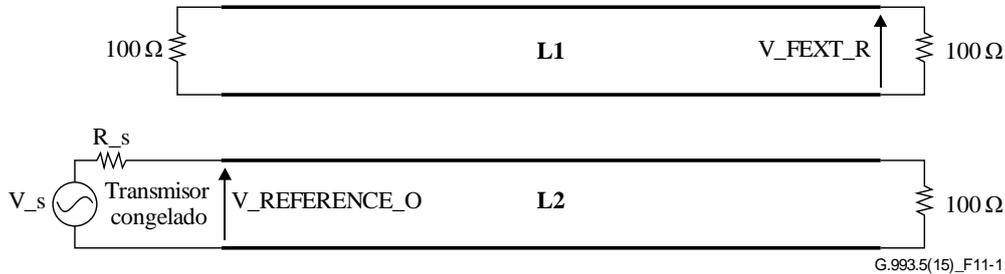


Figura 11-1 – Definición de X_{lin} en sentido descendente (voltaje recibido en el canal de FEXT)

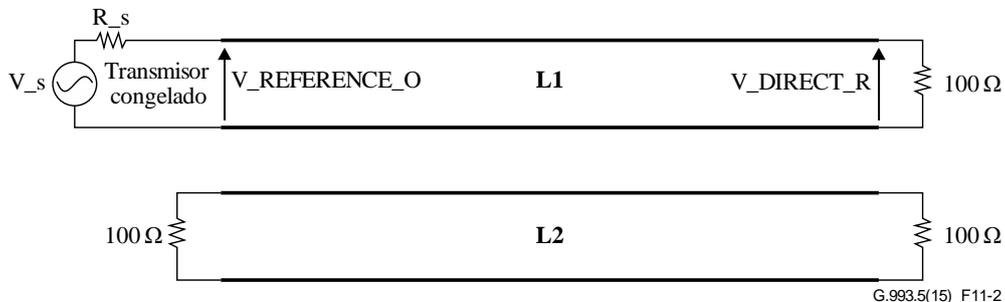


Figura 11-2 – Definición de X_{lin} en sentido descendente (voltaje recibido en canal directo)

11.2.1.2 Notificación de los coeficientes de acoplamiento de FEXT en sentido descendente ($X_{linpsds}$)

Cada banda de frecuencias en la que se almacenen y comuniquen los coeficientes de acoplamiento de FEXT en sentido descendente $X_{linpsds_{i,k}} (n \times \Delta f)$ estará almacenada y representada por un par de índices (start_subcarrier_index y stop_subcarrier_index). El parámetro notificado $XLINBANDS_{ds}$ representará una serie de estos pares en orden creciente de frecuencia.

NOTA – El start_subcarrier_index y el stop_subcarrier_index pueden no coincidir con los bordes definidos del plan de banda.

Los coeficientes de acoplamiento de FEXT en sentido descendente $X_{linpsds_{i,k}} (n \times \Delta f)$ se almacenarán y comunicarán a la entidad de gestión, previa solicitud, al menos para todos los pares de índices de línea (i, k) del grupo vectorizado y los índices de subportadora n para los que la FEXT de la línea k a la línea i se estime o cancele en sentido descendente sobre una banda de frecuencias que contenga el índice de subportadora n y

$$n \in \bigcup_{bands} \{start_subcarrier_index + m \times XLINGds : m = 0 \dots \lfloor (stop_subcarrier_index - start_subcarrier_index) / XLINGds \rfloor\}$$

donde $\lfloor x \rfloor$ indique redondeo al número entero inferior.

En esta descripción, $XLINGds$ es el tamaño del grupo de subportadora para informar sobre el acoplamiento FEXT y está limitado a potencias de dos, y será el valor soportado más pequeño que sea igual o mayor que el valor de $XLINGREQds$ (véase la cláusula 11.1.5) e inferior o igual a 64, y estará limitado a un número máximo de 511 subportadoras notificadas.

La función de características de canal $Xlinpsds_{i,k}(n \times \Delta f)$, se representará en formato lineal mediante un factor de escala y un número complejo normalizado $a(n) + j \times b(n)$, siendo n el índice de subportadora. El factor de escala $XLINSCds$ se codificará como un entero sin signo de 16 bits. Tanto $a(n)$ como $b(n)$ se codificarán como enteros con signo complemento de 2 de 16 bits. El valor de $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ se definirá como $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f) = (XLINSCds/2^{15}) \times (a(n) + j \times b(n))/2^{15}$. Para maximizar la precisión, el factor de *escala* $XLINSCds$ se elegirá de manera que $máx(|a(n)|, |b(n)|)$ sobre todo n sea igual a $2^{15} - 1$.

Este formato de datos admite una granularidad $Xlin(f)$ de 2^{-15} y una gama dinámica $Xlin(f)$ de aproximadamente +6 dB a -90 dB.

Un valor $Xlinpsds_{i,j}(n \times \Delta f)$ indicado como $a(n) = b(n) = -2^{15}$ es un valor especial. Indica que no se puede realizar ninguna medición desde la línea k a la línea i para la subportadora n .

Un valor $Xlinpsds_{i,j}(n \times \Delta f)$ indicado con $a(n) \geq 0$ y $b(n) = 0$ para todos los n comunicados es otro valor especial que significa que no hay información de fase y la magnitud de $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ es $(XLINSCds/2^{15}) \times (a(n))/2^{15}$.

La magnitud de $Xlinpsds_{i,k}(n \times \Delta f)$ en dB es $Xlogpsds_{i,k}(n \times \Delta f)$:

$$Xlogpsus_{i,k}(n \times \Delta f) = 20 \log_{10}(|Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)|)$$

Todos los requisitos de precisión para $Xlinpsus$ se formularán en términos de magnitud solamente ($Xlogpsds$).

Los requisitos de precisión para $Xlogpsds$ permitirán que $Xlogpsds$ sea el logaritmo de la magnitud de los elementos de la aproximación de primer orden de Taylor del inverso de la matriz de precodificación (ver Figura 6-1). Otros requisitos de precisión para $Xlogpsds$ son para estudios posteriores.

11.2.2 Coeficientes de acoplamiento de FEXT en sentido ascendente (Xlinpsus)

11.2.2.1 Definición de los coeficientes de acoplamiento de FEXT en sentido ascendente (Xlinpsus)

La ganancia de inserción de FEXT de la línea L_2 a la línea en L_1 en sentido ascendente sobre la frecuencia f , $FEXT_IG_US_{L1,L2}(f)$, se define como la relación del voltaje de FEXT recibido en una carga de 100 ohmios en la línea L_1 y el voltaje de transmisión (en una carga de 100 ohmios) en la línea L_2 . Si el voltaje de transmisión en línea L_2 en una carga de 100 ohmios es $V_REFERENCE_R(f)$ y el voltaje de FEXT recibido en línea L_1 , mientras que ambos extremos terminan con una carga de 100 ohmios, como se muestra en la Figura 11-3, es $V_FEXT_O(f)$, entonces la ganancia de inserción de FEXT en sentido ascendente de la línea L_2 a la línea L_1 en escala lineal viene dada por la siguiente ecuación:

$$FEXT_IG_US_{L1,L2}(f) = \frac{V_FEXT_O(f)}{V_REFERENCE_R(f)}$$

El coeficiente de acoplamiento de FEXT en sentido ascendente de la línea L_2 a la línea L_1 sobre la frecuencia f se define como la relación entre la ganancia de inserción de FEXT de la línea L_2 a la línea L_1 y la ganancia directa de inserción de canal de la línea L_2 (o la función característica de canal, H , de línea L_2) como sigue:

$$Xlinus_{L1,L2}(f) = \frac{FEXT_IG_US_{L1,L2}(f)}{H_{L2}(f)}$$

El coeficiente de acoplamiento de FEXT en sentido ascendente también puede representarse en términos de canal directo $V_DIRECT_O(f)$ recibido en la línea L_2 y el voltaje de canal de FEXT recibido en la línea L_1 como:

$$Xlinus_{L_1,L_2}(f) = \frac{V_FEXT_O(f)}{V_DIRECT_O(f)}$$

donde, como se muestra en la Figura 11-4, $V_DIRECT_O(f)$ es el voltaje recibido en una carga de 100 ohmios en la línea L_2 cuando un transmisor con un voltaje de transmisión igual a $V_REFERENCE_R(f)$ (a 100 ohmios) se congela en su estado de transmisión y se conecta a la misma línea. Como se muestra en la Figura 11-3, $V_FEXT_O(f)$ es el voltaje recibido en la línea L_1 cuando esta línea se termina con cargas de 100 ohmios en ambos lados y el transmisor con el mismo voltaje de transmisión se conecta a la línea L_2 .

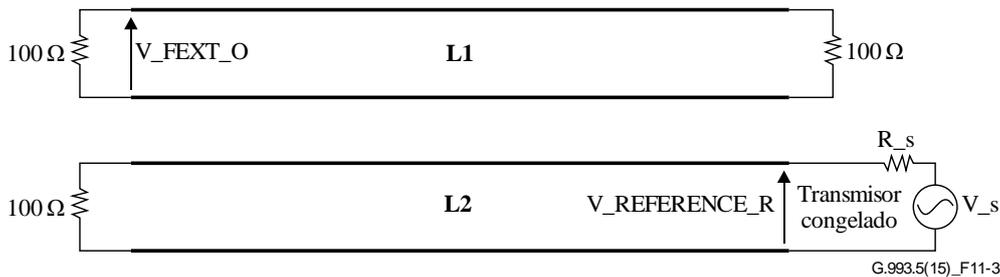


Figura 11-3 – Definición de Xlin en sentido ascendente (voltaje recibido en el canal FEXT)

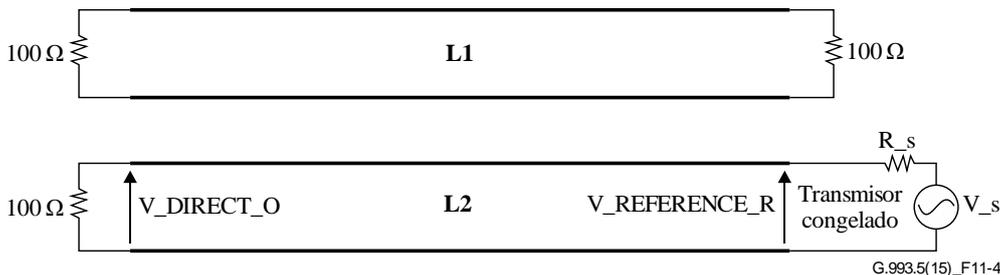


Figura 11-4 – Definición de Xlin en sentido ascendente (voltaje recibido en el canal directo)

11.2.2.2 Notificación de los coeficientes de acoplamiento de FEXT en sentido ascendente (Xlinpsus)

Cada banda de frecuencias en la que se almacenen y comuniquen los coeficientes de acoplamiento de FEXT en sentido ascendente $Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)$ estará representada por un par de índices (start_subcarrier_index y stop_subcarrier_index). El parámetro notificado $XLINBANDS_{us}$ representará una serie de estos pares en orden creciente de frecuencia.

NOTA – El start_subcarrier_index y el stop_subcarrier_index pueden no coincidir con los bordes definidos del plan de banda.

Los coeficientes de acoplamiento de FEXT en sentido ascendente, $Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)$, se almacenarán y comunicarán a la entidad de gestión, previa solicitud, al menos para todos los pares de índices de línea (i, k) del grupo vectorizado y los índices de subportadora n para los que la FEXT de la línea k a la línea i se estime o cancele en sentido ascendente sobre una banda de frecuencias que contenga el índice de subportadora n y

$$n \in \bigcup_{bands} \{start_subcarrier_index + m \times XLINGus : m = 0 \dots \lfloor (stop_subcarrier_index - start_subcarrier_index) / XLINGus \rfloor\}$$

donde $\lfloor x \rfloor$ indique redondeo al número entero inferior.

En esta descripción, $XLINGus$ es el tamaño del grupo de subportadora para informar sobre el acoplamiento de FEXT y está limitado a potencias de dos, igual o mayor que el valor de $XLINGREQus$ (véase la cláusula 11.1.5) e inferior o igual a 64, y estará limitado a un número máximo de 511 subportadoras notificadas.

La función de características de canal $Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)$, se representará en formato lineal mediante un factor de escala y un número complejo normalizado $a(n) + j \times b(n)$, siendo n el índice de subportadora. El factor de escala $XLINSCus$ se codificará como un entero sin signo de 16 bits. Tanto $a(n)$ como $b(n)$ se codificarán como enteros con signo complemento de 2 de 16 bits. El valor de $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ se definirá como $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f) = (XLINSCus/2^{15}) \times (a(n) + j \times b(n))/2^{15}$. Para maximizar la precisión, el factor de escala $XLINSCus$ se elegirá de manera que $máx(|a(n)|, |b(n)|)$ de todos los n comunicados sea igual a $2^{15} - 1$.

Este formato de datos admite una granularidad $Xlin(f)$ de 2^{-15} y una gama dinámica $Xlin(f)$ de aproximadamente +6 dB a -90 dB.

Un valor $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ indicado con $a(n) = b(n) = -2^{15}$ es un valor especial. Significa que no pueden darse por garantizada ninguna medición de la línea k a la línea i para la subportadora n .

Un valor $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ indicado con $a(n) \geq 0$ y $b(n) = 0$ para todos los n comunicados es otro valor especial que significa que no hay información de fase y la magnitud de $Xlinpsus_{i,j}(n \times \Delta f)$ es la magnitud de $a(n)$.

La magnitud de $Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)$ en dB es $Xlogpsus_{i,k}(n \times \Delta f)$:

$$Xlogpsus_{i,k}(n \times \Delta f) = 20 \log_{10}(|Xlinpsus_{i,k}(n \times \Delta f)|).$$

Todos los requisitos de precisión para $Xlinpsus$ se formularán en términos de magnitud solamente ($Xlogpsus$) y quedan pendientes de estudio.

Anexo A

Reducción de la FEXT intensa

(Este anexo forma parte integrante de la presente Recomendación.)

A.1 Introducción

En este anexo se define un método para reducir la FEXT intensa.

Este anexo describe una funcionalidad opcional, que solo se aplicará si la VTU funciona según el Anexo Q de [UIT-T G.993.2].

La funcionalidad definida en el presente anexo incluye:

- el procedimiento de ajuste de ganancia para el transceptor VDSL2 (TIGAV) iniciado por el transmisor;
- la utilización de umbrales de recorte de error ampliados.

A.2 Parámetros de control de la mínima de velocidad de datos de encabezamiento de mensaje (modifica la cláusula 9.5.4 de [UIT-T G.993.2])

Para un funcionamiento acorde con este anexo, los parámetros de control del msg_{\min} en sentido descendente y del msg_{\min} en sentido ascendente se derivarán de los parámetros de configuración MSGMINds y MSGMINus (definidos en la CO-MIB, véase la cláusula 7.3.1.5 de [UIT-T G.997.1]), respectivamente, como sigue:

- para el perfil 35b:
 - en sentido descendente: $\max(\text{MSGMINds}, 200 \text{ kbit/s}) \leq msg_{\min} \leq 236 \text{ kbit/s}$;
 - en sentido ascendente: $\max(\text{MSGMINus}, 64 \text{ kbit/s}) \leq msg_{\min} \leq 236 \text{ kbit/s}$;
- para el perfil 17a:
 - en sentido descendente: $\max(\text{MSGMINds}, 64 \text{ kbit/s}) \leq msg_{\min} \leq 236 \text{ kbit/s}$;
 - en sentido ascendente: $\max(\text{MSGMINus}, 64 \text{ kbit/s}) \leq msg_{\min} \leq 236 \text{ kbit/s}$.

A.3 Muestras de error recortadas

A.3.1 Definición de una muestra de error recortada (reemplaza la cláusula 3.2.4)

Una muestra de error recortada es una muestra de error normalizada que es recortada nuevamente por la VTU-R bajo el control de la VCE (véase la cláusula A.3.3).

A.3.2 Parámetros de control para la transmisión/comunicación de muestras de error recortadas (modifica la cláusula 7.2.2.1)

Para un funcionamiento acorde con este anexo, en el Cuadro A.1 se define un valor obligatorio adicional para los parámetros de control de las muestras de error recortadas, además de los valores expuestos en el Cuadro 7-2. Este valor viene definido a efectos de configuración por la VCE y a efectos de soporte por la VTU-O y la VTU-R.

Cuadro A.1 – Valores adicionales de los parámetros de control del canal de retorno

Parámetro	Valor válido adicional para la VCE	Valor obligatorio adicional para la VTU-O y la VTU-R
B_máx	13	13

A.3.3 Definición de una muestra de error normalizada (modifica la cláusula 7.2.1)

Para todos los valores de $B_{\text{máx}}$, la muestra de error normalizada será la definida en la cláusula 7.2.1.

Las componentes reales e imaginarias de las muestras de error normalizadas E se recortarán y cuantificarán en valores enteros para las componentes de la muestra de error recortada q_x y q_y respectivamente, como sigue:

$$\begin{aligned} \text{para } B_{\text{máx}} \leq 11: & \quad q_x = \max\left(-2^{B_{\text{máx}}}, \min\left(\lfloor e_x \times 2^{N_{\text{máx}}-1} \rfloor, 2^{B_{\text{máx}}}-1\right)\right) \\ & \quad q_y = \max\left(-2^{B_{\text{máx}}}, \min\left(\lfloor e_y \times 2^{N_{\text{máx}}-1} \rfloor, 2^{B_{\text{máx}}}-1\right)\right), \\ \text{para } B_{\text{máx}} = 13: & \quad q_x = \max\left(-CT, \min\left(\lfloor e_x \times 2^{N_{\text{máx}}-1} \rfloor, CT-1\right)\right) \\ & \quad q_y = \max\left(-CT, \min\left(\lfloor e_y \times 2^{N_{\text{máx}}-1} \rfloor, CT-1\right)\right), \end{aligned}$$

donde $Q = q_x + j \times q_y$ representa la muestra de error recortada y $N_{\text{máx}}$ representa la profundidad máxima de la cuantificación de las muestras de error normalizadas de la VTU-R, que se fijarán a 12, y $B_{\text{máx}}$ representa el límite superior del índice de bit para la notificación de las componentes de muestra de error recortada q_x y q_y ($B_{\text{máx}} < N_{\text{máx}}$, siendo la VCE la que configura $B_{\text{máx}}$ (véanse los Cuadros 7-1 y 7-2)).

En el caso $B_{\text{máx}} = 13$, el parámetro CT representa el umbral de recorte, que es un valor establecido por el fabricante que debe estar en el intervalo $[2^{B_{\text{máx}}} - 2^{(N_{\text{máx}}-1)}, 2^{B_{\text{máx}}}]$. El valor de CT será determinado por la VTU-R durante la inicialización antes del envío del mensaje R-ERROR-FEEDBACK y deberá permanecer idéntico durante el resto de la inicialización y el estado de conexión subsiguiente (véanse las Notas 1 y 2).

NOTA 1 – En relación con la reducción que se puede observar en la Figura 7-3, los intervalos de recorte equivalentes para e_x y e_y son:

$$\text{para } B_{\text{máx}} \leq 11: \left[-\left(\frac{2^{B_{\text{máx}}}}{2^{(N_{\text{máx}}-1)}}\right), \left(\frac{2^{B_{\text{máx}}}-1}{2^{(N_{\text{máx}}-1)}}\right) \right], \text{ que equivale aproximadamente a } [-1,1)$$

para $B_{\text{máx}} = 11$;

$$\text{para } B_{\text{máx}} = 13: \left[-\frac{CT}{2^{(N_{\text{máx}}-1)}}, \frac{CT-1}{2^{(N_{\text{máx}}-1)}} \right], \text{ y } \frac{CT}{2^{(N_{\text{máx}}-1)}} \text{ en el intervalo } [3,4], \text{ que equivale}$$

aproximadamente a $[-3,3)$ para $CT = (2^{B_{\text{máx}}} - 2^{(N_{\text{máx}}-1)})$.

NOTA 2 – En el caso $B_{\text{máx}} = 13$, el fabricante no puede proceder al recorte de las muestras de error en la gama $[-(2^{B_{\text{máx}}} - 2^{(N_{\text{máx}}-1)})], (2^{B_{\text{máx}}} - 2^{(N_{\text{máx}}-1)})-1]$.

Para todos los valores de $B_{\text{máx}}$, los valores de ambas componentes de las muestras de error recortadas q_x y q_y se expresarán mediante la representación de complemento a dos $B_{\text{máx}} + 1$ bits. El formato de la muestra de error recortada para su notificación por el canal de retorno se define en la cláusula 7.2.2. Las subportadoras particulares por las que se notificarán las muestras de error recortadas durante la de inicialización y el estado de conexión se configurarán de la manera descrita en las cláusulas 10.4.2.1 y 8.1, respectivamente.

A.4 Instrucciones OLR

La VTU soportará las instrucciones OLR para facilitar el funcionamiento de las líneas vectorizadas con arreglo al presente anexo (véase el Cuadro A.2).

Cuadro A.2 – Instrucciones y respuestas OLR

Tipo de instrucción	Dirección de la instrucción	Contenido de la instrucción	Contenido de la respuesta
Solicitud OLR de tipo 7 (TIGAV)	De la VTU-O a la VTU-R	El factor de compensación de ganancia relativa (r_i) y la carga de bits propuesta (b_i) que se habrá de aplicar a un conjunto de subportadoras en sentido descendente	Respuesta TIGAV-ACK (acuse de recibo) o respuesta TIGAV-Reject (rechazo)
Solicitud OLR de tipo 8 (TIGAVRESP)	De la VTU-R a la VTU-O	La carga de bits (b_i) que se habrá de aplicar al conjunto pertinente de subportadoras en sentido descendente y parámetros de entramado	Respuesta TIGAVRESP-ACK (acuse de recibo) o respuesta TIGAVRESP-Reject (rechazo)

A.5 Fase de contacto del UIT-T G.994.1 (modifica la cláusula 10.2)

La funcionalidad definida en el presente anexo se negociará durante la fase de contacto de la inicialización de UIT-T G.994.1, utilizando el valor de código NPar(3) definido en el Cuadro 11.68.10.1 de [UIT-T G.994.1]. La utilización de ese valor de código en los mensajes CL, CLR y MS de la Recomendación UIT-T G.994.1 se define en los Cuadros A.3 a A.6.

Cuadro A.3 –Definiciones del bit Npar(3) del mensaje VTU-O CL

Bit Npar(3) UIT-T G.994.1	Definición de los bits NPar(3)
Soporte de la reducción de la FEXT intensa	Si se fija a UNO, este bit indica que la VTU-O soporta la funcionalidad definida en este anexo. Si se fija a CERO, este bit indica que la VTU-O no soporta la funcionalidad definida en este anexo

Cuadro A.4 – Definiciones del bit Npar(3) del mensaje VTU-O MS

Bit Npar(3) UIT-T G.994.1	Definición de los bits NPar(3)
Soporte de la reducción de la FEXT	Este bit se fijará a UNO únicamente si estaba puesto a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior y se selecciona un perfil al que se aplica este anexo. Si se fija a UNO, este bit indica que la funcionalidad definida en este anexo está habilitada. Si se fija a CERO, este bit indica que la funcionalidad definida en este anexo está inhabilitada

Cuadro A.5 – Definiciones del bit Npar(3) del mensaje VTU-R CLR

Bit Npar(3) UIT-T G.994.1	Definición de los bits NPar(3)
Soporte de la reducción de la FEXT intensa	Si se fija a UNO, este bit indica que la VTU-R soporta la funcionalidad definida en este anexo. Si se fija a "CERO", este bit indica que la VTU-R no soporta la funcionalidad definida en este anexo.

Cuadro A.6 – Definiciones del bit Npar(3) del mensaje VTU-R MS

Bit Npar(3) UIT-T G.994.1	Definición de los bits NPar(3)
Soporte de la reducción de la FEXT intensa	Este bit se fijará a UNO únicamente si estaba puesto a UNO en el último mensaje CL anterior y en el último mensaje CLR anterior, y se selecciona un perfil al que se aplica este anexo. Si se fija a UNO, este bit indica que la funcionalidad definida en este anexo está habilitada. Si se fija a CERO, este bit indica que la funcionalidad definida en este anexo está inhabilitada.

Si el mensaje CLR de la Recomendación UIT-T G.994.1 tiene el bit Npar(3) "Soporte de la reducción de la FEXT intensa" fijado a UNO, entonces este bit indica que soporta el perfil 35b y que podría soportar cualquier otro perfil.

Si el mensaje CL de la Recomendación UIT-T G.994.1 tiene el bit Npar(3) "Soporte de la reducción de la FEXT intensa" fijado a UNO y el perfil 35b está habilitado en la CO-MIB, entonces este bit indica que soporta el perfil 35b y que podría soportar cualquier otro perfil.

Si el mensaje MS de la Recomendación UIT-T G.994.1 tiene el bit Npar(3) "Soporte de la reducción de la FEXT intensa" fijado a UNO, entonces funcionará de conformidad con el Anexo Q de [UIT-T G.993.2] y elegirá funcionar con arreglo al perfil 17a o al perfil 35b.

A.6 Funcionalidad TIGAV

La funcionalidad asociada al procedimiento TIGAV será soportada por la VTU-O y la VTU-R.

El objetivo del procedimiento es integrar rápidamente los cambios del precodificador en entornos de alta diafonía, indicando a la VTU-R los cambios correspondientes de ganancia de compensación y los cambios previstos de la carga de bits en las subportadoras pertinentes en sentido descendente.

La VTU-O inicia el procedimiento enviando una instrucción TIGAV a la VTU-R en la que se indica el factor de compensación de ganancia relativa (r_i) y la carga de bits propuesta (b_i) que deben aplicarse al conjunto de subportadoras indicado en sentido descendente. En su respuesta, la VTU-R calcula la carga de bits real en sentido descendente basándose en los valores del r_i recibidos y la devuelve a la VTU-O en la instrucción TIGAVRESP. Además, la VTU-O envía a la VTU-R un marcador de tiempo que indica la posición del símbolo en la que la VTU-R aplica los nuevos valores del r_i y en la que ambas VTU aplican los valores b_i reales solicitados por la VTU-R. Los detalles del intercambio de mensajes figuran en la cláusula A.6.2.

La VTU-R puede aceptar la carga de bits real que se propone en la instrucción TIGAV o bien solicitar una carga de bits real diferente. En este último caso, la carga de bits real solicitada por la VTU-R en la TIGAVRESP deberá cumplir las reglas definidas en la cláusula A.6.1.2.

A.6.1 Instrucciones TIGAV y TIGAVRESP

Las TIGAV y TIGAVRESP son instrucciones OLR que se utilizarán para facilitar el procedimiento TIGAV. Ambas instrucciones son de alta prioridad; los primeros octetos de las instrucciones y las respuestas asociadas serán instrucciones OLR del tipo definido en el Cuadro 11-2 de [UIT-T G.993.2]. Los octetos siguientes de las instrucciones serán los definidos en el Cuadro A.7. Los octetos posteriores de las respuestas serán los que se definen en el Cuadro A.8. Los octetos de todas las instrucciones y respuestas se enviarán utilizando el formato descrito en la cláusula 11.2.3.1 de [UIT-T G.993.2]. La segmentación de mensajes se efectuará de conformidad con la cláusula 11.2.3.3 de [UIT-T G.993.2].

Solo la VTU-O podrá enviar instrucciones TIGAV.

Solo la VTU-R podrá enviar instrucciones TIGAVRESP.

Para identificar una instrucción TIGAV específica se utiliza el número de identificación de 4 bits de las TIGAV (TID). El TID se incrementará cada vez que la VTU-O inicie una TIGAV que contenga un nuevo conjunto de parámetros, y comenzará de nuevo al alcanzar el valor 1111₂, es decir, pasará de 1111₂ a 0000₂. La VTU-R indicará en la instrucción TIGAVRESP el mismo valor de TID indicado por la VTU-O en la instrucción TIGAV correspondiente.

Cuadro A.7 – Instrucciones TIGAV y TIGAVRESP

Nombre	Longitud (bytes)	Número de octetos	Contenido	Soporte
Solicitud del tipo 7 (TIGAV)	Variable	2	10 ₁₆ (Nota 1)	Obligatorio
		3	Los cuatro MSB representan el TID (con un rango válido de 0 a 15, representado como valor entero sin signo). Los cuatro LSB representan el número de subcampos de parámetros de las bandas de subportadora ($1 \leq N_{scbt} \leq 15$, representado como valor entero sin signo).	
		Variable	El campo de parámetros de las bandas de subportadora, incluye los subcampos de parámetros N_{scbt} de las bandas de subportadora, véase el Cuadro A.10.	
		Variable	1 octeto para el código de segmento (SC)	
Solicitud del tipo 8 (TIGAVRESP) (Nota 2)	Variable	2	11 ₁₆ (Nota 1)	Obligatorio
		3-4	dos octetos que contienen el nuevo valor para L_I	
		5	un octeto que contiene el nuevo valor para B_{I0}	
		6	un octeto que contiene el nuevo valor para M_I	
		7	un octeto que contiene el nuevo valor para R_I	
		8	un octeto que contiene el nuevo valor para Q	
		9	un octeto que contiene el nuevo valor para V	
		10	un octeto que contiene el nuevo valor para Q_{tx}	
		11	un octeto que contiene el nuevo valor para lb	
		12	Los cuatro MSB representan el TID (con un rango válido de 0 a 15, representado como valor entero sin signo). Los cuatro LSB representan el número de subcampos de parámetros de las bandas de subportadora ($0 \leq N_{scbr} \leq 15$, representado como valor entero sin signo). $N_{scbr} = 0$: Aceptar la carga de bits propuesta en la TIGAV. $N_{scbr} > 0$: Respuesta con los valores de carga de bits solicitados por la VTU-R, indicados en el campo de parámetros de las bandas de subportadora.	

Cuadro A.7 – Instrucciones TIGAV y TIGAVRESP

		Variable	El campo de parámetros de las bandas de subportadora incluye los subcampos de parámetros N_{sabr} , de las bandas de subportadora (véase el Cuadro A.14). Si $N_{sabr} = 0$, la longitud de este campo será de 0 bytes.	
		Variable	1 octeto para el código de segmento	
<p>NOTA 1 – Todos los demás valores están reservados por el UIT-T.</p> <p>NOTA 2 – Los parámetros de entramado en los octetos 3 a 11 se representarán como se definen para la solicitud de tipo 5 en la cláusula C.3.2 de [UIT-TG.998.4].</p>				

Las TIGAV-Reject y TIGAV-ACK, así como las TIGAVRESP-Reject y TIGAVRESP-ACK, son respuestas a las instrucciones TIGAV y TIGAVRESP, respectivamente (véase el Cuadro A.8). Los códigos de motivo relativos a las respuestas Reject (rechazo) se definen en el Cuadro A.9.

Solo la VTU-R podrá enviar las respuestas TIGAV-Reject y TIGAV-ACK.

Solo la VTU-O podrá enviar las respuestas TIGAVRESP-Reject y TIGAVRESP-ACK.

Cuadro A.8 – Respuestas TIGAV y TIGAVRESP

Nombre	Longitud (bytes)	Número de octetos	Contenido	Soporte
Rechazo (Reject) de la solicitud de tipo 7 (TIGAV-Reject)	3	2	87 ₁₆ (Nota)	Obligatorio
		3	1 octeto para el código de motivo	
Acuse de recibo (ACK) de la solicitud de tipo 7 (TIGAV-ACK)	2	2	89 ₁₆ (Nota)	Obligatorio
Rechazo (Reject) de la solicitud de tipo 8 (TIGAVRESP-Reject)	3	2	88 ₁₆ (Nota)	Obligatorio
		3	1 octeto para el código de motivo	
Acuse de recibo (ACK) de la solicitud de tipo 8 (TIGAVRESP-ACK)	2	2	8A ₁₆ (Nota)	Obligatorio
NOTA – Todos los demás valores están reservados por el UIT-T.				

Cuadro A.9 – Códigos de motivo para las respuestas TIGAV y TIGAVRESP

Motivo	Valor de los octetos	Aplicable a la respuesta de rechazo de tipo 7	Aplicable a la respuesta de rechazo de tipo 8
Ocupado	01 ₁₆ (Nota)	No	Sí
Parámetros inválidos	02 ₁₆ (Nota)	Sí	Sí
NOTA – Todos los demás valores están reservados por el UIT-T.			

A.6.1.1 Parámetros de la instrucción TIGAV

El campo de parámetros de las bandas subportadoras en la instrucción TIGAV incluye los subcampos de parámetro N_{sct} de las bandas de subportadora. El formato de los subcampos de parámetro de las bandas de subportadora se define en el Cuadro A.10.

Para cada subcampo de parámetros de las bandas de subportadora se identifica una banda TIGAV. Las bandas TIGAV se delimitan por sus índices de subportadora i_{start} e i_{stop} :

- El índice i_{start} podría situarse en una subportadora activa o inactiva (es decir, $g_i=0$). El índice i_{stop} podría situarse en una subportadora activa o inactiva (es decir, $g_i=0$). También puede haber subportadoras inactivas en una banda TIGAV.
- Los índices i_{start} e i_{stop} determinan la matriz de índices de subportadoras de control para la interpolación del " r_i " (véase la cláusula A.6.1.3) como:
$$i = i_{start} + k \times F_{sub_TIGAV}, \text{ donde } k = 0, 1, 2, \dots (N_r - 1),$$

con una limitación: $i_{stop} = i_{start} + (N_r - 1) \times F_{sub_TIGAV}$, donde N_r es un valor entero superior a 1, y F_{sub_TIGAV} es el submuestreo del r_i aplicado, como se define en el Cuadro A.10.
- Los índices i_{start} e i_{stop} deben satisfacer las siguientes condiciones:
$$i_{start} > i_{start_DSx} - F_{sub_TIGAV},$$

$$i_{stop} < i_{stop_DSx} + F_{sub_TIGAV},$$

donde i_{start_DSx} e i_{stop_DSx} corresponden, respectivamente, al índice de subportadora mínimo y máximo que pertenecen a la banda de paso específica en sentido descendente (véase la cláusula 7.1 de [UIT-T G.993.2]).
NOTA – Esto ofrece la posibilidad de elegir la ubicación de la matriz de puntos de control de la TIGAV.
- Los índices i_{start} e i_{stop} son independientes del conjunto MEDLEY en sentido descendente (MEDLEYds), es decir, i_{start} puede ser inferior, igual o superior al índice de subportadora mínimo del conjunto MEDLEYds e i_{stop} puede ser inferior, igual o superior al índice de subportadora máximo del conjunto MEDLEYds, respectivamente.
- Los índices i_{start} e i_{stop} son independientes de las bandas vectorizadas (intercambiados en el campo *bandas vectorizadas* de la instrucción información de error (Error Feedback) definida en el Cuadro 8-3).

Para cada banda TIGAV n específica, seguida de una banda TIGAV $n+1$ ($n = 1$ a $N_{sct} - 1$):

- el índice $i_{stop}(n)$ será igual o inferior a $i_{start}(n+1)$, es decir, ningún o un solo índice común;
- si $i_{stop}(n) = i_{start}(n+1)$ (es decir, un índice común), los valores r_i y b_i deberán satisfacer las siguientes condiciones: $r(i_{stop}(n)) = r(i_{start}(n+1))$ y $b(i_{stop}(n)) = b(i_{start}(n+1))$.

Las subportadoras activas e inactivas pueden existir fuera de las bandas TIGAV. En relación con las subportadoras activas, la VTU-R asumirá un valor $r_i = 1$ (es decir, el ecualizador de frecuencias (FEQ) no se verá afectado por la TIGAV) y supondrá que no hay ningún cambio en b_i .

Las bandas TIGAV se transmitirán en orden ascendente de sus intervalos de índices de subportadoras.

Cuadro A.10 – Subcampo de parámetros de banda de subportadora de la instrucción TIGAV

Parámetro	Longitud (byte)	Definición
Byte de control	1	[c000 ffff] El bit de control $c = 0$ indica que este subcampo contiene parámetros r_i reales (véase Nota 2). El bit de control $c = 1$ indica que este subcampo contiene parámetros r_i complejos (véase la Nota 2). Los bits de control ffff = F_{sub_TIGAV} para este subcampo, representado como un valor entero sin signo.
i_{start}	2	El índice de inicio ($start$) de subportadora de la banda TIGAV (i_{start}), representado como valor entero sin signo de 16-bit.
i_{stop}	2	El índice de fin ($stop$) de subportadora de la banda TIGAV (i_{stop}), representado como valor entero sin signo de 16-bit.
b_i	Límite superior ($N_b / 2$) (Nota 1)	Este campo contiene parámetros b_i de la TIGAV N_b (véase el Cuadro A.11) para subportadoras con índices i_{start} a i_{stop} , en orden ascendente de los índices de subportadora.
r_i real	$2 \times N_r$	Este campo está presente únicamente en los casos en que el bit de control $c = 0$. Este campo contiene parámetros r_i real de la TIGAV N_r (véase el Cuadro A.13) para subportadoras con índice $i_{start} + k \times F_{sub_TIGAV}$, con $k = 0$ a $N_r - 1$, en orden ascendente de los índices de subportadora.
r_i complejo	$3 \times N_r$	Este campo está presente únicamente en los casos en que el bit de control $c = 1$. Este campo contiene parámetros r_i complejo de la TIGAV N_r (véase el Cuadro A.12) para subportadoras con índice $i_{start} + k \times F_{sub_TIGAV}$, con $k = 0$ a $N_r - 1$, en orden ascendente de los índices de subportadora.
<p>NOTA 1 – $N_b = i_{stop} - i_{start} + 1$.</p> <p>NOTA 2 – El bit c se fijará al mismo valor en todos los subcampos de parámetros de la banda de subportadora.</p>		

Los valores válidos para F_{sub_TIGAV} son 1, 4 y 8 (es decir, los valores r_i pueden someterse a un nuevo muestreo).

La VTU-O y la VTU-R soportarán todos los valores válidos para i_{start} , i_{stop} , y F_{sub_TIGAV} .

Cuadro A.11 – El formato del parámetro de b_i en una instrucción TIGAV

Bit	Longitud (bits)	Parámetro (véanse las Notas 1 y 2)	Formato
3-0	4	b_i (de la subportadora k)	Valor entero sin signo en el rango [0:15]
7-4	4	b_i (de la subportadora $k+1$)	Valor entero sin signo en el rango [0:15]
<p>NOTA 1 – Se incluirán los valores b_i para las subportadoras que están en el rango especificado (es decir, de i_{start} a i_{stop}), pero que no formen parte del conjunto MEDLEYds. Se fijarán a cero en el transmisor y los ignorará el receptor.</p> <p>NOTA 2 – Si el N_b es impar, los bits 7-4 del parámetro de b_i asociado con el índice de subportadora más elevado se fijará a 0000₂.</p>			

Cuadro A.12 – El formato del parámetro de r_i complejo de la instrucción TIGAV

Bit	Longitud (bits)	Contenido (véanse las Notas 1 y 2)	Formato
2-0	3	Exponente de r_i	E3/4
12-3	10	Mantisa de la parte real de r_i	M10(1Q9) con signo
22-13	10	Mantisa de la parte imaginaria de r_i	M10(1Q9) con signo
23	1	Reservado por el UIT-T	El bit se fijará a 0

NOTA 1 – Los valores de r_i para las subportadoras que están en el rango especificado (es decir, de i_{start} a i_{stop}), pero que no forman parte del conjunto MEDLEYds se fijarán al valor distinto de cero que haya establecido el fabricante.

NOTA 2 – El byte transmitido primero contendrá los bits 23(MSB) a 16(LSB). El segundo byte transmitido contendrá los bits 15(MSB) a 8(LSB). El byte transmitido en tercer lugar contendrá los bits 7 (MSB) a 0 (LSB).

El descriptor de formato **L M ML(iQf) E LE/B** designa un formato de coma flotante con una longitud total de palabra L. La mantisa tiene una longitud de ML bits, con la coma binaria justo a la derecha del i -ésimo bit más significativo (incluido el bit de signo si se trata de un entero con signo), y los bits f se encuentran detrás de la coma binaria (es decir, $ML=i+f$). El exponente siempre aparece sin signo y tiene una longitud de palabra LE. El exponente tiene unidad de ganancia cuando su valor es igual a B. Las letras M, Q y E son separadores de sintaxis.

El formato que se dará a la parte real y la parte imaginaria del valor complejo de ganancia r_i será 13M10(1Q9) E3/4 con una mantisa con signo y un exponente común.

El valor complejo r_i distinto de cero deberá estar dentro del rango válido expresado en dB como:

$$-18 \text{ dB} < 20 \times \log_{10}(\text{abs}(r_i)) < +18 \text{ dB},$$

donde $\text{abs}(x)$ es el módulo de un valor complejo x.

Un valor especial de r_i complejo es $r_i = 0$, que se codificará con mantisa = 0 y un exponente = 0, tanto para la parte real como la parte imaginaria, e irá acompañado de $b_i = 0$.

Cuadro A.13 – El formato del parámetro de r_i real de la instrucción TIGAV

Bit	Longitud (bits)	Contenido (véanse las Notas 1 y 2)	Formato
2-0	3	Exponente de r_i	E3/4
12-3	9	Mantisa de r_i	M9(0Q9) sin signo (véase la Nota 3)
15-12	4	Reservado por el UIT-T	Los bits se fijarán a 0

NOTA 1 – Los valores de r_i para las subportadoras que están en el rango especificado (es decir, de i_{start} a i_{stop}), pero que no forman parte del conjunto MEDLEYds se fijarán al valor distinto de cero que haya establecido el fabricante.

NOTA 2 – El byte transmitido primero contendrá los bits 15 (MSB) a 8 (LSB). El segundo byte transmitido contendrá los bits 7 (MSB) a 0(LSB).

NOTA 3 – Los valores reales de r_i serán valores únicamente positivos.

El formato que se dará al valor real de r_i será de coma flotante 12M9(0Q9) E3/4 sin signo.

El valor real de r_i distinto de cero estará dentro del rango válido expresado en dB como:

$$-18 \text{ dB} < 20 \times \log_{10}(r_i) < +18 \text{ dB}.$$

El valor especial del r_i real es $r_i = 0$, que se codificará con mantisa = 0 y un exponente = 0 e irá acompañado de $b_i = 0$.

NOTA – El procedimiento TIGAV no modifica los valores g_i en sentido descendente. Los cambios de la potencia de transmisión de las subportadoras en sentido descendente asociados con la TIGAV se consiguen mediante la modificación correspondiente del precodificador.

A.6.1.2 Parámetros controlados por la instrucción TIGAVRESP

El campo de parámetros de las bandas de subportadora en la instrucción TIGAVRESP incluye subcampos de parámetros N_{scbr} de las bandas de subportadora. El formato de los subcampos de parámetros de las bandas de subportadora está definido en el Cuadro A.14.

Para cada subcampo de parámetros de las bandas de subportadora se identifica una banda TIGAVRESP. Las bandas TIGAVRESP en la instrucción TIGAVRESP cumplirán los mismos requisitos que los fijados para las bandas TIGAV en la instrucción TIGAV en la cláusula A.6.1.1, además de los siguientes requisitos adicionales:

- 1) El N_{scbt} es reemplazado por el N_{scbr} .
- 2) Si N_{scbr} se fija a un valor distinto de cero en la instrucción TIGAVRESP, las bandas TIGAVRESP en la instrucción TIGAVRESP incluirán por lo menos a todas las subportadoras MEDLEY a las que se dirige la instrucción TIGAV correspondiente.
- 3) Los valores de b_i solicitados por la instrucción TIGAVRESP para todas las subportadoras MEDLEY a las que va dirigida la instrucción TIGAV correspondiente no superarán los valores b_i propuestos por la instrucción TIGAV. Además de este límite superior obligatorio, la carga de bits real en la TIGAVRESP debe estar limitada en su parte superior por la carga de bits que se basa en el cambio en la SNR previsto a partir de los nuevos valores de r_i , y puede estar limitada en su parte superior por otros factores.
- 4) Si las bandas TIGAVRESP en la instrucción TIGAVRESP incluyen más subportadoras MEDLEY que la instrucción TIGAV correspondiente, solo la VTU-R podrá determinar los valores de b_i en esas subportadoras MEDLEY adicionales.

Cuadro A.14 – Subcampos de parámetros de las bandas de subportadora en una instrucción TIGAVRESP

Parámetro	Longitud (byte)	Definición
i_{start}	2	Índice de inicio de subportadora de la banda TIGAVRESP (i_{start}), representado como entero sin signo de 16-bit.
i_{stop}	2	Índice de fin de subportadora de la banda TIGAVRESP (i_{stop}), representado como entero sin signo de 16-bit.
b_i	Límite superior ($N_b / 2$) (Nota)	Este campo contiene parámetros b_i de la TIGAVRESP N_b (véase el Cuadro A.15) para subportadoras con índices i_{start} a i_{stop} , en orden ascendente de los índices de subportadora.
NOTA – $N_b = i_{stop} - i_{start} + 1$.		

Cuadro A.15 – Formato del parámetro b_i en una instrucción TIGAVRESP

Bit	Longitud (bits)	Parámetro (véanse las Notas 1, 2 y 3)	Formato
3-0	4	b_i (de la subportadora k)	Entero sin signo en el rango [0:15]
7-4	4	b_i (de la subportadora $k+1$)	Entero sin signo en el rango [0:15]

NOTA 1 – Se incluirán los valores de b_i para las subportadoras que están en el rango especificado (es decir, de i_{start} a i_{stop}), pero que no forman parte del conjunto MEDLEYds. Se fijarán a cero en el transmisor y los ignorará el receptor.

NOTA 2 – Los valores b_i se transmitirán en orden ascendente de los índices de subportadora.

NOTA 3 – Si el N_b es impar, los bits 7-4 del parámetro b_i asociado con el índice de subportadora más elevado se fijará a 0000₂.

A.6.1.3 Interpolación de los valores de r_i

Para cada banda TIGAV n particular ($n=1$ a N_{sct}), la VTU-R deberá derivar los valores r_i en todas las subportadoras activas entre $i_{start}(n)$ e $i_{stop}(n)$ (ambas inclusive), por interpolación lineal entre los valores r_i en los índices de subportadora de control comunicados en el mensaje TIGAV. La interpolación lineal estará en el eje r_i y en el eje índice en una escala lineal.

NOTA 1 – La VCE deberá elegir en la instrucción TIGAV los valores r_i que permitan asegurar que la interpolación lineal en la VTU-R producirá los valores de salida deseados en las subportadoras activas intermedias. La VCE determinará el método para definir esos valores r_i (puntos de control) en función de lo establecido por el fabricante.

NOTA 2 – Los índices i_{start} e i_{stop} pueden situarse en una subportadora inactiva. La VCE deberá elegir los valores r_i en i_{start} e i_{stop} en la instrucción TIGAV que permitan asegurar que la interpolación lineal en la VTU-R producirá los valores de salida deseados en las subportadoras activas intermedias.

NOTA 3 – Dado que la VTU-R conoce las subportadoras inactivas que se incluyen en las TIGAV, no necesitará calcular la interpolación en esas portadoras.

A.6.2 Procedimiento TIGAV

La VTU-O no dará inicio a una TIGAV si está en marcha un procedimiento de protección de estado de conexión (SOS) de tipo 4 ó 6 en sentido ascendente o descendente.

En la Figura A.1 se describe el intercambio entre las VTU en el marco del procedimiento TIGAV, que se define a continuación:

- 1) Al recibir la instrucción de la VCE en la interfaz ε_m , la VTU-O dará inicio a un procedimiento TIGAV mediante el envío de una instrucción de solicitud ORL de tipo 7. Las instrucciones TIGAV pueden segmentarse. En los 100 ms siguientes al envío del último segmento de la instrucción TIGAV, la VTU-O deberá recibir una respuesta TIGAV-ACK o una respuesta TIGAV-Reject. Podrá repetirse el último segmento de la instrucción TIGAV si se agota el tiempo de respuesta.
 - a) Si la VTU-O recibe una solicitud ORL de tipo 1, 3 y 5 durante o después de la transmisión de solicitud ORL de tipo 7 y antes de recibir una respuesta, rechazará la solicitud ORL de tipo 1, 3 y 5 (véase Nota 1).
 - b) Si la VTU-O recibe una solicitud ORL SOS de tipo 4 ó 6 durante el procedimiento TIGAV, se anulará de inmediato el procedimiento TIGAV y se responderá la solicitud OLR SOS.
 - c) La VTU-O puede iniciar un procedimiento de solicitud ORL SOS de tipo 4 ó 6 en cualquier momento después de que la TIGAV se haya iniciado y antes de que haya concluido. La solicitud SOS iniciada dará lugar a la anulación del procedimiento TIGAV (véanse las Nota 2 y 3).

NOTA 1 – Con el fin de acelerar el inicio de una instrucción TIGAV, la VTU-O puede desechar las solicitudes SRA pendientes, ya que la modificación de los parámetros de transmisión que conlleva esta solicitud serán en cualquier caso invalidados por la TIGAV.

NOTA 2 – La anulación del procedimiento TIGAV al recibirse una solicitud ORL SOS solo afecta a la línea en la que tiene lugar la solicitud SOS; las demás líneas del grupo vectorizado podrán seguir adelante con sus procedimientos TIGAV.

NOTA 3 – En la cláusula 11.2.2 de [UIT-T G.993.2] se describe la posibilidad de que un mensaje de alta prioridad anule un mensaje de baja prioridad. Dado que la anulación de un TIGAV por una SOS equivale a la anulación de un mensaje de alta prioridad por otro mensaje de alta prioridad, se trata de una extensión de la cláusula 11.2.2 de [UIT-T G.993.2].

- 2) Tras la recepción del último segmento de una instrucción TIGAV, la VTU-R optará por acusar recibo de la instrucción TIGAV mediante el envío de una respuesta TIGAV-ACK (véase el Cuadro A.7) o rechazar la instrucción TIGAV mediante el envío de una respuesta TIGAV-Reject con el código de motivo correspondiente.
 - a) Al recibir el primer segmento de una instrucción TIGAV, la VTU-R rechazará todas las instrucciones ORL pendientes de tipo 1, 3 y 5, y no iniciará ningún procedimiento de solicitud ORL de tipo 1, 3 y 5 hasta que se haya concluido el procedimiento TIGAV.
 - b) Al recibir una solicitud ORL SOS de tipo 4 ó 6 de la VTU-O en cualquier fase del procedimiento TIGAV, se anulará el procedimiento TIGAV de inmediato y se responderá la solicitud ORL SOS.
 - c) La VTU-R puede iniciar un procedimiento de solicitud ORL SOS de tipo 4 ó 6 en cualquier momento después del inicio del TIGAV, pero antes de comenzar a enviar el último segmento de TIGAVRESP. Los cambios en la carga de bits que figuran en la solicitud SOS se aplicarán a la actual tabla de bits activa (es decir, ignorando la carga de bits enviada en la TIGAV). El inicio de esta solicitud SOS dará lugar a la anulación del procedimiento TIGAV. La VTU-O responderá a la solicitud ORL SOS con un indicador de sincronización (SYNC FLAG).
 - d) La VTU-R no iniciará ningún procedimiento de solicitud ORL SOS de tipo 4 ó 6 después de comenzar el envío del último segmento de la TIGAVRESP hasta que haya finalizado el procedimiento TIGAV.
- 3) La VTU-R enviará una instrucción TIGAVRESP en los 300 ms siguientes al envío de la respuesta TIGAV-ACK. Las instrucciones TIGAVRESP pueden segmentarse. En los 100 ms que siguen al envío del último segmento de la instrucción TIGAVRESP, la VTU-R deberá recibir una respuesta TIGAVRESP-ACK o una respuesta TIGAVRESP-Reject. Si se agota el tiempo de respuesta del último segmento de la instrucción TIGAVRESP, la VTU-R repetirá el último segmento de la instrucción TIGAVRESP. Después de enviar la respuesta TIGAV-Reject, la VTU-R saldrá del procedimiento TIGAV.
- 4) Al recibir la respuesta TIGAV-ACK, la VTU-O deberá recibir el primer segmento de una instrucción TIGAVRESP. La VTU-O optará por acusar recibo del último segmento de la instrucción TIGAVRESP, mediante el envío de una respuesta TIGAVRESP-ACK, o por rechazar la instrucción TIGAVRESP, mediante el envío de una respuesta TIGAVRESP-Reject, con el código de motivo correspondiente. Tras enviar la respuesta TIGAVRESP-ACK, en el plazo establecido por la VCE, la VTU-O enviará la secuencia TIGAV-SYNCHRO. Después de enviar la respuesta TIGAVRESP-Reject, la VTU-O saldrá del procedimiento TIGAV.

NOTA 4 – La secuencia TIGAV-SYNCHRO debe ser enviada simultáneamente en todas las líneas pertinentes del grupo vectorizado. Para ello, la VCE debe recibir la instrucción TIGAVRESP de todas las líneas del grupo vectorizado antes de enviar la secuencia TIGAV-SYNCHRO. Esto debe hacerse dentro del plazo TIGAV global establecido.

- 5) Al recibir una respuesta TIGAV-Reject, la VTU-O saldrá del procedimiento TIGAV. La VTU-O puede iniciar de inmediato un nuevo procedimiento TIGAV mediante el envío de una nueva instrucción TIGAV.
- 6) Al recibir una respuesta TIGAVRESP-Reject, la VTU-R enviará de nuevo una instrucción TIGAVRESP. Si es rechazada nuevamente, la VTU-R saldrá del procedimiento TIGAV.
- 7) Partiendo del primer símbolo que sigue a la secuencia TIGAV-SYNCHRO, tanto la VTU-O como la VTU-R aplicarán simultáneamente el factor de compensación de ganancia relativo indicado en la instrucción TIGAV y la carga de bits indicada en la instrucción TIGAVRESP. La temporización de los cambios en los parámetros de entramado será la que se especifica en la cláusula C.4 de [UIT-T G.998.4].
- 8) El tiempo de respuesta del procedimiento se agota si la TIGAV-SYNCHRO no se recibe en los cuatro segundos que siguen al envío por la VTU-R de la TIGAV-ACK. Si este tiempo de respuesta expira, la VTU-R saldrá del procedimiento TIGAV.

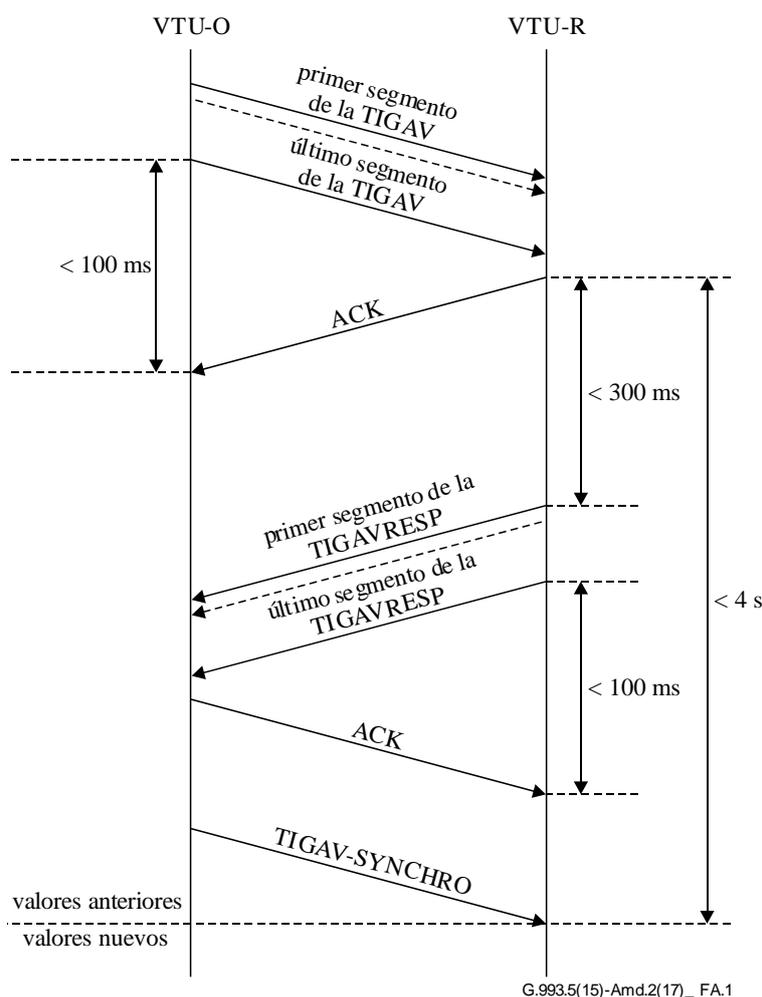


Figura A.1 – Diagrama de temporización del procedimiento TIGAV

NOTA 5 – En la Figura A.1 no se exponen los casos de rechazo de las instrucciones TIGAV ni de rechazo de las instrucciones TIGAVRESP.

A.6.2.1 Definición de la secuencia TIGAV-SYNCHRO

La TIGAV-SYNCHRO se define como una secuencia constituida por un símbolo de sincronización con tonos de bandera invertidos (transmitido al final de la supertrama, en la posición del símbolo de sincronización, véase la Figura 10-2 de [UIT-T G.993.2]) seguida de una secuencia de 9 símbolos de sincronización con tonos de bandera no invertidos (transmitida en las primeras 9 posiciones del símbolo de la siguiente supertrama).

El símbolo de sincronización se define en la cláusula 10.2 de [UIT-T G.993.2].

A.6.2.2 Implementación por la VTU-R de la modificación de ganancia del TIGAV

Para implementar el factor de compensación de ganancia relativa (r_i) indicado en TIGAV, se aplicarán las siguientes reglas:

- En el caso de subportadoras con $r_i \neq 0$, la VTU-R multiplicará los valores actuales de la etapa de ganancia en el receptor, para cualquier subportadora con $g_i > 0$, por el valor (r_i):

$$new_gainstage_i = current_gainstage_i \times r_i$$

NOTA – Esta escala de valores tiene por objeto ayudar a la VTU-R a mantener el ajuste de ganancia de su receptor después de la actualización del precodificador.

- En el caso de subportadoras con $r_i = 0$, la VTU-R fijará la ganancia de su receptor al valor distinto de cero establecido por el fabricante.

A.6.2.3 Relación entre la instrucción TIGAV y la SRA autónoma subsiguiente en sentido descendente

Todas las SRA autónomas solicitadas por la VTU-R con posterioridad a una instrucción TIGAV tendrán valores de bits b_i inferiores o iguales a los valores b_i solicitados en el último mensaje TIGAV que precede a esta SRA.

A.7 Principales modificaciones al texto principal relativas a la MREFPSD

A.7.1 Definiciones (reemplaza las cláusulas 3.31 y 3.32 de [UIT-T G.993.2])

3.31 La PSD de referencia MEDLEY: Los valores de PSD de referencia MEDLEY en los sentidos de transmisión descendente y ascendente se identifican con las denominaciones MREFPSDds y MREFPSDus, respectivamente. La MREFPSDus es el valor de PSD de las señales transmitidas por una VTU-R en todas las frecuencias (tanto en la banda de paso como en las bandas suprimidas) durante las fases de acondicionamiento y de análisis e intercambio de canales de la inicialización. La MREFPSDds es la densidad espectral de potencia (PSD) de las señales transmitidas por una unidad VTU-O en todas las frecuencias (tanto en la banda de paso como en las bandas suprimidas) únicamente durante la fase de acondicionamiento.

NOTA – En la presente Recomendación, incluido el presente anexo, la MREFPSDds se refiere únicamente a la PSD del transmisor (TXPSD) de la VTU-O de la señal directa, sin señales de precompensación. En [b-UIT-T G.9701], la MREFPSDds se refiere la TXPSD de la VTU-O de la señal total en la interfaz U, incluidas las señales de precompensación.

3.32 Máscara de PSD de referencia MEDLEY: La máscara de PSD de referencia MEDLEY es la máscara de PSD de transmisión limitada en todas las frecuencias (tanto en la banda de paso como en las bandas suprimidas) por el límite superior de PSD y un valor de -80 dBm/Hz en las frecuencias de las bandas de interferencia radioeléctrica (RFI) designadas. En sentido ascendente se aplica una reducción adicional a la máscara de PSD de referencia MEDLEY según los requisitos UPBO. Las máscaras de PSD de referencia MEDLEY en los sentidos de transmisión descendente y ascendente se identifican con las denominaciones MREFMASKds y MREFMASKus, respectivamente.

A.7.2 Potencia de transmisión combinada nominal (NOMATP) (reemplaza la cláusula 10.3.4.2.1 de [UIT-T G.993.2])

NOTA – Salvo indicación en contrario, las referencias en esta cláusula remiten a [UIT-T G.993.2].

La potencia de transmisión combinada nominal en sentido ascendente (NOMATPus) deberá ser calculada por un lado por la VTU-R y por el otro por la VTU-O como se define en la cláusula 10.3.4.2.1 de [UIT-T G.993.2].

Desde la VTU-R, la potencia de transmisión combinada nominal en sentido descendente (NOMATPds) se calculará como se especifica en la cláusula 10.3.4.2.1 de [UIT-T G.993.2]. Los valores de g_i determinados por la VTU-R serán tales que el valor de esta NOMATPds (como se ha definido para la VTU-R) no supere el parámetro MAXNOMATPds de la CO-MIB. Desde la VTU-O, la potencia de transmisión combinada nominal en sentido descendente (NOMATPds) es una estimación de la cantidad total de la potencia de salida suministrada por la función PMD en transmisión al punto de referencia U-O2 (definido en la Figura 5-4) de [UIT-T G.993.2]) en dBm a la impedancia de terminación 100 Ohm.

La potencia de transmisión combinada nominal en sentido descendente (NOMATPds) será calculada por la VTU-O, en colaboración con la VCE, según la ecuación siguiente:

$$NOMATPds = 10 \log_{10} (\sum_{i \in MEDLEYds} P_{Zi'})$$

donde $P_{Zi'}$ es la potencia de la señal transmitida total en la salida del precodificador para la subportadora i , a la interfaz U-O en milivatios, suponiendo que la impedancia de entrada de la red es 100 Ohm resistiva (véase la Nota 1).

NOTA 1 – En una implementación real, la impedancia de entrada de la red/del bucle puede desviarse de 100 Ohm resistiva.

NOTA 2 – La NOMATPds incluye la señal directa, así como las señales de compensación del precodificador.

La VTU-O, en colaboración con la VCE, se asegurará de que el valor de la NOMATPds no supere el parámetro MAXNOMATPds de la CO-MIB.

NOTA 3 – La definición de NOMATPds difiere según se trate de la VTU-R o de la VTU-O. Si se trata de la VTU-R, la definición de la NOMATPds no cambia respecto de la de [UIT-T G.993.2] y, por lo tanto, el cálculo de g_i de la VTU-R tampoco cambia. Si se trata de la VTU-O, la definición de la NOMATPds sí cambia respecto de la de [UIT-T G.993.2].

La cantidad total de potencia de salida suministrada por la función PMD en transmisión al punto de referencia U-O2 en dBm a la impedancia de terminación de 100 Ohm no se desviará de la NOMATPds en más de 1 dB.

A.7.3 Conformación del espectro en transmisión en el dominio de la frecuencia ($tssi$) (reemplaza la cláusula 10.3.4.3 de [UIT-T G.993.2])

NOTA – Salvo indicación en contrario, las referencias en esta cláusula remiten a [UIT-T G.993.2].

Los valores $tssi$ se utilizan para la conformación del espectro en el dominio de la frecuencia tanto en el sentido ascendente como en el sentido descendente. Los valores $tssi$ los fija el fabricante y estarán en el rango de 0 a 1 (lineal) en pasos de $\frac{1}{1024}$. Los valores $tssi$ se fijarán de forma que el mayor

valor $tssi$ en todas las subportadoras sea 1. Los valores de $tssi$ inferiores hacen posible la atenuación y el valor $tssi = 0$ corresponde al valor cero de potencia transmitida en una subportadora particular. Si no se aplica conformación del espectro en el dominio de la frecuencia, los valores $tssi$ serán iguales a 1 para todas las subportadoras.

Los valores $tssi$ en dB ($\log_{10} tssi$) se definen como $20 \times \log_{10}(tssi)$ y se convertirán a valores lineales de $tssi$ utilizando la ecuación:

$$tssi = \frac{\text{Redondeo} \left(1024 \times 10^{\frac{\log_{10} tssi}{20}} \right)}{1024}$$

Los valores de tss_i para un determinado sentido de transmisión los determinará la VTU transmisora, y se definirán como un conjunto de puntos críticos $\{(i_1, \log_{tss_{i1}}) \dots, (i_n, \log_{tss_{in}})\}$, donde i es el índice de la subportadora. Este conjunto se comunicará a la VTU receptora durante la fase de búsqueda de canales en la inicialización utilizando mensajes O-PRM y R-PRM, como se describe en la cláusula 12.3.3.2. Las VTU transmisora y receptora obtendrán los valores tss_i para subportadoras entre puntos críticos mediante interpolación lineal de los valores \log_{tss_i} definidos en la escala lineal de índices de subportadora. La VTU receptora asignará valores tss_i iguales a tss_{in} para $i > i_n$, e iguales a tss_{i1} para $i < i_1$.

Los valores obtenidos de tss_i solo son pertinentes para subportadoras que se estén realmente transmitiendo. El receptor ignorará los valores de tss_i recibidos u obtenidos mediante interpolación para subportadoras que no se utilicen en la transmisión ($Z_i=0$, véase el Cuadro 10-4).

La precisión combinada de la interpolación lineal de los valores \log_{tss_i} y de la conversión a valores lineales de tss_i será inferior a la mitad del LSB para el formato de representación de 10 bits de los valores tss_i lineales. No se deben introducir errores cuando \log_{tss_i} sea igual a 0 dB o se interpole entre valores de \log_{tss_i} que sean iguales a 0 dB.

Los transmisores de la VTU-O fijarán los valores tss_i de forma que la PSD de la señal transmitida medida en la impedancia de referencia en el punto de referencia U-O2 durante la fase de acondicionamiento, no se desvíe de los valores de MREFPSDs, indicados en los O-PRM, en más de 1 dB (parámetro "PSD de referencia MEDLEY", véase la cláusula 12.3.3.2).

Los transmisores de la VTU-R fijarán los valores tss_i de forma que, antes del ajuste de ganancia (es decir, suponiendo que $g_i = 1$), la PSD de la señal transmitida medida en la impedancia de referencia en la interfaz U desde el inicio de la fase de acondicionamiento y durante el resto de la inicialización, no se desvíe de los valores de MREFPSDs, indicados en R-PRM, respectivamente, en más de 1 dB (parámetro "PSD de referencia MEDLEY", véase la cláusula 12.3.3.2).

Por lo tanto, los valores de tss_i deben tener en consideración cualquier conformación espectral adicional producida por filtros en el dominio del tiempo y filtros análogos incluidos en el trayecto de transmisión entre la salida del modulador y la interfaz U.

A.7.4 General (modifica la cláusula 6.1 de UIT-T G.993.5)

...

Como parte de la matriz de canales o por separado, la VCE ajustará el precodificador de forma que las señales de salida del precodificador (valores de Z' que se exponen en la Figura 6-1), en el punto de referencia U-O2, no excedan los límites de la MREFMASK, incluso con los valores válidos g_i más elevados (es decir, $g_i = +2,5$ dB) para todas las líneas en el grupo vectorizado.

...

A.7.5 Resumen de los valores PSD y las máscaras PSD (modifica la cláusula 7.2.3 de [UIT-T G.993.2])

NOTA – Salvo indicación en contrario, las referencias en esta cláusula remiten a [UIT-T G.993.2].

...

Cuadro 7-5 – Resumen: Determinación y utilización de los valores PSD y las máscaras de PSD

Parámetro	Cuándo se determina	Cuándo se comunica entre las VTU (Nota)	Cuándo se utiliza
Máscara de PSD de referencia MEDLEY (MREFMASK)	Al final de la fase de búsqueda del canal la VTU-O determina la MREFMASKds, y la VTU-R determina la MREFMASKus	No se comunica	Desde el principio de la fase de acondicionamiento y después durante la inicialización y en estado de conexión
PSD de referencia MEDLEY en sentido descendente (MREFPSDds)	Al final de la fase de búsqueda del canal; la VTU-O determina la MREFPSDds	La VTU-O envía la MREFPSDds a la VTU-R en un O-PRM	Durante la fase de acondicionamiento
PSD de referencia MEDLEY en sentido ascendente (MREFPSDus)	Al final de la fase de búsqueda del canal; la VTU-R determina la MREFPSDus	La VTU-R envía la MREFPSDus a la VTU-O en R-PRM	Durante las fases de acondicionamiento y de análisis e intercambio de canales
PSD en estado de conexión	Al final de la fase de análisis e intercambio de canales	Determinado por el valor PSD de la fase de análisis e intercambio de canales y los valores de ganancia (g_i) comunicados durante la fase de análisis e intercambio de canales (mensajes O-PMD y R-PMD). No será superior a MREFMASK	Cuando se encuentra en estado de conexión
NOTA – Durante la inicialización solo se comunica un conjunto mínimo de parámetros pertinentes que caracterizan los valores PSD y las máscaras de PSD. Los protocolos y formatos de comunicación se describen en la cláusula 12.			

A.7.6 Función características de canal por grupo de subportadoras (CCF-ps) (modifica la cláusula 11.4.1.1.1 de [UIT-T G.993.2])

NOTA – Salvo indicación en contrario, las referencias en esta cláusula remiten a [UIT-T G.993.2].

...

La medición de la función "características de canal es el resultado de tres funciones en serie:

- la función características de filtro del transmisor;
- la función características de canal; y
- la función característica de filtro del receptor.

NOTA 1 – La función características de canal corresponde a la función $H_{channel}(f)$ utilizada en la definición de la telediafonía (véase la cláusula 7.4.1 de [UIT-T G.996.1]).

El objetivo consiste en aportar los medios mediante los cuales se puedan identificar con precisión las características del canal. Por lo tanto, es necesario que la función PMD en recepción notifique una estimación de las características del canal. Esta tarea puede resultar difícil dado que la función PMD en recepción solo observa los tres elementos del canal en serie. Se prevé que la parte de la banda de paso de la $H(f)$ notificada, que es fundamental para resolver posibles problemas con el bucle físico, no dependa significativamente de las características del filtro del receptor (que no incluye AGC en el receptor). La función PMD en recepción debe por lo tanto restar la

ganancia (AGC) que ha aplicado a la señal recibida y hacer lo posible para suprimir los efectos de las características del filtro del receptor en el extremo cercano. El resultado es entonces una buena estimación de cómo ve el receptor las características del filtro banda de paso además de las características del filtro del transmisor. Puesto que también se prevé que la parte del espectro dentro de la banda no dependa de forma significativa de las características del filtro del transmisor, se considera que este resultado es una estimación suficiente de las características del canal para las aplicaciones de acondicionamiento de bucle deseadas.

Se definen dos formatos para las características del canal:

- $H_{lin}(f)$: formato que proporciona valores complejos en una escala lineal;
- $H_{log}(f)$: formato que proporciona valores de magnitud en una escala logarítmica en base 10.

Para $H_{log}(f)$ la función PMD en recepción también utilizará el valor de PSD en la interfaz U de la función PMD en transmisión (transportada en los mensajes durante la inicialización) para reducir el efecto de las características del filtro de transmisión en el extremo distante.

NOTA 2 – El H_{log} incluye el efecto de las señales de precompensación relacionadas con la línea enviada en las demás líneas del grupo vectorizado que están en el estado de enlace L0.

Para $H_{lin}(f)$, si las características del canal se indican en la interfaz OAM de la VTU-O (véase la Figura 5-3), la VTU-O intentará reducir los efectos de las características del filtro en transmisión en el extremo cercano a partir de las características del canal medidas en la VTU-R. Si las características del canal se indican en la interfaz OAM de la VTU-R, la VTU-R deberá intentar reducir los efectos de las características del filtro en transmisión en el extremo cercano a partir de las características del canal medidas en la VTU-O.

NOTA 3 – El H_{lin} incluye el efecto de las señales de precompensación relacionados con la línea enviada en las demás líneas del grupo vectorizado que están en el estado de enlace L0.

$H_{lin}(f)$ se enviará a la VME de extremo distante durante el modo diagnóstico de bucle y se enviará cuando lo solicite a la VME de extremo cercano durante el modo diagnóstico de bucle.

...

A.7.7 Instrucciones y respuestas de lectura de parámetros de prueba PMD (reemplaza la cláusula 11.2.3.11 de [UIT-T G.993.2])

NOTA – Las marcas de revisión en esta cláusula destacan las diferencias con respecto a la cláusula 11.2.3.11 de [UIT-T G.993.2].

Salvo indicación en contrario, las referencias en esta cláusula remiten a [UIT-T G.993.2].

Las instrucciones lectura de parámetros de prueba PMD se utilizarán para extraer los valores de los parámetros de prueba PMD que están especificados en la cláusula 11.4.1 y mantenidos por la VTU de extremo distante. Las instrucciones de lectura de parámetros de prueba PMD se muestran en el Cuadro 11-26 y las puede iniciar cualquier VTU. Las respuestas serán las que se muestran en el Cuadro 11-27. El primer octeto de todas las instrucciones y respuestas de lectura de parámetros de prueba PMD serán los valores asignados para el tipo de instrucción lectura de parámetros de prueba PMD como se muestra en el Cuadro 11-5. Los octetos siguientes de las instrucciones serán los que se muestran en el Cuadro 11-26. Los octetos siguientes de las respuestas serán los que se muestran en el Cuadro 11-27. Los octetos se enviarán utilizando el formato descrito en 11.2.3.1.

Cuadro 11-26 – Instrucciones de lectura de parámetros de prueba PMD enviadas por la VTU solicitante

Nombre	Longitud (octetos)	Número de octetos	Contenido	Soporte
Lectura simple	2	2	01 ₁₆ (Nota 1)	Obligatorio
Lectura múltiple siguiente	2	2	03 ₁₆ (Nota 1)	Obligatorio
Lectura múltiple	4	2	04 ₁₆ (Nota 1)	Obligatorio
		3 a 4	2 octetos que describen el índice del grupo de subportadoras	
Lectura en bloque	6	2	05 ₁₆ (Nota 1)	Obligatorio
		3 a 4	2 octetos que describen el índice de inicio del grupo de subportadoras	
		5 a 6	2 octetos que describen el índice de final del grupo de subportadoras	
Lectura en bloque del vector	7	2	06 ₁₆ (Nota 1)	Opcional
		3	1 octeto que describe el tipo de parámetro de prueba para lectura (Nota 2) 01 ₁₆ : Función de transferencia de canal $Hlog(f)$ por grupo de subportadoras 03 ₁₆ : PSD de ruido de línea en silencio $QLN(f)$ por grupo de subportadoras 04 ₁₆ : Relación señal/ruido $SNR(f)$ por grupo de subportadoras	
		4 a 5	2 octetos que describen el índice de inicio del grupo de subportadoras	
		6 a 7	2 octetos que describen el índice de fin del grupo de subportadoras	
Lectura escalar	3	2	07 ₁₆ (Nota 1)	Opcional
		3	1 octeto que describe el tipo de parámetros de prueba escalar para lectura (Nota 2) 21 ₁₆ a 28 ₁₆ : El índice de los parámetros de lectura según el ID del Cuadro 11-28.	
<u>SATN para el Anexo A de G.993.5</u>	<u>12</u>	<u>2</u>	<u>08₁₆ (Nota 1)</u>	<u>Obligatorio</u>
		<u>3 a 12</u>	<u>Cinco valores de 2 octetos de TXpower_dBm_D(m) para 5 bandas potencialmente disponibles en sentido descendente.</u>	
<p>NOTA 1 – Los restantes valores para el octeto número 2 están reservados por el UIT-T. NOTA 2 – Los restantes valores para el octeto número 3 están reservados por el UIT-T.</p>				

**Cuadro 11-27 – Respuestas de lectura de parámetros de prueba PMD
enviadas por la VTU que responde**

Nombre	Longitud (octetos)	Número de octetos	Contenido	Soporte
ACK de lectura simple	42 (Nota 1)	2	81 ₁₆ (Nota 2)	Obligatorio
		3 a 42	Octetos para los parámetros de prueba dispuestos para el formato de lectura simple	
ACK de lectura múltiple	12 (Nota 1)	2	82 ₁₆ (Nota 2)	Obligatorio
		3 a 12	Octetos para los parámetros de prueba dispuestos para el formato de lectura múltiple	
NACK	2	2	80 ₁₆ (Nota 2)	Obligatorio
ACK de lectura en bloque	Depende del parámetro (Nota 1)	2	84 ₁₆ (Nota 2)	Obligatorio
		3 +	Octetos para los parámetros de prueba dispuestos para el formato de lectura en bloque	
ACK de lectura en bloque del vector	Depende del parámetro (Nota 1)	2	86 ₁₆ (Nota 2)	Opcional
		3 +	Octetos para los parámetros de prueba dispuestos para el formato de lectura en bloque	
ACK de lectura escalar	Depende del parámetro (Nota 1)	2	87 ₁₆ (Nota 2)	Opcional
		3 +	Octetos para los parámetros de prueba dispuestos para el formato de lectura escalar	
<u>SATN para ACK del Anexo A de G.993.5</u>	<u>12 (Nota 1)</u>	<u>2</u>	<u>88₁₆ (Nota 2)</u>	<u>Obligatorio</u>
		<u>3 a 12</u>	<u>Octetos para la SATN dispuestos para el formato de lectura escalar</u>	
<p>NOTA 1 – La longitud del mensaje es de 2 octetos más la longitud que se muestra en el Cuadro 11-28. NOTA 2 – Los restantes valores para el octeto número 2 están reservados por el UIT-T.</p>				

Cuadro 11-28 – Valores de ID de parámetro de prueba PMD y longitud de las respuestas

ID de parámetro de prueba (Nota 1)	Nombre del parámetro de prueba	Longitud para lectura simple (octetos)	Longitud para lectura múltiple (octetos)	Longitud para lectura en bloque o lectura en bloque del vector (octetos)	Longitud para lectura escalar (octetos)	Soporte
01 ₁₆	Función de transferencia de canal Hlog(<i>f</i>) por grupo de subportadoras	n.d.	4	2 + (fin del índice de grupo de subportadoras – inicio del índice de grupo de subportadoras + 1) × 2 (Nota 2)	n.d.	Obligatorio
03 ₁₆	PSD de ruido de línea en silencio QLN(<i>f</i>) por grupo de subportadoras	n.d.	3	2 + (fin del índice del grupo de subportadora – inicio del índice de grupo de subportadora + 1) (Nota 2)	n.d.	Obligatorio
04 ₁₆	Relación señal/ruido SNR(<i>f</i>) por grupo de subportadoras	n.d.	3	2 + (fin del índice de grupo de subportadora – inicio del índice de grupo de subportadora + 1) (Nota 2)	n.d.	Obligatorio
21 ₁₆	Atenuación de bucle LATN	2 × 5	n.d.	n.d.	2 × 5	Obligatorio
22 ₁₆	Atenuación de señal SATN	2 × 5	n.d.	n.d.	2 × 5	Obligatorio
23 ₁₆	Margen de la relación señal/ruido SNRM y SNRM-pb	2 × 6	n.d.	n.d.	2 × 6	Obligatorio
24 ₁₆	Velocidad de datos neta alcanzable ATTNDR (método básico)	4	n.d.	n.d.	4	Obligatorio
24 ₁₆	Velocidad de datos neta alcanzable ATTNDR (método mejorado)	8	n.d.	n.d.	8	Opcional

Cuadro 11-28 – Valores de ID de parámetro de prueba PMD y longitud de las respuestas

ID de parámetro de prueba (Nota 1)	Nombre del parámetro de prueba	Longitud para lectura simple (octetos)	Longitud para lectura múltiple (octetos)	Longitud para lectura en bloque o lectura en bloque del vector (octetos)	Longitud para lectura escalar (octetos)	Soporte
25 ₁₆	Potencia de transmisión combinada real en el extremo cercano ACTATP	2	n.d.	n.d.	2	Obligatorio
26 ₁₆	Potencia de transmisión combinada real en el extremo distante ACTATP	2	n.d.	n.d.	2	Obligatorio
27 ₁₆	Protección contra el ruido impulsivo real INP_act en el extremo distante	n.d.	n.d.	n.d.	2	Opcional
28 ₁₆	Margen de la relación señal/ruido real en el extremo distante para el canal de información de encabezamiento robusto SNRM-ROC	n.d.	n.d.	n.d.	2	Opcional

NOTA 1 – Todos los demás valores de ID de parámetros de prueba están reservados por el UIT-T.

NOTA 2 – Dado que el número de subportadoras, G , en el grupo de subportadoras (véase la cláusula 11.4.1) podría ser diferente para QLN, Hlog, y SNR, los valores de QLN, Hlog y SNR comunicados por lectura múltiple, lectura en bloque o lectura en bloque del vector para el mismo índice de grupo de subportadora podrían corresponder a índices de subportadora diferentes. El índice de subportadora para cada parámetro es igual a $G \times \text{subcarrier group_index}$, donde el valor de G se define en el Cuadro 11-42 de la cláusula 11.4.1 (para el estado de conexión) y el índice de grupo de subportadora = 0 a 511.

Al recibir una instrucción lectura de parámetros de prueba PMD, la VTU que responde enviará la respuesta correspondiente. Si el formato de la instrucción lectura de parámetros de prueba es incorrecto, la VTU responderá con un acuse de recibo negativo (NACK). No afectará a ninguna función de ninguna de las VTU, solicitante o que responde.

La instrucción de lectura simple se utilizará para extraer todos los parámetros de prueba con valores ID entre 21₁₆ y 26₁₆, ambos inclusive. En respuesta a una instrucción de lectura simple, se transferirán los valores para los parámetros de prueba (un valor por parámetro) en orden creciente numérico del ID del parámetro que se muestra en el Cuadro 11-28. El formato de los octetos para cada parámetro será como se especifica en la cláusula 11.4.1. Los valores con formatos de octetos múltiples se harán corresponder con la respuesta en el orden del octeto más significativo al menos

significativo. El formato de LATN, SATN y SNRM incluirá 5 valores de 2 octetos destinados a 5 bandas de frecuencias potencialmente disponibles para cada sentido de transmisión. Los valores de 2 octetos se enviarán en el orden que se muestra en el Cuadro 11-29. El valor 00₁₆ se utilizará para indicar las bandas inhabilitadas. Los octetos indicados como reservados se fijarán a CERO en el transmisor y los ignorará el receptor. El parámetro de prueba SNRM incluirá, además de todos los valores SNRM-pb (véase la cláusula 11.4.1.1.6.3), el valor de SNRM global (véase la cláusula 11.4.1.1.6.2). El primer valor de 2 octetos es el SNRM global, seguido por los 5 valores de 2 octetos del SNRM-pb como se especifica en el Cuadro 11-29. Para la velocidad de datos neta alcanzable (ATTNDR), la configuración del método básico o del método mejorado se lleva a cabo durante la inicialización (véase la cláusula 11.4.1.1.7). El parámetro de prueba ATTNDR se especifica en el Cuadro 11-30.

Para el funcionamiento correspondiente al Anexo A de [UIT-T G.993.5], la respuesta de la VTU-R a una instrucción de lectura escalar para SATN y a una instrucción de lectura simple tendrá valores SATN iguales al valor especial 1023. La VTU-O ignorará este valor (es decir, la VME no comunicará este valor a la EIA para que se almacene en el objeto SATNs en la CO-MIB).

Cuadro 11-29 – Orden de envío de los parámetros LATN, SATN y SNRM-pb

Número de octetos	Sentido ascendente	Sentido descendente
1	US0	DS1
2		
3	US1	DS2
4		
5	US2	DS3
6		
7	US3	DS4
8		
9	US4	Reservado
10		

Cuadro 11-30 – Parámetro de prueba ATTNDR

Número de octetos	Método básico	Método mejorado
1-4	<i>ATTNDR</i>	<i>ATTNDR</i>
5	n.d.	Reservado y fijado a 00 ₁₆
6	n.d.	<i>ATTNDR_INP_act0</i>
7	n.d.	Reservado y fijado a 00 ₁₆
8	n.d.	<i>ATTNDR_delay_act0</i>
NOTA – El formato de los campos se define en la cláusula 11.4.1.1.7.		

La instrucción de lectura escalar se utilizará para extraer los parámetros de prueba simple. No es obligatorio soportar esta instrucción de lectura. El valor ID del parámetro de prueba que debe extraerse se indicará en el tercer octeto de la instrucción de lectura como se especifica en el Cuadro 11-26. En respuesta a la instrucción de lectura escalar, la VTU enviará el valor del parámetro de prueba si esta instrucción y el parámetro de prueba son soportados por la VTU; de otra manera, la VTU enviará un NACK. El formato de los octetos de cada valor de parámetro será el que se describe en la cláusula 11.4.1. Los valores con formatos de octetos múltiples se harán

corresponder con la respuesta en el orden del octeto más significativo al menos significativo. El formato de LATN, SATN, SNRM y ATTNDR será idéntico al utilizado en la instrucción de lectura simple. La protección real contra el ruido impulsivo en extremo distante (ID=27₁₆) incluirá dos valores de 1 octeto y se enviarán en el orden que se muestra en el Cuadro 11-31. El valor FF₁₆ se utilizará para indicar los portadores inhabilitados.

**Cuadro 11-31 – Orden de envío de los parámetros de protección real
contra el ruido impulsivo en extremo distante**

Número de octetos	Parámetro
1	INP_act para canal portador 0
2	INP_act para canal portador 1

Cuando se funciona según lo especificado en el Anexo A de [UIT-T G.993.5], la instrucción "SATN para el Anexo A de G.993.5" se utilizará para extraer la SATN. Incluirá cinco valores de 2 octetos de TXpower_dBm_D(m) para 5 bandas potencialmente disponibles en sentido descendente. El formato de los octetos para cada parámetro será como se especifica para la potencia combinada real en transmisión (ACTATP) en la cláusula 11.4.1.1.8. Los valores con formatos de octetos múltiples se harán corresponder con la respuesta en el orden del octeto más significativo al menos significativo. Los valores de 2 octetos se enviarán en el orden que se muestra en el Cuadro 11-29. El valor 00₁₆ se utilizará para indicar las bandas inhabilitadas. Los octetos indicados como reservados se fijarán a CERO en el transmisor y los ignorará el receptor.

En respuesta a una instrucción "SATN según el Anexo A de G.993.5", la VTU enviará el valor de SATN. El formato de los octetos para cada valor de parámetro será como se especifica en la cláusula 11.4.1. Los valores con formatos de octetos múltiples se harán corresponder con la respuesta en el orden del octeto más significativo al menos significativo. El formato SATN será idéntico al formato utilizado en la instrucción de lectura escalar. La VTU-O transmitirá este valor para su almacenamiento en el objeto SATNds de la CO-MIB.

En el caso de que la VTU-R detecte un procedimiento TIGAV o cualquier otro procedimiento OLR después de la instrucción SATN y antes de la respuesta, la VTU-R responderá con valores SATN que serán iguales al valor especial 1023. La VTU-O transmitirá ese valor para su almacenamiento en el objeto SATNds en la CO-MIB, y dará inicio de nuevo a la instrucción SATN. El fabricante determinará el plazo para volver a iniciar la instrucción.

Las instrucciones lectura múltiple y siguiente lectura múltiple se utilizarán para extraer parámetros de prueba de un grupo de subportadoras. En respuesta a una instrucción lectura múltiple o siguiente lectura múltiple, la VTU enviará información a los parámetros de prueba con valores ID 01₁₆, 03₁₆ y 04₁₆ asociados con el grupo de subportadoras indicado. La instrucción lectura múltiple incluye el índice del grupo de subportadoras solicitado (véase el Cuadro 11-26). Si hay que enviar una instrucción siguiente lectura múltiple, solo se enviará después de una instrucción lectura múltiple. En respuesta a cada instrucción subsiguiente de siguiente lectura múltiple, el índice de grupo de subportadoras se incrementará en uno. Si el índice de grupo de subportadoras es superior a 511 (véase la cláusula 11.4.1), la respuesta será un NACK. Los valores de los parámetros PMD por grupo de subportadoras se insertarán en el mensaje en orden numérico del ID de parámetro como se muestra en el Cuadro 11-28. El formato para los octetos de cada parámetro será como se describe en la cláusula 11.4.1. Los valores con formatos de octetos múltiples se harán corresponder con la respuesta en el orden del octeto más significativo al menos significativo.

Se utilizará una instrucción lectura en bloque para extraer parámetros de prueba en varios grupos de subportadoras. En respuesta a una instrucción lectura en bloque, la VTU enviará información para los parámetros de prueba con valores ID 01₁₆, 03₁₆ y 04₁₆ asociados con el bloque especificado de grupos de subportadoras. Para parámetros de prueba especificados por grupos de subportadoras, se

transfieren en una única respuesta todos los valores para grupos de subportadoras con índices entre #start y #stop. Si el índice del grupo de subportadora es superior a 511, la respuesta será un NACK. Los valores de los parámetros PMD por grupo de subportadoras se insertarán en el mensaje en orden creciente del ID de parámetro como se muestra en el Cuadro 11-28. El formato de los octetos para cada valor de parámetro será el descrito en la cláusula 11.4.1. Los valores con formatos de octetos múltiples se harán corresponder con la respuesta en el orden del octeto más significativo al menos significativo. El número de octetos en una instrucción lectura en bloque no será superior a la longitud máxima P del mensaje eoc especificada en la cláusula 11.2.3.1.

Se utilizará una instrucción lectura en bloque del vector para extraer un parámetro de prueba único en varios grupos de subportadora. No es obligatorio soportar esta instrucción de lectura. El valor ID del parámetro de prueba que se ha de extraer se indicará en el tercer octeto de la instrucción de lectura como se especifica en el Cuadro 11-26. En respuesta a una instrucción de lectura en bloque del vector, la VTU enviará información al parámetro de prueba asociado con el bloque especificado de grupos de subportadoras si la VTU soporta esta instrucción; de otra manera la VTU enviará un NACK. Todos los valores para grupos de subportadoras con índices entre #start y #stop se transferirán en una única respuesta. Si el índice del grupo de subportadora es superior a 511, la respuesta será un NACK. El formato de los octetos para cada valor de parámetro será el descrito en la cláusula 11.4.1. Los valores con formatos de octetos múltiples se harán corresponder con la respuesta en el orden del octeto más significativo al menos significativo.

Cuando se transfieran valores de la función transferencia de canales $H_{log}(f)$, el ruido de línea en silencio $QLN(f)$ y la relación señal/ruido $SNR(f)$, en la respuesta se incluirá el tiempo de medición, para cada parámetro de prueba. El ACK (véase el Cuadro 11-27) es seguido por el tiempo de medición $HLOG(f)$ y el valor m (véase la cláusula 11.4.1.1.1), seguido por el tiempo de medición del $QLN(f)$ y el valor n (véase la cláusula 11.4.1.1.2), seguido a su vez por el tiempo de medición de $SNR(f)$ y el valor SNR (véase la cláusula 11.4.1.1.3), respectivamente. El tiempo de medición se incluirá solo una vez en una respuesta a una instrucción lectura en bloque o lectura en bloque del vector y se incluirá en los parámetros de prueba en cada respuesta a una instrucción lectura múltiple o siguiente lectura múltiple.

Los valores de algunos parámetros de prueba se representan utilizando menos bits que los contenidos en el campo correspondiente definido para la respuesta en el Cuadro 11-28. En el caso de que el campo tenga más de 1 octeto, los bits se harán corresponder con los LSB del campo multiocteto en la respuesta. Los MSB no utilizados en el campo multiocteto se fijarán a CERO para cantidades sin signo y al valor del bit de signo para cantidades con signo.

A.7.8 Atenuación de la señal por banda (SATN-pb) (reemplaza la cláusula 11.4.1.1.5 de [UIT-T G.993.2])

La atenuación de la señal en la banda m -ésima en sentido descendente se indica como $SATN_D(m)$ y la atenuación de la señal en la banda m -ésima en sentido ascendente se indica como $SATN_U(m)$.

Si se funciona con arreglo al Anexo A de UIT-T G.993.5, la atenuación de la señal en la banda m -ésima en sentido ascendente, $SATN_U(m)$, se calculará como se especifica en el texto principal de cláusula 11.4.1.1.5 de [UIT-T G.993.5].

Si se funciona según lo especificado en el Anexo A de [UIT-T G.993.5], la atenuación de la señal en la banda m -ésima en sentido descendente, $SATN_D(m)$, se define como la diferencia en dB entre la potencia recibida en el extremo cercano y la transmitida desde el extremo distante en la banda m -ésima en sentido descendente.

Matemáticamente, esto corresponde a:

$$SATN_D(m) = TXpower_dBm_D(m) - RXpower_dBm_D(m)$$

Durante la inicialización y en el modo diagnóstico de bucle, la potencia de la señal recibida en dBm, $Rxpower_dBm_D(m)$, se calculará como la potencia de subportadora recibida, sumada para

todas las subportadoras de esa banda que se encuentren en el conjunto MEDLEYds. La VTU-R supondrá que durante la transmisión de O-P-MEDLEY, la PSD en transmisión para las subportadoras en el conjunto MEDLEYds tiene el nivel de la MREFPSDds. Por consiguiente, la potencia de la señal recibida se ajustará con los valores g_i para cada subportadora en el conjunto MEDLEYds con el fin de estimar la potencia de la señal que se recibirá durante el estado de conexión.

Matemáticamente, esto corresponde a:

$$RXpower_dBm_D(m) = 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} \left(\text{Received_subcarrier_power_mW}(i) \times g_i^2 \right) \right)$$

Durante el estado de conexión, la potencia de la señal recibida en dBm, $RXpower_dBm_D(m)$, se calculará como la potencia de subportadora recibida en el estado de conexión, sumada para todas las subportadoras que se encuentren en el conjunto MEDLEYds en esa banda.

Matemáticamente, esto corresponde a:

$$RXpower_dBm_D(m) = 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} \left(\text{Received_subcarrier_power_mW}(i) \right) \right)$$

En ambas ecuaciones, $MEDLEYds \cap DS(m)$ indica todas las subportadoras del conjunto MEDLEYds que se sitúan en la banda m -ésima en sentido descendente, $\text{Received_subcarrier_power_mW}$ es la potencia recibida en la subportadora i expresada en milivatios y g_i es la ganancia (en valor lineal) para la subportadora i .

Para el valor SATN determinado durante la inicialización, la potencia de la señal recibida para cada subportadora i en el conjunto MEDLEYds se ajustará con el valor g_i transportado en los mensajes O-PMD (para el sentido ascendente) y R-PMD (para el sentido descendente) para hacer una estimación de la potencia de la señal que se recibirá durante el estado de conexión. Durante el modo diagnóstico de bucle, el ajuste estará limitado al uso de valores de g_i iguales a 0 (para subportadoras a las que no se pueden asignar bits) y 1 (para subportadoras a las que se puede asignar por lo menos un bit). Para el valor SATN determinado durante el estado de conexión, la potencia de subportadora de la señal recibida será el valor medido.

Para el valor SATN determinado durante la inicialización y en el modo diagnóstico de bucle, la VTU-R calculará el $TXpower_dBm_D(m)$ como la potencia de transmisión combinada sumada para todas las subportadoras en esta banda que formen parte del conjunto MEDLEYds. La VTU-R supondrá que durante la transmisión de los O-P-MEDLEY la PSD en transmisión para las subportadoras en el conjunto MEDLEYds está al nivel de la MREFPSDds. Por lo tanto, la potencia de la señal transmitida se ajustará con los valores g_i para cada subportadora en el conjunto MEDLEYds con el fin de estimar la potencia de la señal que será transmitida durante el estado de conexión.

Matemáticamente, esto corresponde a:

$$TXpower_dBm_D(m) = 10 \times \log_{10} \Delta f + 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in MEDLEYds \cap DS(m)} \left(10^{\frac{MREFPSD[i]}{10}} \times g_i^2 \right) \right)$$

donde $MEDLEYds \cap DS(m)$ indica todas las subportadoras del conjunto MEDLEYds que se sitúan en la banda m -ésima en sentido descendente, $MREFPSD[i]$ es el valor de MREFPSDds para la subportadora i en dBm/Hz transmitido en el mensaje O-PRM, g_i es la ganancia (en valor lineal) para la subportadora i , y Δf es la separación entre subportadoras en Hz.

La VTU-O, en colaboración con la VCE, actualizará el valor SATN en sentido descendente notificado por la VTU-R durante la inicialización utilizando los valores correctos de TXpower_dBm_D(m). Estos serán calculados por la VTU-O, en cooperación con la VCE, como una estimación de la potencia de transmisión combinada sumada para las subportadoras en esa banda que se encuentren en el conjunto MEDLEYds, ajustada con los valores g_i para cada subportadora en el conjunto de MEDLEYds con el fin de estimar la potencia de la señal que será transmitida durante el estado de conexión.

Matemáticamente, esto corresponde a:

$$\text{TXpower_dBm_D}(m) = 10 \log_{10} \left(\sum_{i \in (\text{MEDLEYds} \cap \text{DS}(m))} P_{\text{direct_Zi}'} \times g_i^2 \right)$$

donde MEDLEYds \cap DS(m) describe todas las subportadoras del conjunto MEDLEYds que se sitúan en la banda m -ésima en sentido descendente, y $P_{\text{direct_Zi}'}$ es la potencia de la señal directa en la salida del precodificador de la subportadora i , durante la O-P-MEDLEY, remitida a la interfaz U-O en milivatios, suponiendo que la impedancia de entrada de la red es 100 Ohm resistiva.

NOTA 1 – En una implementación real, la impedancia de entrada de la red/del bucle puede desviarse de 100 Ohm resistiva.

NOTA 2 – En implementaciones que utilicen una matriz de precodificador P_i para las subportadoras i , el valor $P_{\text{direct_Zi}'}$ podrá calcularse utilizando el coeficiente diagonal de la matriz P_i , " $\text{diag}(P_i)$ ", mediante la siguiente ecuación:

$$P_{\text{direct_Zi}'} = |\text{diag}(P_i)|^2 \times P_{Zi} = \Delta f \times 10^{\frac{\text{MREFPSD}(i)}{10}} \times (|\text{diag}(P_i)|)^2 .$$

Para el valor SATN en sentido descendente determinado durante la inicialización, la potencia de la señal transmitida para cada subportadora i en el conjunto MEDLEYds se ajustará con el valor de g_i transmitido en los mensajes R-PMD (en sentido descendente) con el fin de estimar la potencia de la señal transmitida durante el estado de conexión. Durante el modo diagnóstico de bucle, el ajuste estará limitado al uso de valores de g_i iguales a 0 (para subportadoras a las que no se pueden atribuir bits) y 1 (para subportadoras a las que se puede atribuir por lo menos un bit).

Para el valor SATN determinado durante el estado de conexión, la VTU-R utilizará los valores TXpower_dBm_D(m) que le fueron comunicados por la VTU-O en la instrucción de solicitud de parámetros de prueba SATN. La VTU-O, en colaboración con la VCE, calculará esos valores como estimación de la potencia de transmisión combinada sumada para las subportadoras que se encuentren en el conjunto MEDLEYds en esa banda. En estado de conexión, esta potencia ya incorpora el efecto de los valores g_i .

Matemáticamente, esto corresponde a:

$$\text{TXpower_dBm_D}(m) = 10 \log_{10} \left(\sum_{i \in (\text{MEDLEYds} \cap \text{DS}(m))} P_{\text{direct_Zi}'} \right)$$

donde MEDLEYds \cap DS(m) indica todas las subportadoras del conjunto MEDLEYds que se sitúan en la banda m -ésima en sentido descendente, y $P_{\text{direct_Zi}'}$ es la potencia de la señal directa en la salida del precodificador para la subportadora i en el estado de conexión, remitida a la interfaz U-O y expresada en milivatios, suponiendo que la impedancia de entrada de la red es 100 Ohm resistiva.

NOTA 3 – En una implementación real, la impedancia de entrada de la red/del bucle puede desviarse de 100 Ohm resistiva.

NOTA 4 – En implementaciones que utilicen una matriz de precodificador P_i para las subportadoras i , el valor $P_{\text{direct_Zi}'}$ podrá calcularse utilizando el coeficiente diagonal de la matriz P_i , " $\text{diag}(P_i)$ ", mediante la siguiente ecuación:

$$P_{\text{direct_Zi}'} = |\text{diag}(P_i)|^2 \times P_{Zi} = \Delta f \times 10^{\frac{\text{MREFPSD}(i)}{10}} \times (|\text{diag}(P_i)| \times g_i)^2 .$$

La función PMD en recepción medirá la atenuación de la señal durante el modo diagnóstico de bucle y la inicialización (es decir, se estima la atenuación de la señal al inicio del estado de conexión). La medición debe actualizarse cuando se solicite desde el extremo distante durante el estado de conexión. La atenuación de la señal se enviará al extremo distante cuando se solicite durante el estado de conexión.

La atenuación de la señal por banda en sentido descendente, $SATN_D(m)$, se representará como un entero sin signo de 10 bits $satn$ con el valor de $SATN_D(m)$ definido como $SATN_D(m) = satn/10$ dB. Este formato de datos soporta una granularidad para $SATN_D(m)$ de 0,1 dB y un margen dinámico de 102,2 dB (de 0 a 102,2 dB).

Un valor $SATN_D(m)$ indicado como $satn = 1023$ es un valor especial. Indica que la atenuación de la señal está fuera del intervalo que se puede representar o "indeterminado".

A.7.9 Parámetro de estado $GAINSpds$

El parámetro de estado $GAINSpds$ se define como:

$$GAINSpds_i = g_i \times 10^{\frac{(TXPSDdirect_{Zi}' - MREFPSDds(i))}{20}}$$

donde:

$TXPSDdirect_{Zi}'$ es la PSD de la señal directa en la salida del precodificador para la subportadora i , transmitida a la interfaz U-O, en dBm/Hz suponiendo que la impedancia de entrada de la red es de 100 Ohm resistiva;

$MREFPSDds$ es el valor de $MREFPSDds$ comunicado en un O-PRM en dBm/Hz.

La VTU-O deberá actualizar el $GAINSpds_i$ en colaboración con la VCE en la OLR que modifica el valor g_i y en el TIGAV que modifica el valor de $TXPSDdirect_{Zi}'$.

NOTA 1 – El $GAINSpds$ solo se actualiza, por tanto, durante el estado de enlace L0.

Los valores válidos para $GAINSpds$ oscilan entre 0 y aproximadamente 1,33 (es decir, el valor válido máximo g_i).

El $GAINSpds$ se representará como entero sin signo de 16-bit que expresa el valor de $GAINSpds$ en múltiplos de 1/512, con valores válidos entre 0 y 682. Todos los demás valores están reservados por el UIT-T.

NOTA 2 – Si la VTU-O no funciona con arreglo al presente anexo, los valores $GAINSpds_i$ serán los valores g_i reales.

NOTA 3 – En una implementación que utilice una matriz de precodificador P_i para una subportadora i , los valores $GAINSpds$ podrán calcularse utilizando el coeficiente diagonal de la matriz P_i , "diag(P_i)", mediante la siguiente ecuación (véase la Figura 6-1):

$$GAINSpds_i = g_i \times \text{diag}(P_i)$$

A.8 Gestión

En esta cláusula se definen los parámetros de configuración, de estado y de inventario de la COMIB que son acordes con el funcionamiento según el Anexo A. Estos parámetros serán soportados si la VTU-O soporta el Anexo A.

A.8.1 Parámetros de configuración

A.8.1.1 Modo STRONGFEXT (STRONGFEXT_MODE)

El parámetro de configuración STRONGFEXT_MODE (véase la cláusula 7.3.1.17.1 de [UIT-T G.997.1]) se utiliza para controlar la activación del Anexo A de UIT-T G.993.5 durante la inicialización.

Este parámetro tiene 4 valores válidos:

0: INAHABILITADO: No se autoriza el Anexo A de UIT-T G.993.5. El bit Npar(3) "Soporte de la reducción de la FEXT intensa" en el mensaje CL de UIT-T G.994.1 se fijará a CERO.

1: PREFERIDO: Se prefiere el Anexo A de UIT-T G.993.5. El bit Npar(3) "Soporte de la reducción de la FEXT intensa" en el mensaje CL de UIT-T G.994.1 indicará si la VTU-O soporta este anexo.

2: FORZADO: Utilización obligatoria del Anexo A de UIT-T G.993.5. El bit Npar(3) "Soporte de la reducción de la FEXT intensa" en el mensaje CL de UIT-T G.994.1 indicará si la VTU-O soporta este anexo. Si el bit Npar(3) "Soporte de la reducción de la FEXT intensa" no está fijado a UNO en el mensaje MS de UIT-T G.994.1 o el bit Spar(2) "UIT-T G.993.5" no está fijado a UNO en el mensaje MS de UIT-T G.994.1, entonces el bit Spar(1) "UIT-T G.993.2" se fijará a CERO en el mensaje MS.

3: FORZADO POR ENCIMA DE 17MHz (FORCED_ABOVE_17MHZ):

- Si el mensaje MS de UIT-T G.994.1 tiene el bit Spar(1) "UIT-T G.993.2" ajustado a UNO, el bit Spar(2) "UIT-T G.993.5" ajustado a UNO y el bit Npar(3) "Soporte de la reducción de la FEXT intensa" ajustado a CERO, entonces el mensaje MS de UIT-T G.994.1 será uno de los siguientes:
 - seleccionar funcionamiento según un perfil diferente de 30a y 35b, o
 - seleccionar funcionamiento según el perfil 35b, ajustando los SUPPORTEDCARRIERS en sentidos descendente y ascendente a O-SIGNATURE, limitado al índice de subportadora 4095.
- Si el mensaje MS de UIT-T G.994.1 tiene el bit Spar(1) "UIT-T G.993.2" ajustado a UNO y el bit Spar(2) "UIT-T G.993.5" ajustado a CERO, entonces el mensaje MS de UIT-T G.994.1 seleccionará el funcionamiento con arreglo a cualquier perfil, ajustando SUPPORTEDCARRIERS en los sentidos descendente y ascendente a O-SIGNATURE, limitado al índice de subportadora inferior o igual a 4095 que fije el fabricante.

NOTA – Se elegirá el índice de subportadora más elevado que fije el fabricante de forma que la diafonía generada a las demás líneas del grupo vectorizado sea suficientemente baja, por ejemplo, subportadora 511 (que podría corresponder al funcionamiento según la UIT-T G.992.5).

Si el modo STRONGFEXT_MODE está fijado a PREFERRED, FORCED o FORCED_ABOVE_17MHz, entonces:

- el modo RA-MODEds se ajustará a Mode 3 (DYNAMIC) o 4 (DYNAMIC con SOS);
- el modo RTX_MODE_ds se ajustará a RTX_FORCED, RTX_PREFERRED o RTX_TESTMODE.

NOTA – Este anexo solo es aplicable si la VTU está funcionando según el Anexo Q de [UIT-T G.993.2], que requiere el soporte obligatorio de la SRA y la retransmisión en sentido descendente. Este anexo parte del supuesto de que la SRA y la retransmisión en sentido descendente están habilitadas en la CO-MIB.

Si el modo STRONGFEXT_MODE está ajustado a FORCED o a FORCED_ABOVE_17MHz para una línea del grupo vectorizado, se ajustará al mismo modo para todas las líneas del grupo vectorizado (es decir, todas o ninguna).

A.8.2 Parámetros de estado

A.8.2.1 Modo STRONGFEXT real (STRONGFEXT_MODE_ACTUAL)

Los informes de los parámetros de estado STRONGFEXT_MODE_ACTUAL (véase la cláusula 7.5.1.45.1 de [UIT-T G.997.1]) para la línea, independientemente de si el funcionamiento es acorde o no al Anexo A de [UIT-T G.993.5], se seleccionan en el mensaje MS de UIT-T G.994.1 (independientemente de si esa selección se efectúa de forma autónoma por las VTU o de forma forzada por la CO-MIB).

Los valores válidos son:

- NOT-SELECTED: *No* se selecciona el funcionamiento según el Anexo A de UIT-T G.993.5.
- SELECTED: Se selecciona el funcionamiento según el Anexo A de UIT-T G.993.5.

A.8.3 Parámetros de inventario

A.8.3.1 Soporte del modo STRONGFEXT (STRONGFEXT_MODE_SUPPORT_O/R)

El informe de parámetros de inventario del STRONGFEXT_MODE_SUPPORT_O (véase la cláusula 7.4.15.1 de [UIT-T G.997.1) y STRONGFEXT_MODE_SUPPORT_R (véase la cláusula 7.4.15.2 de [UIT-T G.997.1 para la VTU-O y la VTU-R respectivamente, indicará si el funcionamiento según al Anexo A de la UIT-T G.993.5 no es soportado (fijado a 0) o es soportado (fijado a 1).

Anexo B

VDSL2 vectorizado de largo alcance

(Este anexo forma parte integral de la presente Recomendación.)

B.1 Introducción

En este anexo se define el modo de largo alcance para VDSL2 vectorizado (VDSL2-LR).

El modo del VDSL2-LR es una funcionalidad opcional de la VTU-O y la VTU-R. Este modo ofrece distintos comportamientos para el funcionamiento de los pares de un mismo grupo vectorizado como bucles cortos, medios y largos. La selección del funcionamiento de bucle corto, medio o largo es autónoma y tiene en cuenta la pérdida que presenta el bucle, salvo que la selección responda a criterios de gestión de red.

Los comportamientos incluyen lo siguiente:

- 1) Instalaciones en las que puedan existir líneas VDSL2 y líneas VDSL2-LR. Las líneas VDSL2-LR y VDSL2 pueden estar en el mismo grupo vectorizado.
- 2) Si la VTU-O y la VTU-R soportan VDSL2-LR, el funcionamiento conforme a este anexo se selecciona durante la fase de toma de contacto UIT-T G-994.1, tanto para la VTU-O como para la VTU-R.
- 3) Las líneas VDSL2 y VDSL2-LR se configuran para utilizar un determinado perfil VDSL2 (por ejemplo, 8a/b o 17a) en función del servicio deseado sobre las líneas VDSL2. Las líneas VDSL2 y VDSL2-LR comienzan la fase de inicialización con arreglo al procedimiento UIT-T G.993.5 y el perfil seleccionado.
- 4) No se permite la superposición de espectro en US0 – la banda de frecuencias desde 25 kHz a 138/276 kHz solo se usa para US0 y por encima de 138/276 kHz se aplica un plan de frecuencias VDSL2 ordinario.
- 5) En el modo VDSL2-LR, y para el funcionamiento de bucle largo, el espectro se limita a US0 y DS1 hasta la subportadora 511 (2,208 MHz).
- 6) En el modo VDSL2-LR solo se soporta la extensión cíclica obligatoria.
- 7) Salvo que se indique expresamente lo contrario en este anexo, el modo VDSL2-LR soporta todas las funcionalidades aplicables según la parte principal de la presente Recomendación (por ejemplo, DPBO).
- 8) En las líneas VDSL2-LR en las que se haya seleccionado el funcionamiento de bucle largo no se soporta la supresión de la diafonía en sentido ascendente (puesto que solo se utiliza la banda US0).

B.2 Visión general del procedimiento de inicialización

El procedimiento de inicialización de VDSL2-LR comprende dos partes:

- 1) procedimiento UIT-T G.993.5 ordinario (incluida la estimación del canal UIT-T G.993.5) con pequeñas modificaciones; y
- 2) fases adicionales:
 - PROBING (sondeo): durante esta fase, la VTU-R determina la longitud de la línea e indica a la VTU-O si debe continuar la inicialización de VDSL2-LR en el funcionamiento de bucle corto-medio o de bucle largo. Después de la indicación de la VTU-R, la VTU-O y la VTU-R continúan la inicialización de la línea para el funcionamiento de bucle corto-medio o de bucle largo;

- **TRAINING** (acondicionamiento): esta fase se realiza si la VTU-R ha seleccionado continuar la inicialización de la línea para el funcionamiento de bucle largo. En esta fase, la VTU-O y la VTU-R acondicionan la línea para su funcionamiento en modo bucle largo.

En la Figura B.1 se muestra el marco del procedimiento de inicialización. La figura ilustra la inicialización VDSL2-LR (en comparación con la inicialización UIT-T G.993.5 ordinaria), utilizando las notaciones siguientes para las señales intercambiadas:

- señales G.993.5 – se utiliza si se trata de una línea UIT-T G.993.5 ordinaria, es decir, que no funciona conforme a este anexo (una línea UIT-T G.993.5 ordinaria);
- señales LR, corto-medio – se utiliza si en la fase de sondeo se selecciona que la línea continúe la inicialización VDSL2-LR para el funcionamiento de bucle corto-medio (para convertirse en una línea VDSL2-LR corta o media);
- señales LR, largo – se utiliza si en la fase de sondeo se selecciona que la línea continúe la inicialización VDSL2-LR para el funcionamiento de bucle largo (para una línea VDSL2-LR larga).

	Mensaje	Señales LR, largo	Señales LR, corto-medio	Señales UIT-T G.993.5		Señales UIT-T G.993.5	Señales LR, corto-medio	Señales LR, largo	Mensaje
Parte regular de la inicialización UIT-T G.993.5	UIT-T G.994.1	Toma de contacto UIT-T G.994.1				Toma de contacto UIT-T G.994.1			UIT-T G.994.1
		O-P-QUIET 1			Temporización de bucle obtenida por VTU-R	R-P-QUIET 1			
		O-P-VECTOR 0							
Parte adicional realizada en la línea VDSL2-LR	O-P-MSG-PCB-LR	O-P-PROBINGLR		Decisión corto vs largo		R-P-PROBINGLR		R-P-MSG-PCB-LR	
		O-P-QUIET 1-LR		Fase CD regular UIT-T G.993.5	R-P-QUIET 1	R-P-QUIET 1-LR			
		O-P-VECTOR 1-LR	O-P-VECTOR 1			R-P-QUIET 1	R-P-QUIET 2-LR		
		O-P-VECTOR 1							
		O-P-TRAINING-LR							R-P-TRAINING-LR
Parte regular de la inicialización UIT-T G.993.5	O-IDLE	O-P-CHANNEL DISCOVERYV1			O-SIGNATURE recibido		R-P-QUIET 1		
	O-SIGNATURE								
		O-P-SYNCHROV1			Comienzo de transmisión bidireccional	R-P-VECTOR 1	R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 con SOC R-IDLE		
	O-IDLE	O-P-CHANNEL DISCOVERY1					R-MSG 1 recibido	R-P-CHANNEL DISCOVERY1		R-IDLE
		O-P-SYNCHROV1			Fin de etapas iniciales CD				R-MSG1
		O-P-PILOT 1	O-P-QUIET 2			R-P-SYNCHRO1			
						R-P-LINEPROBE			
		

G.993.5(15)-Amd.2(17)_ FB.1

Figura B.1 – Visión general de la inicialización de VDSL2-LR (comparada con la inicialización UIT-T G.993.5 ordinaria)

B.3 Fase de toma de contacto UIT-T G.994.1

Durante la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1, se realiza la selección del tipo de línea que podrá ser línea VDSL2-LR o línea UIT-T G.993.5 ordinaria. Si se selecciona línea VDSL2-LR, también se indica la etapa de sondeo PSD (a través de los valores NOMPSD y \log_{tssi}) (véase la cláusula B.6). Los puntos de código Spar(2) definidos pertenecen al árbol de códigos de UIT-T G.993.2 que se define en el Cuadro 11.68.0.1/G.994.1 (Campo de información estándar – codificación Spar(2) UIT-T G.993.2– octeto 2). La utilización de estos puntos de código en los mensajes CL, CLR y MS de UIT-T G.994.1 se define en los Cuadros B.1 a B.8.

Cuadro B.1 – Definiciones de los bits SPar(2) del mensaje CL de la VTU-O

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits SPar(2)
Soporte de VDSL2-LR	Se fijará a CERO si: <ul style="list-style-type: none"> • la VTU-O no soporta el modo VDSL2 de largo alcance (VDSL2-LR) conforme a este anexo, o, • la CO-MIB no permite ninguno de los funcionamientos de bucle corto, medio o largo (véase la cláusula B.10.1.1), y en cualquier otro caso puede ponerse a UNO.
Límites del espectro en sentido descendente	Se fijará a UNO si y solo si el bit "Soporte de VDSL2-LR" se fija a UNO. Si tiene el valor UNO significa que la VTU-O incluye los límites de espectro en sentido descendente definidos en el correspondiente NPar(3).
Conformación del espectro en sentido descendente	Se fijará a UNO si y solo si el bit "Soporte de VDSL2-LR" se fija a UNO. Si tiene el valor UNO significa que la VTU-O incluye la conformación de espectro en sentido descendente definido en el correspondiente NPar(3).
Límites del espectro en sentido ascendente	Se fijará a UNO si y solo si el bit "Soporte de VDSL2-LR" se fija a UNO. Si tiene el valor UNO significa que la VTU-O incluye los límites de espectro en sentido ascendente definidos en el correspondiente NPar(3).
Conformación del espectro en sentido ascendente	Siempre fijado a CERO.
Imágenes de señales de transmisión por encima de la frecuencia de Nyquist	Siempre fijado a CERO.
Desplazamiento de la muestra IDFT #0 en sentido descendente	Se fijará a UNO si y solo si el bit "Soporte de VDSL2-LR" tiene el valor UNO.
Desplazamiento de la muestra IDFT #0 en sentido ascendente	Siempre fijado a CERO.

Cuadro B.2 – Definiciones de los bits NPar(3) del mensaje CL de la VTU-O

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits Npar(3)
Soporte de VDSL2-LR	Si el bit SPar(2) tiene el valor UNO: <p>Bit 1: Tipo de funcionamiento de bucle corto: se fijará a UNO si y solo si la CO-MIB permite el funcionamiento de bucle corto VDSL2-LR (véase la cláusula B.10.1.1).</p> <p>Bit 2: Tipo de funcionamiento de bucle medio: se fijará a UNO si y solo si la CO-MIB permite el funcionamiento de bucle medio VDSL2-LR (véase la cláusula B.10.1.1).</p> <p>Bit 3: Tipo de funcionamiento de bucle largo: se fijará a UNO si y solo si la CO-MIB permite el funcionamiento de bucle largo VDSL2-LR (véase la cláusula B.10.1.1).</p> <p>Bit 4: Siempre fijado a UNO.</p>

Cuadro B.2 – Definiciones de los bits NPar(3) del mensaje CL de la VTU-O

Bit Spar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits Npar(3)
Límites del espectro en sentido descendente	<p>Bloque de parámetros que indica el nivel nominal de la PSD en transmisión. La longitud del bloque de parámetros será de 2 octetos. El nivel nominal de la PSD en transmisión (<i>NOMPSD_{ds}</i>) se representará como un valor complemento a dos con signo de 9 bits en escalones de 0,1 dB, desde -25,6 a +25,5 dB, con relación al valor de -40 dBm/Hz, y deberá codificarse en los bits 3 a 1 del octeto 1, y en los bits 6 a 1 del octeto 2.</p>
Conformación del espectro en sentido descendente	<p>Bloque de parámetros de pares de un índice de subportadora y valor <i>log_{tss_i}</i>; para la conformación del espectro en esa subportadora. Los pares deberán transmitirse en orden creciente del índice de subportadora. Cada par se representará con 4 octetos. La longitud del bloque de parámetros será un múltiplo de 4 octetos. El número máximo de puntos de corte es 32.</p> <p>Los puntos de código se estructurarán de la forma siguiente: El índice de subportadora deberá ser un valor sin signo de 9 bits, que contiene el índice de subportadora desde 1 a $2 \times NSC_{ds} - 1$, codificado en los bits 3 a 1 del octeto 1, y en los bits 6 a 1 del octeto 2.</p> <p>Indicación de si la subportadora está incluida en el conjunto SUPPORTEDCARRIERS (indicación puesta a 1) o no está incluida en el conjunto SUPPORTEDCARRIERS (indicación puesta a 0). Esta indicación se codifica en el bit 6 del octeto 3.</p> <p>Los valores <i>log_{tss_i}</i> de conformación del espectro se representarán a escala logarítmica como un valor sin signo de 7 bits en escalones de -0,5 dB, comprendidos en la gama de 0 dB (valor 0) a -62,5 dB (valor 125), codificados en el bit 1 del octeto 3, y en los bits 6 a 1 del octeto 4. El valor 127 es un valor especial que indica que la subportadora no se transmite (es decir, <i>tss_i</i> = 0 en una escala lineal). El valor 126 es un valor especial que indica que el valor de <i>log_{tss_i}</i> de esta subportadora será interpolado de conformidad con la cláusula 8.13.2.4 de [UIT-T G.992.3]. Al menos un par (compuesto por un índice de subportadora y por el valor de <i>log_{tss_i}</i> de conformación de espectro en dicha subportadora) que se haya indicado que está incluido en el conjunto SUPPORTEDCARRIERS, tendrá el valor de <i>log_{tss_i}</i> fijado a 0 dB.</p>
Límites del espectro en sentido ascendente	<p>Bloque de parámetros con la misma definición y estructura que los límites del espectro en sentido descendente, con <i>NOMPSD=NOMPSD_{us}</i>.</p>
Desplazamiento de la muestra IDFT #0 en sentido descendente	<p>Indica el desplazamiento entre la muestra #0 de la IDTF de O-P-SEGUE 1-LR y O-P-CHANNEL DISCOVERY-V1 en muestras a 4,416 MHz. El valor se codifica como un valor entero sin signo de 7 bits.</p>

Cuadro B.3 – Definiciones de los bits SPar(2) del mensaje CLR de la VTU-R

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits SPar(2)
Soporte de VDSL2-LR	Se fijará a UNO si y solo si la VTU-R soporta el modo VDSL2 de largo alcance (VDSL2-LR) conforme al presente anexo.
Límites del espectro en sentido descendente	Siempre fijado a CERO.
Conformación del espectro en sentido descendente	Siempre fijado a CERO.
Límites del espectro en sentido ascendente	Se fijará a UNO si y solo si el bit "Soporte de VDSL2-LR" se fija a UNO. Si tiene el valor UNO significa que la VTU-R incluye los límites de espectro en sentido ascendente definidos en el correspondiente NPar(3).
Conformación del espectro en sentido ascendente	Se fijará a UNO si y solo si el bit "Soporte de VDSL2-LR" se fija a UNO. Si tiene el valor UNO significa que la VTU-R incluye los límites de espectro en sentido ascendente definidos en el correspondiente NPar(3).
Imágenes de señales de transmisión por encima de la frecuencia de Nyquist	Se fijará a UNO si y solo si el bit "Soporte de VDSL2-LR" se fija a UNO. Si tiene el valor UNO significa que la VTU-R incluye las imágenes de la señal transmitida por encima de la frecuencia de Nyquist definida en el correspondiente NPar(3).
Desplazamiento de la muestra IDFT #0 en sentido descendente	Siempre fijado a CERO.
Desplazamiento de la muestra IDFT #0 en sentido ascendente	Se fijará a UNO si y solo si el bit "Soporte de VDSL2-LR" tiene el valor UNO.

Cuadro B.4 – Definiciones de los bits NPar(3) del mensaje CLR de la VTU-R

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits NPar(3)
Soporte de VDSL2-LR	Bit 1: Siempre fijado a UNO. Bit 2: Siempre fijado a UNO. Bit 3: Siempre fijado a UNO. Bit 4: FMT-O-P-TREF2: Si está fijado a UNO, indica que la VTU-R solicita a la VTU-O que transmita símbolos O-P-TREF durante O-P-ECT-LR. Si está fijado a CERO, indica que la VTU-R solicita a la VTU-O que transmita símbolos O-P-QUIET durante O-P-ECT-LR.
Límites del espectro en sentido ascendente	Bloque de parámetros con la misma definición y estructura que el bloque de parámetros de límites del espectro en sentido ascendente del mensaje CL.
Conformación del espectro en sentido ascendente	Bloque de parámetros con la misma definición y estructura que el bloque de parámetros de conformación del espectro en sentido descendente del mensaje CL, con $NSC=NSC_{us}$ y un número máximo de puntos de corte de 16.

Cuadro B.4 – Definiciones de los bits NPar(3) del mensaje CLR de la VTU-R

<p>Imágenes de señales de transmisión por encima de la frecuencia de Nyquist</p>	<p>Bloque de parámetros que indica el tipo de imágenes de señales de transmisión por encima de la frecuencia de Nyquist. El bloque de parámetros constará de un único octeto. Los puntos de código se incluirán en los bits 6 a 3, indicando el valor N (para una IDFT de $2N$ puntos, véase la cláusula 10.4.3 de [UIT-T G.993.2]) y los bits 2 y 1 indican la definición de las imágenes de señal de transmisión por encima de la frecuencia de Nyquist (véase la cláusula 10.4.3 de [UIT-T G.993.2]). La codificación será la siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (b6b5b4b3) = n, con $1 \leq n \leq 15$ indica que $N = 2^n$ • (b2b1 = 01): conjugado complejo de la señal en banda de base • (b2b1 = 10): relleno con ceros • (b2b1 = 00): otros (ninguno de los anteriores) • (b2b1 = 11): reservado.
<p>Desplazamiento de la muestra IDFT #0 en sentido ascendente</p>	<p>Indica el desplazamiento entre la muestra #0 de la IDTF de R-P-SEGUE 1-LR y R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 en las muestras a 276 kHz. El valor se codifica como un valor entero sin signo de 3 bits.</p>

Cuadro B.5 – Definiciones de los bits Spar(2) del mensaje MS de la VTU-O

<p>Bit Spar(2) de UIT-T G.994.1</p>	<p>Definición de los bits Spar(2)</p>
<p>Soporte de VDSL2-LR</p>	<p>Se fija a UNO si y solo si los mensajes CLR y CL anteriores han fijado este bit fijado a UNO. Si es UNO, indica que la VTU-O y la VTU-R continuarán la inicialización para el modo VDSL2-LR como se define en este anexo. Si es CERO, indica que la VTU-O y la VTU-R continuarán la inicialización como se define en la cláusula 10. Si este bit se fija a UNO, el bit Spar(2) de longitud del CE se fijará a CERO.</p>
<p>Límites del espectro en sentido ascendente</p>	<p>Siempre fijado a CERO.</p>
<p>Conformación del espectro en sentido ascendente</p>	<p>Siempre fijado a CERO.</p>
<p>Límites del espectro en sentido descendente</p>	<p>Siempre fijado a CERO.</p>
<p>Conformación del espectro en sentido descendente</p>	<p>Siempre fijado a CERO.</p>
<p>Imágenes de señales de transmisión por encima de la frecuencia de Nyquist</p>	<p>Siempre fijado a CERO.</p>
<p>Desplazamiento de la muestra IDFT #0 en sentido descendente</p>	<p>Siempre fijado a CERO.</p>
<p>Desplazamiento de la muestra IDFT #0 en sentido ascendente</p>	<p>Siempre fijado a CERO.</p>

Cuadro B.6 – Definiciones del bit NPar(3) del mensaje MS de la VTU-O

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits NPar(3)
Soporte de VDSL2-LR	<p>Bit 1: bucle corto: se fija a UNO si y solo si los mensajes CLR y CL previos más recientes han fijado este bit a UNO. Si es UNO, se permitirá el funcionamiento de bucle corto.</p> <p>Bit 2: bucle medio: se fija a UNO si y solo si los mensajes CLR y CL previos más recientes han fijado este bit a UNO. Si es UNO, se permitirá el funcionamiento de bucle medio.</p> <p>Bit 3: bucle largo: se fija a UNO si y solo si los mensajes CLR y CL previos más recientes han fijado este bit a UNO. Si es UNO, se permitirá el funcionamiento de bucle largo.</p> <p>Bit 4: FMT-O-P-TREF2: se fija a UNO si y solo si los últimos mensajes CLR y CL previos más recientes han fijado este bit a UNO. Si es UNO, la VTU-O transmitirá símbolos O-P-TREF durante O-P-ECT-LR. Si es CERO, la VTU-O transmitirá símbolos O-P-QUIET durante O-P-ECT-LR.</p>

Cuadro B.7 – Definiciones de los bits SPar(2) del mensaje MS de la VTU-R

Bit SPar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits SPar(2)
Soporte de VDSL2-LR	Se fija a UNO si y solo si los mensajes CLR y CL previos más recientes han fijado este bit a UNO. Si es UNO, indica que la VTU-R y la VTU-O continuarán la inicialización para el modo VDSL2-LR tal como se define en este anexo. Si es CERO, indica que la VTU-R y la VTU-O continuarán la inicialización como se define en la cláusula 10. Si es UNO, entonces el bit SPar(2) de longitud del CE se fijará a CERO.
Límites del espectro en sentido ascendente	Siempre fijado a CERO.
Conformación del espectro en sentido ascendente	Siempre fijado a CERO.
Límites del espectro en sentido descendente	Siempre fijado a CERO.
Conformación del espectro en sentido descendente	Siempre fijado a CERO.
Imágenes de señales de transmisión por encima de la frecuencia de Nyquist	Siempre fijado a CERO.
Desplazamiento de la muestra IDFT #0 en sentido descendente	Siempre fijado a CERO.
Desplazamiento de la muestra IDFT #0 en sentido ascendente	Siempre fijado a CERO.

Cuadro B.8 – Definiciones de los bits NPar(3) del mensaje MS de la VTU-R

Bit Spar(2) de UIT-T G.994.1	Definición de los bits NPar(3)
Soporte de VDSL2-LR	<p>Bit 1: bucle corto: se fija a UNO si y solo si los mensajes CLR y CL previos más recientes han fijado este bit a UNO. Si tiene el valor UNO, se permitirá el funcionamiento de bucle corto.</p> <p>Bit 2: bucle medio: se fija a UNO si y solo si los mensajes CLR y CL previos más recientes han fijado este bit a UNO. Si es UNO, se permitirá el funcionamiento de bucle medio.</p> <p>Bit 3: bucle largo: se fija a UNO si y solo si los mensajes CLR y CL previos más recientes han fijado este bit a UNO. Si es UNO, se permitirá el funcionamiento de bucle largo.</p> <p>Bit 4: FMT-O-P-TREF2: se fija a UNO si y solo si los mensajes CLR y CL previos más recientes han fijado este bit a UNO. Si es UNO, la VTU-O transmitirá símbolos O-P-TREF durante O-P-ECT-LR. Si es CERO, la VTU-O transmitirá símbolos O-P-QUIET durante O-P-ECT-LR.</p>

Si en el mensaje MS UIT-T G.994.1 el bit Spar(2) "Soporte de VDSL2-LR" se fija a UNO indica:

- el uso de la longitud de CE obligatoria;
- un funcionamiento conforme a un perfil distinto del perfil 30a (véanse los Cuadros 6-1 y Q.1 de [UIT-T G.993.2]);
- que el bit Spar(2) de US0 del Anexo B se ha fijado a UNO y que uno de los valores de NPar(3) de 25-138 kHz (A), 25-276 kHz (M) o 120-276 kHz (B) estará fijado a UNO.

La selección del funcionamiento específico del bucle (bucle corto, medio o largo) se produce durante las fases de inicialización que siguen, como se describe en la cláusula B.2. Ese funcionamiento específico solo puede seleccionarse si está permitido (es decir, si el correspondiente bit Npar(3) de "bucle corto", "bucle medio" o "bucle largo" del mensaje MS UIT-T G.994.1 se fija a UNO).

B.4 Señales transmitidas por la VTU-O durante la fase de descubrimiento y acondicionamiento del canal

La duración máxima de O-P-VECTOR 0, O-P-VECTOR 1-LR y O-P-VECTOR 1 se define en las cláusulas B.4.2, B.4.5 y B.4.7, respectivamente. Además, si el bit "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1" está habilitado en la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1 (véase la cláusula 10.2), entonces la duración total de todas las fases desde O-P-VECTOR 0 hasta O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, pero sin incluirla, no excederá de $8 \times 1024 \times 257$ símbolos.

Una VTU-R que indique "Soporte del modo VDSL2-LR" en el mensaje CLR de UIT-T G.994.1, también indicará el soporte de "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1".

NOTA – Las líneas UIT-T G.993.5 ordinarias que no tengan habilitado el bit "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1" en la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1 pueden inicializarse en una agrupación distinta que no incluya líneas VDSL2-LR.

B.4.1 O-P-QUIET 1

Después de la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1, la VTU-O comienza la inicialización con la señal O-P-QUIET 1 definida en la cláusula 12.3.3.3.1.1 de [UIT-T G.993.2].

La señal O-P-QUIET 1 tendrá una duración de al menos 512 periodos de símbolos, pero no será mayor de 1024.

La señal O-P-QUIET 1 será seguida de la señal O-P-VECTOR 0.

B.4.2 O-P-VECTOR 0

La señal O-P-VECTOR 0 será idéntica a la señal O-P-VECTOR 1 definida en la cláusula 10.3.3.1. Incluye todas las subportadoras del conjunto SUPPORTEDCARRIERS en sentido descendente. La PSD de la señal O-P-VECTOR 0 se obtendrá aplicando las mismas reglas utilizadas para la PSD de la señal O-P-VECTOR 1 (véase la cláusula 10.3.3.1), excepto que la potencia de transmisión combinada de la señal O-P-VECTOR 0 no excederá el valor mínimo de la potencia de transmisión combinada máxima en sentido descendente, como se define para el perfil seleccionado en el Cuadro 6-1 de [UIT-T G.993.2] y el valor MAXNOMATPds configurado en la CO-MIB.

Durante la transmisión de la señal O-P-VECTOR 0, la VCE estima los canales FEXT descendentes de las líneas en fase de inicialización que afectan a las líneas vectorizadas sobre la base de las muestras de error recortadas notificadas por las VTU-R de las líneas vectorizadas. A continuación se establecen las matrices de supresión de la FEXT en las VTU-O para todas las líneas vectorizadas en el sentido descendente y se suprime la FEXT de las líneas en fase de inicialización que afecta a las líneas vectorizadas.

La VTU-O establece la duración de O-P-VECTOR 0 bajo el control de la VCE. La VCE puede seleccionar adecuadamente la duración de O-P-VECTOR 0 con el objetivo de sincronizar el comienzo de las señales O-P-PROBING-LR en todas las líneas VDSL2-LR del grupo vectorizado.

La duración de O-P-VECTOR 0 no excederá de $M \times 1024 \times 257$ símbolos. Si el bit "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1" se habilita en la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1 (véase la cláusula 10.2), entonces $M = 8$. En otro caso, $M = 1$.

NOTA – Si $M = 8$, la duración máxima de O-P-VECTOR 0 limitará la duración máxima en todas las fases, comenzando en O-P-VECTOR 0 y hasta O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, pero sin incluirla (véase la cláusula B.4).

La señal O-P-VECTOR 0 vendrá seguida de las señales O-P-PROBING-LR.

B.4.3 O-P-PROBING-LR

O-P-PROBING-LR constará de un conjunto de señales periódicas, como se define en la cláusula B.6. Esas señales tienen el propósito de sincronizar la VTU-R para permitirle estimar la longitud de la línea a fin de informar a la VTU-O de si la inicialización de las líneas se hará para el funcionamiento de bucle corto-medio (para convertirla en una línea VDSL2-LR corta o media) o para el funcionamiento de bucle largo (para convertirla en una línea VDSL2-LR larga). Si se selecciona el funcionamiento de bucle largo, la VTU-O también recibe una indicación del tono piloto asignado por la VTU-R y la reducción de potencia en sentido descendente requerida establecida por la VTU-R.

Las señales O-P-PROBING-LR pueden ser transmitidas con un tamaño IDFT distinto del tamaño IDFT inicial indicado en el mensaje CL de UIT-T G.994.1. El tamaño IDFT ($2N$) será al menos 2 048 (es decir, $n \geq 11$).

La PSD de las señales O-P-PROBING-LR será la definida en la cláusula B.6.1.1.

Las señales O-P-PROBING-LR serán seguidas de la señal O-P-QUIET 1-LR.

NOTA – Mientras la VTU-O transmite las señales O-P-PROBING-LR, se recomienda que la VCE paralice las actualizaciones del precodificador de las líneas cuya VTU-O se encuentre en el estado O-SHOWTIME.

B.4.4 O-P-QUIET 1-LR

La señal O-P-QUIET 1-LR será idéntica a la señal O-P-QUIET 1.

Durante la transmisión de esta señal, la VTU-O realiza cualquier reconfiguración que sea necesaria para la proseguir la inicialización de la forma seleccionada, ya sea para el funcionamiento de bucle corto-medio (para su conversión en una línea VDSL2-LR corta o media) o para el funcionamiento de bucle largo (para una línea VDSL2-LR larga).

La señal O-P-QUIET 1-LR tendrá una duración de 64 símbolos.

Si la inicialización de la línea corresponde al funcionamiento de bucle corto-medio, la señal O-P-QUIET 1-LR será seguida de la señal O-P-VECTOR 1 definida en la cláusula B.4.7.

Si la inicialización de la línea corresponde al funcionamiento de bucle largo, la señal O-P-QUIET 1-LR será seguida de la señal O-P-VECTOR 1-LR.

NOTA – Se recomienda que, mientras la VTU-O transmita la señal O-P-QUIET 1-LR, la VCE paralice las actualizaciones del precodificador de las líneas cuya VTU-O se encuentre en el estado O-SHOWTIME.

B.4.5 O-P-VECTOR 1-LR

La señal O-P-VECTOR 1-LR será idéntica a la señal O-P-VECTOR 1 definida en la cláusula 10.3.3.1, salvo que:

- solo incluirá todas las subportadoras del conjunto SUPPORTEDCARRIERS en sentido descendente cuyo índice de subportadora sea de hasta 511 (hasta aproximadamente 2,2 MHz);
- su PSD será idéntica a la PSD de las señales O-P-TRAINING-LR (véase la cláusula B.7.1.1);
- se transmite con un tamaño IDFT ($2N$) que puede diferir del tamaño IFDT inicial indicado en el mensaje CL de UIT-T G.994.1, pero será de al menos 2048 (es decir, $n \geq 11$), de forma que no haya ninguna imagen por encima de la subportadora con índice 511.

La VTU-O establece la duración de O-P-VECTOR 1-LR bajo el control de la VCE. La VCE puede seleccionar adecuadamente la duración de O-P-VECTOR 1-LR con el objetivo de sincronizar el comienzo de las señales O-P-TRAINING-LR en todas las líneas VDSL2-LR del grupo vectorizado con funcionamiento de bucle largo.

La duración de O-P-VECTOR 1-LR no excederá de $M \times 1024 \times 257$ símbolos. Si el bit "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1" se habilita en la fase de toma de contacto de UIT-T G.994.1 (véase la cláusula 10.2), entonces $M = 8$. En otro caso, $M = 1$.

NOTA – Si $M = 8$, la duración máxima de O-P-VECTOR 1-LR limitará la duración máxima en todas las fases, comenzando en O-P-VECTOR 0 hasta O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, pero sin incluirla (véase la cláusula B.4).

La señal O-P-VECTOR 1-LR será seguida de las señales O-P-TRAINING-LR.

La señal O-P-VECTOR 1-LR es necesaria para la adopción de posibles cambios de impedancia durante la reconfiguración de la línea VDSL2-LR una vez seleccionado el funcionamiento de bucle largo.

NOTA – La VTU-R utiliza espectro hasta 2,2 MHz durante la fase de sondeo, pudiendo requerir una reconfiguración para el funcionamiento de bucle corto-medio, que puede cambiar su impedancia y, por lo tanto, afectar en los valores ajustables del precodificador para líneas cuya VTU-O se encuentra en el estado O-SHOWTIME. Esos cambios se incorporarán durante la transmisión de O-P-VECTOR 1.

B.4.6 O-P-TRAINING-LR

Las señales O-P-TRAINING-LR se definen en la cláusula B.7.

Mientras que la VTU-O transmite las señales O-P-TRAINING-LR, la VTU-R transmite las señales R-P-TRAINING-LR. Las señales O/R-P-TRAINING-LR permiten a la VTU-O y a la VTU-R acondicionar sus compensadores de eco (EC) y equalizadores en el dominio del tiempo (TEQ). La PSD de las señales O-P-TRAINING-LR será la definida en la cláusula B.7.1.1.

Después del acondicionamiento de los EC y los TEQ, ambas VTU están listas para la comunicación a través del SOC. Por lo tanto, una vez completado el intercambio de la señal O/R-P-TRAINING-LR, la línea continúa la inicialización UIT-T G.993.5 ordinaria, con el intercambio de los correspondientes mensajes en el SOC.

El tamaño de la IDFT durante O-P-TRAINING-LR será el mismo que durante O-P-VECTOR 1-LR. NOTA – Se recomienda que mientras la VTU-O transmita las señales O-P-TRAINING-LR, la VCE paralice las actualizaciones del precodificador para las subportadoras cuyo índice de subportadora sea de hasta 511.

La duración de O-P-TRAINING-LR es variable. La duración máxima de O-P-TRAINING-LR respetará la regla definida en la cláusula B.4.

Las señales O-P-TRAINING-LR serán seguidas de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 y lo que resta de la fase de descubrimiento del canal, como se define en la cláusula B.4.8.

B.4.7 O-P-VECTOR 1

La señal O-P-VECTOR 1 será idéntica a la señal O-P-VECTOR 0 definida en la cláusula B.4.2.

La duración de O-P-VECTOR 1 no excederá de $M \times 1024 \times 257$ símbolos. Si el bit "duración de 8192 supertramas para O-P-VECTOR 1" se habilita en la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1 (véase la cláusula 10.2), entonces $M = 8$. En otro caso, $M = 1$.

NOTA – Si $M = 8$, la duración máxima de O-P-VECTOR 1 limitará la duración máxima en todas las fases, comenzando por O-P-VECTOR 0 hasta O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, sin incluir esta última (véase la cláusula B.4).

La señal O-P-VECTOR 1 será seguida de la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 y por lo que resta de la fase de descubrimiento del canal, como se define en la cláusula B.4.8.

B.4.8 Fase de descubrimiento del canal de G.993.5

Si en la fase de sondeo se selecciona el funcionamiento de bucle corto-medio, se aplicará la fase de descubrimiento de canal de UIT-T G.993.5 con las enmiendas definidas en esta cláusula. Si en la fase de sondeo se selecciona el funcionamiento de bucle largo, se aplicará la fase de descubrimiento de canal de UIT-T G.993.5 con las enmiendas definidas en la cláusula B.8.

B.4.8.1 O-SIGNATURE (enmienda la cláusula 12.3.3.2.1.1 de [UIT-T G.993.2])

El campo #8 "Potencia transmitida combinada máxima nominal en sentido descendente (MAXNOMATPds)" se utiliza para calcular el valor del parámetro de control *MAXNOMATPds*, que determina la potencia máxima de banda amplia que puede transmitir la VTU-O. El valor de MAXNOMATPds comunicado en el campo #28 no excederá del valor menor de entre 20,5 dB y el valor MAXNOMATPds configurado en la CO-MIB con independencia del perfil [UIT-T G.993.2] específico seleccionado durante la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1 de inicialización.

El valor del parámetro de control *MAXNOMATPds* se calculará como el menor valor de entre la potencia máxima agregada transmitida en sentido descendente, como se define para el perfil seleccionado en el Cuadro 6-1 de [UIT-T G.993.2] y el valor de MAXNOMATPds indicado en el campo #8 del mensaje O-SIGNATURE.

NOTA 1 – Se llama la atención del lector sobre el hecho de que el valor del parámetro de control *MAXNOMATPds* puede ser diferente del valor de MAXNOMATPds comunicado en O-SIGNATURE, que no es el caso para [UIT-T G.993.2].

NOTA 2 – La VTU-O y la VTU-R conocen el valor del parámetro de control *MAXNOMATPds*, no siendo necesario que la VTU-O lo comunique a la VTU-R.

B.4.8.2 O-UPDATE (enmienda de la cláusula 12.3.3.2.1.2 de [UIT-T G.993.2])

Si el mensaje MS de UIT-T G.994.1 tiene el bit de bucle corto fijado a CERO, la subportadora ascendente más elevada permitida indicada por la VTU-O en O-UPDATE (véase Cuadro 12-28 de [UIT-T G.993.2]) cumplirá la condición de funcionamiento de bucle medio definido en la cláusula B.4.8.3 (es decir, funcionamiento forzado de bucle medio).

B.4.8.3 O-PRM (enmienda de la cláusula 12.3.3.2.1.3 de [UIT-T G.993.2])

Si el mensaje MS de UIT-T G.994.1 tiene el bit de bucle medio fijado a UNO y tanto la subportadora ascendente más elevada permitida según indica la VTU-O en O-UPDATE (véase el Cuadro 12-28 de [UIT-T G.993.2]) como la subportadora descendente más elevada propuesta por la VTU-R en R-UPDATE (véase Cuadro 12-35 de [UIT-T G.993.2]) tienen ambas índices iguales o inferiores al índice de subportadora más elevado definido para la banda DS2 en el plan de banda de frecuencias aplicado y ninguno supera el valor 1971 (8,5 MHz, véase el Cuadro 6-1 de [UIT-T G.993.2]), entonces el funcionamiento de la línea VDSL2-LR será de bucle medio. En cualquier otro caso, el funcionamiento de la línea VDSL2-LR será de bucle corto.

Si el funcionamiento de la línea VDSL2-LR es de bucle medio, se modificará el valor del parámetro de control *MAXNOMATPds* a un valor igual al valor de *MAXNOMATPds* indicado en el campo #8 del mensaje O-SIGNATURE. Si el funcionamiento de la línea VDSL2-LR es de bucle corto, no se modificará el valor del parámetro de control *MAXNOMATPds*, como se establece en la cláusula B.4.8.1.

El *MREFPSds* indicado en O-PRM (véase el Cuadro 12-30 de [UIT-T G.993.2]) tendrá una potencia de transmisión combinada que no superará el valor de *MAXNOMATPds*.

NOTA – Para el funcionamiento de bucle medio, *MREFPSDs* puede tener una potencia de transmisión combinada superior a la potencia de transmisión combinada máxima en sentido descendente (definida en los Cuadros 6-1 y Q.1 de [UIT-T G.993.2]) para el perfil [ITU-T G.993.2] específico seleccionado durante la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1 de inicialización.

B.4.9 Fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5

Si se selecciona el funcionamiento de bucle largo en la etapa de sondeo, se aplicará la fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5 con las modificaciones definidas en la cláusula B.8. Si se selecciona el funcionamiento con bucles cortos o medios en la etapa de sondeo, se utilizará la fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5 original.

B.5 Señales enviadas por la VTU-R durante las fases de búsqueda de canal y de acondicionamiento

B.5.1 R-P-QUIET 1

Tras la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1, la VTU-R abordará la inicialización con la señal R-P-QUIET 1 definida en la cláusula 12.3.3.3.2.1 de [ITU-T G.993.2].

La duración de R-P-QUIET 1 será determinada por la VTU-O. En los 64 símbolos siguientes después de que la VTU-O finalice la primera señal de O-P-PROBING-LR (O-P-COMB 2-LR, véase la cláusula B.6.1.3), la VTU-R finalizará la señal R-P-QUIET 1.

La señal R-P-QUIET 1 deberá ir seguida por las señales R-P-PROBING-LR.

B.5.2 R-P-PROBING-LR

R-P-PROBING-LR consta de algunas señales periódicas, como se define en la cláusula B.6.

Mientras recibe las señales O-P-PROBING-LR, la VTU-R determinará si debe continuar la inicialización de la línea en funcionamiento con bucle corto o medio (para convertirse en una línea VDSL2-LR corta o media) o en funcionamiento con bucle largo (para una línea VDSL2-LR larga). En este último caso, la VTU-R también asignará el tono piloto y determinará la mínima reducción de potencia en sentido descendente (PCBds, véase el Cuadro B.10), si es preciso.

Las señales R-P-PROBING-LR se transmitirán con el tamaño de la IDFT y el tipo de imagen indicados por la VTU-R en el bloque "Transmisión de imágenes de señal por encima de la frecuencia de Nyquist" en el mensaje CLR de UIT-TG.994.1. El tamaño de la IDFT puede ser diferente del tamaño de la IDFT inicial indicado en el mensaje CL de UIT-T G.994.1.

La PSD de las señales R-P-PROBING-LR será la definida en la cláusula B.6.2.1.

Las señales R-P-PROBING-LR deberán ir seguidas por la señal R-P-QUIET 1-LR.

B.5.3 R-P-QUIET 1-LR

La señal R-P-QUIET 1-LR será idéntica a la señal R-P-QUIET 1.

Mientras se transmite esta señal, la VTU-R realiza cualquier reconfiguración necesaria para la continuación seleccionada de la inicialización, ya sea en funcionamiento con bucle corto o medio (para convertirse en una línea VDSL2-LR corta o media) o en funcionamiento con bucle largo (para una línea VDSL2-LR larga).

La duración de la señal R-P-QUIET 1-LR será de 64 periodos de símbolo.

Si la inicialización debe continuar en funcionamiento con bucle corto o medio, la señal R-P-QUIET 1-LR estará seguida por la señal R-P-QUIET 1 definida en la cláusula 10.3.4.1 y el resto de la fase de búsqueda de canales será como se define en la cláusula 10.3, salvo para los cambios definidos en las cláusulas B.4.8 y B.10.4.1.

Si la inicialización debe continuar en funcionamiento con bucle largo, la señal R-P-QUIET 1-LR deberá ir seguida por la señal R-P-QUIET 2-LR.

B.5.4 R-P-QUIET 2-LR

La señal R-P-QUIET 2-LR será idéntica a la señal R-P-QUIET 1.

La duración de R-P-QUIET 2-LR será determinada por la VTU-O. En los 64 símbolos siguientes después de que la VTU-O finalice la primera señal de O-P-TRAINING-LR (O-P-REVERB 1-LR, véase la cláusula B.7.1.1), la VTU-R finalizará la señal R-P-QUIET 2-LR.

La señal R-P-QUIET 2-LR deberá ir seguida por las señales R-P-TRAINING-LR.

B.5.5 R-P-TRAINING-LR

Las señales R-P-TRAINING-LR se definen en la cláusula B.7.

Mientras la VTU-R transmite las señales R-P-TRAINING-LR, la VTU-O transmite las señales O-P-TRAINING-LR. Las señales O/R-P-TRAINING-LR permiten que la VTU-O y la VTU-R acondicionen sus canceladores de eco (EC) y sus ecualizadores en el dominio del tiempo (TEQ). La PSD de las señales R-P-TRAINING-LR será la misma que la de las señales R-P-PROBING-LR (véase la cláusula B.6.1.1).

Tras el acondicionamiento de los EC y TEQ, ambas VTU estarán preparadas para las comunicaciones SOC. Después de completar el intercambio de señales O/R-P-TRAINING-LR, la línea prosigue con la inicialización ordinaria UIT-T G.993.5, intercambiando los correspondientes mensajes por el SOC.

El tamaño de la IDFT durante R-P-TRAINING será el indicado por la VTU-R en el bloque "Transmisión de imágenes de señal por encima de la frecuencia de Nyquist" en el mensaje CLR de UIT-T G.994.1.

Las señales R-P-TRAINING-LR estarán seguidas por la señal R-P-QUIET 1 definida en la cláusula 10.3.4.1 y el resto de la fase de búsqueda de canales será como se define en la cláusula 10.3.

B.5.6 Fase de búsqueda de canales de UIT-T G.993.5

Si se selecciona el funcionamiento con bucle largo en la etapa de sondeo, se aplicará la fase de búsqueda de canales de UIT-T G.993.5 con las modificaciones definidas en la cláusula B.8. Si se selecciona el funcionamiento con bucle corto o medio en la etapa de sondeo, se aplicará la fase de búsqueda de canales de UIT-T G.993.5 con las modificaciones definidas en la cláusula B.5.6.

En ambos casos, el valor del parámetro de control *MAXNOMATP_{us}* será el definido en la cláusula B.10.1.7.

B.5.6.1 R-UPDATE (modifica la cláusula 12.3.3.2.2 de [UIT-T G.993.2])

Si el mensaje MS de UIT-T G.994.1 tiene el bit de bucle corto fijado a CERO, entonces la mayor subportadora en sentido descendente indicada por la VTU-R en R-UPDATE (véase el Cuadro 12-35 de [UIT-T G.993.2]) deberá cumplir la condición para el funcionamiento en bucle medio definida en la cláusula B.4.8.3 (es decir, funcionamiento de bucle medio forzado).

B.5.7 Fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5

Si se selecciona el funcionamiento con bucle largo en la etapa de sondeo, se aplicará la fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5 con las modificaciones definidas en la cláusula B.8. Si se selecciona el funcionamiento con bucle corto o medio en la etapa de sondeo, se aplicará la fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5 original.

B.6 Intercambio de señales O/R-P-PROBING-LR

El intercambio de señales O/R-P-PROBING-LR utiliza las señales definidas en UIT-T G.992.5, con la restricción de que la duración de las señales y de las transiciones entre diferentes señales se produce en las fronteras de los símbolos DMT con el CE. Esta restricción es idéntica a la limitación definida en la cláusula 12.3.6.1 de [UIT-T G.993.2] de enviar las señales O/R-P-PERIODIC. Puesto que en el modo VDSL2-LR solo se soporta el CE obligatorio, la duración de cada señal es un múltiplo de 64 símbolos con el CE (o 69 símbolos con el CE).

El intercambio de señales O/R-P-PROBING-LR se describe en la Figura B.2.

NOTA – La duración del intercambio de señales O/R-P-PROBING-LR está entre 1,5 s y 1,9 s.

B.6.1 Señales O-P-PROBING-LR

B.6.1.1 PSD de transmisión de las señales O-P-PROBING-LR

La PSD de transmisión de O-P-PROBING-LR (*PROBINGPSD_s*) se obtendrá de los valores *NOMPSD* y *log_{tssi}* intercambiados en los límites espectrales en sentido descendente y en los bloques de parámetros de conformación del espectro del mensaje CL de UIT-T G.994.1 durante la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1, definida en la cláusula 8.13.2.4 de [UIT-T G.992.3] con:

$$PROBINGPSD_s(f) = CL_NOMPSD_s + log_tssi_ds(f)$$

donde *CL_NOMPSD_s* es la *NOMPSD_s* indicada por la VTU-O en el mensaje CL de UIT-T G.994.1. *CL_NOMPSD_s* será inferior o igual a la *MAXNOMPSD_s* configurada en la CO-MIB (véase la cláusula B.10.1.2).

Los límites de PSD de las señales O-P-PROBING-LR serán las *PSDMASK_s*. La *PROBINGPSD_s*(*f*) no será superior a la *PSDMASK_s*(*f*) menos 3,5 dB, para todas las subportadoras en el conjunto *SUPPORTEDCARRIERS_s* con índices hasta el 511. La *PSDMASK_s*(*f*) se define en el Cuadro 7-4 de [UIT-T G.993.2] y se obtendrá teniendo en cuenta la *LIMITMASK_s* definida en la cláusula B.9.

Todas las subportadoras incluidas en las señales O-P-PROBING-LR se transmitirán con la *PROBINGPSD_s*, con una precisión de ±1 dB en el punto de referencia U-O2.

La potencia de transmisión combinada para las señales O-P-PROBING-LR no será superior al valor mínimo entre la potencia de transmisión combinada en sentido descendente máxima definida en la cláusula B.9 para el correspondiente anexo a [UIT-T G.993.2] y el valor de *MAXNOMATP_s* configurado en la CO-MIB. La VTU-O determinará el valor de *CL_NOMPSD_s* y *log_{tssi}* de forma que la potencia de transmisión combinada de la señal O-P-PROBING-LR no supere el valor anterior.

NOTA – Para el funcionamiento con bucle largo, las señales O-P-PROBING-LR podrían disponer de una potencia de transmisión combinada superior a la potencia de transmisión combinada en sentido descendente máxima (como se define en el Cuadro 6-1 y en Q.1 de [UIT-T G.993.2]) para el perfil UIT-T G.993.2 seleccionado durante la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1 de inicialización. No obstante, es poco probable que ocurra puesto que se utilizan símbolos COMB en las señales O-P-PROBING-LR.

B.6.1.2 Definiciones de símbolos para las señales O-P-PROBING-LR

El símbolo O-P-QUIET se define idéntico al símbolo C-QUIET definido en la cláusula 8.13.3.1.1 de [UIT-T G.992.3].

El símbolo O-P-COMB utilizará el conjunto de subportadoras definido en la cláusula 8.13.3.1.2 de [UIT-T G.992.5]. Para la definición del conjunto de subportadoras O-P-COMB, el valor de *NSCds* se fijará a 512. Se utilizarán todas las subportadoras O-P-COMB con índices que se encuentren en el conjunto SUPPORTEDCARRIERSds con índices hasta el 511. Estas subportadoras se modularán con 4-QAM. El valor 11 se hará corresponder con esas subportadoras. Los puntos de constelación en esas subportadoras se rotarán basándose en el número de 2 bits proporcionado por el aleatorizador de cuadrante descrito en la cláusula 12.3.6.2 de [UIT-T G.993.2]. El aleatorizador se utilizará en el modo reinicialización (véase la cláusula 12.3.6.2.1 de [UIT-T G.993.2]).

El símbolo O-P-ICOMB se define idéntico al símbolo O-P-COMB, salvo cuando se hace corresponder el valor 00 a las mismas subportadoras.

Todas las señales constituidas por símbolos O-P-COMB u O-P-ICOMB se implementarán como señales periódicas, tales como O/R-P-PERIODIC 1 (véase la cláusula 12.3.6.1 de [UIT-T G.993.2]).

B.6.1.3 O-P-COMB 2-LR

El estado O-P-COMB 2-LR tiene una longitud fija. En el estado O-P-COMB 2-LR, la VTU-O transmitirá 3648 símbolos O-P-COMB.

El estado O-P-COMB 2-LR deberá ir seguido por el estado O-P-QUIET 3-LR.

B.6.1.4 O-P-QUIET 3-LR

El estado O-P-QUIET 3-LR tiene una longitud variable. En el estado O-P-QUIET 3-LR, la VTU-O transmitirá un múltiplo de 64 símbolos O-P-QUIET, con un mínimo de 256 y un máximo de 960 símbolos O-P-QUIET.

El estado O-P-QUIET 3-LR deberá ir seguido por el estado O-P-COMB 3-LR.

B.6.1.5 O-P-COMB 3-LR

El estado O-P-COMB 3-LR tiene una longitud fija. En el estado O-P-COMB 3-LR, la VTU-O transmitirá 64 símbolos O-P-COMB.

El estado O-P-COMB 3-LR deberá ir seguido por el estado O-P-ICOMB 2-LR.

B.6.1.6 O-P-ICOMB 2-LR

El estado O-P-ICOMB 2-LR tiene una longitud fija. En el estado O-P-ICOMB 2-LR, la VTU-O transmitirá 64 símbolos O-P-ICOMB.

El estado O-P-ICOMB 2-LR deberá ir seguido por el estado O-P-QUIET 4-LR.

B.6.1.7 O-P-QUIET 4-LR

El estado O-P-QUIET 4-LR tiene una longitud variable. En el estado O-P-QUIET 4-LR, la VTU-O transmitirá un múltiplo de 64 símbolos O-P-QUIET, con un mínimo de 1152 y un máximo de 1408 símbolos O-P-QUIET.

Durante este estado la VTU-O recibirá y decodificará la información contenida en el mensaje R-MSG-PCB.

La VTU-O continuará transmitiendo símbolos O-P-QUIET hasta después de la transición de la VTU-R al estado R-P-QUIET 4-LR. En los 128 símbolos posteriores a la transición de la VTU-R al estado R-P-QUIET4-LR, la VTU-O pasará al estado siguiente.

Si la VTU-O ha recibido correctamente el mensaje R-P-MSG-PCB, el estado O-P-QUIET 4-LR deberá ir seguido por el estado O-P-COMB 4-LR. En otro caso, la VTU-O volverá al estado O-SILENT.

B.6.1.8 O-P-COMB 4-LR

El estado O-P-COMB 4-LR tiene una longitud fija. En el estado O-P-COMB 4-LR, la VTU-O transmitirá 64 símbolos O-P-COMB.

El estado O-P-COMB 3-LR deberá ir seguido por el estado O-P-ICOMB 2-LR.

La señal O-P-COMB 4-LR sirve de acuse de recibo de la recepción correcta del mensaje R-P-MSG-PCB.

El estado O-P-COMB 4-LR deberá ir seguido por el estado O-P-ICOMB 4-LR.

B.6.1.9 O-P-ICOMB 4-LR

El estado O-P-ICOMB 4-LR tiene una longitud fija. En el estado O-P-ICOMB 4-LR, la VTU-O transmitirá 64 símbolos O-P-ICOMB.

El estado O-P-ICOMB 4-LR deberá ir seguido por el estado O-P-MSG-PCB-LR.

B.6.1.10 O-P-MSG-PCB-LR

En sentido descendente, la potencia de transmisión se ajustará mediante un valor de recorte de potencia determinado por la VTU-O durante la etapa de sondeo, basado en las subportadoras más utilizadas en sentido descendente solicitadas por la VTU-R en el mensaje R-P-MSG-PCB-LR.

El estado O-P-MSG-PCB-LR tiene una longitud fija. En el estado O-P-MSG-PCB-LR, la VTU-O transmitirá 512 símbolos de O-P-COMB u O-P-ICOMB para modular el mensaje O-P-MSG-PCB-LR. El mensaje O-P-MSG-PCB-LR transporta el nivel de recorte de potencia determinado por la VTU-O para el sentido descendente.

La m del mensaje O-P-MSG-PCB-LR está definida por:

$$m = \{ m_7, \dots, m_0 \}$$

Los bits se definirán como se muestra en el Cuadro B.9.

Cuadro B.9 – Definición de bits para el mensaje O-P-MSG-PCB-LR

Índice de bit	Parámetro	Definición
3...0	<i>O-PCB_DS</i>	Recorte de potencia final en sentido descendente de la VTU-O en dB, representado con un número entero sin signo entre 0 y 15 (valor de 4 bits con el MSB en el bit 3 y el LSB en el bit 0) (Véase la Nota).
7...4	Reservado por el UIT-T	Se fijará a 0 y será ignorado por el receptor.
NOTA – Este recorte de potencia se utilizará posteriormente en lugar del recorte de potencia en sentido descendente mínimo indicado en el mensaje R-MSG-PCB-LR. El valor será inferior o igual al R-MIN_PCB_DS solicitado por la VTU-R. Si la VTU-R indica que la línea debe proseguir la inicialización en funcionamiento con bucle corto o medio, este campo se fijará a 0 y será ignorado por la VTU-R.		

Los 8 bits m_0 - m_7 se transmitirán en 512 periodos de símbolo (m_0 en primer lugar y m_7 en el último). Se transmitirá un bit CERO como 64 símbolos O-P-COMB consecutivos (1 bit por cada 69 símbolos sin CE). Se transmitirá un bit UNO como 64 símbolos O-P-ICOMB consecutivos.

El estado O-P-MSG-PCB-LR también indica a la VTU-R que se ha completado la etapa de sondeo.

El estado O-P-MSG-PCB-LR deberá ir seguido por el estado O-P-QUIET 1-LR.

B.6.2 Señales R-P-PROBING-LR

B.6.2.1 PSD de transmisión de las señales R-P-PROBING-LR

La PSD de transmisión de R-P-PROBING-LR ($PROBINGPSD_{us}$) se obtendrá de los valores $NOMPSD$ y log_tssi intercambiados en los límites espectrales en sentido ascendente y en los bloques de parámetros de conformación del espectro en sentido ascendente del mensaje CLR de UIT-T G.994.1 durante la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1, definida en la cláusula 8.13.2.4 de [UIT-T G.992.3] con:

$$PROBINGPSD_{us}(f) = MIN(CL_NOMPSD_{us}, CLR_NOMPSD_{us}) - PCB_{us} + log_tssi_{us}(f),$$

donde CL_NOMPSD_{us} es la $NOMPSD_{us}$ indicada por la VTU-O en el mensaje CL y CLR_NOMPSD_{us} es la $NOMPSD_{us}$ indicada por la VTU-R en el mensaje CLR de UIT-T G.994.1. La CL_NOMPSD_{us} será inferior o igual a la $MAXNOMPSD_{us}$ configurada en la CO-MIB (véase la cláusula B.10.1.2).

Los límites de PSD para las señales R-P-PROBING-LR serán las $PSDMASK_{us}$. La $PROBINGPSD_{us}(f)$ no superará $PSDMASK_{us}(f)$ menos 3,5 dB para todas las subportadoras en el conjunto $SUPPORTEDCARRIERS_{us}$ en la banda US0 [f_{0L} , f_{0H}]. La $PSDMASK_{us}(f)$ se define en el Cuadro 7-4 de [UIT-T G.993.2] y se obtendrá teniendo en cuenta la $LIMITMASK_{us}$ definida en la cláusula B.9.

La VTU-R aplicará un $PCB_{us} = 10$ dB si la VTU-R determina que la línea es corta o media y aplicará un $PCB_{us} = 0$ dB si la VTU-R determina que la línea es larga. La VTU-R evaluará la longitud de la línea antes de enviar el primer símbolo activo de la señal R-P-PROBING-LR (véase la Figura B.2). La VTU-R utilizará estas reglas de establecimiento de PCB_{us} independientemente de si está permitido o no el funcionamiento con bucles cortos, medios o largos durante la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1 (véase la cláusula B.3).

La PSD de transmisión de la señal R-P-LINEPROBE-LR no superará $PROBINGPSD_{us}$.

Todas las subportadoras incluidas en las señales R-P-PROBING-LR se transmitirán con la $PROBINGPSD_{us}$ rebajada con PCB_{us} , con una precisión de ± 1 dB en el punto de referencia U-R2.

La potencia de transmisión combinada para las señales R-P-PROBING-LR no superará el valor del parámetro de control $MAXNOMATP_{us}$ definido en la cláusula B.10.1.7. La VTU-O determinará el valor de CL_NOMPSD_{us} de forma que para cualquier valor válido de CLR_NOMPSD_{us} , PCB_{us} y log_tssi_{us} elegido por la VTU-R, la potencia de transmisión combinada de la señal R-P-PROBING-LR no supere el valor anterior.

B.6.2.2 Definiciones de símbolos para las señales R-P-PROBING-LR

El símbolo R-P-QUIET se define idéntico al símbolo R-QUIET definido en la cláusula 8.13.3.2.1 de [UIT-T G.992.3].

El símbolo R-P-COMB utilizará el conjunto de subportadoras definido en la cláusula 8.13.3.2.2 de [UIT-T G.992.5]. Para definir el conjunto de subportadoras R-P-COMB, se fijará a 32 ó 64 el valor NSC_{us} , de conformidad con la máscara de PSD US0 definida en la cláusula B.9.2.2. Se utilizarán todas las subportadoras R-P-COMB con índices en la banda de paso de la máscara de PSD US0. Estas subportadoras se modularán con 4-QAM. Se hará corresponder el valor 11 con estas subportadoras. Los puntos de constelación en estas subportadoras se rotarán posteriormente

basándose en el número de 2 bits proporcionado por el aleatorizador de cuadrante descrito en la cláusula 12.3.6.2 de [UIT-T G.993.2]. El aleatorizador se utilizará en el modo reinicialización (véase la cláusula 12.3.6.2.1 de [UIT-T G.993.2]).

El símbolo R-P-ICOMB se define idéntico al símbolo R-P-COMB, salvo que se hace corresponder el valor 00 en las mismas subportadoras.

Todas las señales constituidas por símbolos R-P-COMB o R-P-ICOMB se implementarán como señales periódicas, tales como O/R-P-PERIODIC 1 (véase la cláusula 12.3.6.1 de [UIT-T G.993.2]).

B.6.2.3 R-P-COMB 2-LR

El estado R-P-COMB 2-LR tiene longitud fija. En el estado R-P-COMB 2-LR, la VTU-R transmitirá 256 símbolos R-P-COMB.

El estado R-P-COMB 2-LR deberá ir seguido por el estado R-P-ICOMB 1-LR, si la VTU-R desea utilizar el estado R-P-LINEPROBE-LR. En otro caso el estado R-P-COMB 2-LR deberá ir seguido por el estado R-P-QUIET 3-LR.

B.6.2.4 R-P-ICOMB 1-LR

El estado R-P-ICOMB 1-LR tiene longitud fija. En el estado R-P-ICOMB 1-LR, la VTU-R transmitirá 64 símbolos R-P-ICOMB.

El estado R-P-ICOMB 1-LR deberá ir seguido por el estado R-P-LINEPROBE-LR.

B.6.2.5 R-P-LINEPROBE-LR

El estado R-P-LINEPROBE-LR tiene longitud fija. En el estado R-P-LINEPROBE-LR, la VTU-R transmitirá una señal que depende del fabricante con una duración de 512 periodos de símbolo.

El estado R-P-LINEPROBE-LR deberá ir seguido por el estado R-P-QUIET 3-LR.

B.6.2.6 R-P-QUIET 3-LR

El estado R-P-QUIET 3-LR tiene longitud variable. En el estado R-P-QUIET 3-LR, la VTU-R transmitirá un múltiplo de 64 símbolos R-P-QUIET, con un mínimo de 128 y un máximo de 320 símbolos R-P-QUIET.

La VTU-R seguirá transmitiendo símbolos R-P-QUIET hasta después de que la VTU-O pase a O-P-QUIET 4-LR. En los 128 símbolos posteriores a la transición de la VTU-O al estado O-P-QUIET 4-LR, la VTU-R pasará al estado siguiente.

El estado R-P-QUIET 3-LR deberá ir seguido por el estado R-P-COMB 3-LR.

B.6.2.7 R-P-COMB 3-LR

El estado R-P-COMB 3-LR tiene longitud fija. En el estado R-P-COMB 3-LR, la VTU-R transmitirá 64 símbolos R-P-COMB.

El estado R-P-COMB 3-LR deberá ir seguido por el estado R-P-ICOMB 2-LR.

B.6.2.8 R-P-ICOMB 2-LR

El estado R-P-ICOMB 2-LR tiene longitud fija. En el estado R-P-ICOMB 2-LR, la VTU-R transmitirá 64 símbolos R-P-ICOMB.

El estado R-P-ICOMB 2-LR deberá ir seguido por el estado R-P-MSG-PCB-LR.

B.6.2.9 R-P-MSG-PCB-LR

En el sentido descendente, la potencia de transmisión se reducirá mediante un valor de recorte de potencia. La VTU-R determina el valor mínimo del recorte de potencia en sentido descendente durante la etapa de sondeo.

NOTA – La VTU-R puede considerar que el margen dinámico de su receptor se determina observando O-P-COMB 2-LR y las condiciones de línea locales establecidas por la R-P-LINEPROBE-LR opcional cuando se trate de estipular el valor mínimo del recorte de potencia en sentido descendente.

El estado R-P-MSG-PCB-LR tiene longitud fija. En el estado R-P-MSG-PCB-LR, la VTU-R transmitirá 1536 símbolos de R-P-COMB o R-P-ICOMB para modular el mensaje R-P-MSG-PCB. El mensaje R-P-MSG-PCB transporta el valor mínimo del recorte de potencia en sentido descendente determinado por la VTU-R y el tono piloto en sentido descendente utilizado para la recuperación de temporización durante diferentes estados.

La m del mensaje R-P-MSG-PCB se define como:

$$m = \{ m_{23}, \dots, m_0 \},$$

donde los bits se definirán como se muestra en el Cuadro B.10.

Cuadro B.10 – Definición de los bits para el mensaje R-P-MSG-PCB-LR

Índice de bit	Parámetro	Definición
[3:0]	<i>R-MIN_PCB_DS</i>	Mínimo recorte de potencia en sentido descendente de la VTU-R en dB, representado mediante un entero sin signo en la gama de 0 a 15 (valor de 4 bits, siendo el bit 3 el MSB y el bit 0 el LSB).
[12:4]	<i>O-P-PILOT</i>	Índice de subportadora del tono piloto en sentido descendente, representado mediante un entero sin signo en la gama de 32 a 511 (valor de 9 bits con el MSB en el bit 12 y el LSB en el bit 4) (Véanse las notas 1 y 4).
13	<i>OPTYPE</i>	Se fijará a 0 si la inicialización de la línea debe continuar en funcionamiento con bucle corto o medio (para ser una VDSL2-LR corta o media). Se fijará a 1 si la inicialización de la línea debe continuar en funcionamiento con bucle largo (para ser una línea VDSL2-LR larga). (Véanse las notas 2 y 3).
[22:14]	<i>LAST_TONE_DS</i>	Índice de subportadora de la frecuencia más alta transmitida en sentido descendente en la etapa ACONDICIONAMIENTO expresado como un número entero sin signo (valor de 9 bits con el MSB en el bit 22 y el LSB en el bit 14). (Notas 4 y 5).
23	Reservado por el UIT-T	Se fijará a 0 y será ignorado por el receptor.

NOTA 1 – El valor de *O-P-PILOT* indicado se utilizará como el índice de la subportadora piloto O-P-TREF (véase la cláusula B.7.1.4) para el soporte o la recuperación de la temporización de la VTU-R durante la etapa O-P-TRAINING.

NOTA 2 – Si el bit *OPTYPE* se fija a 0, la VTU-O ignorará los restantes parámetros del mensaje.

NOTA 3 – Si el mensaje MS de UIT-T G.994.1 tiene el bit de bucle largo fijado a CERO, el bit *OPTYPE* se fijará a CERO. Si el mensaje MS de UIT-T G.994.1 tiene tanto el bit de bucle corto como el bit de bucle medio fijados a CERO, el bit *OPTYPE* se fijará a UNO (es decir, funcionamiento con bucle largo forzado).

NOTA 4 – Si el bit *OPTYPE* se fija a 0 (la línea proseguirá la inicialización en funcionamiento con bucle corto o medio), este campo se fijará a 491.

NOTA 5 – Los valores válidos de *LAST_TONE_DS* son los asociados con subportadoras provenientes del conjunto de símbolos *O-P-COMB* como se define en la cláusula B.6.1.2, y el valor válido adicional de 511.

Los 24 bits m_0 - m_{23} se transmitirán en 1 536 periodos de símbolo (m_0 en primer lugar y m_{23} en último lugar). Se transmitirá un bit CERO como 64 símbolos R-P-COMB consecutivos (1 bit por cada 69 símbolos sin CE). Se transmitirá un bit UNO como 64 símbolos R-P-ICOMB consecutivos.

El estado R-P-MSG-PCB-LR deberá ir seguido por el estado R-P-QUIET 4-LR.

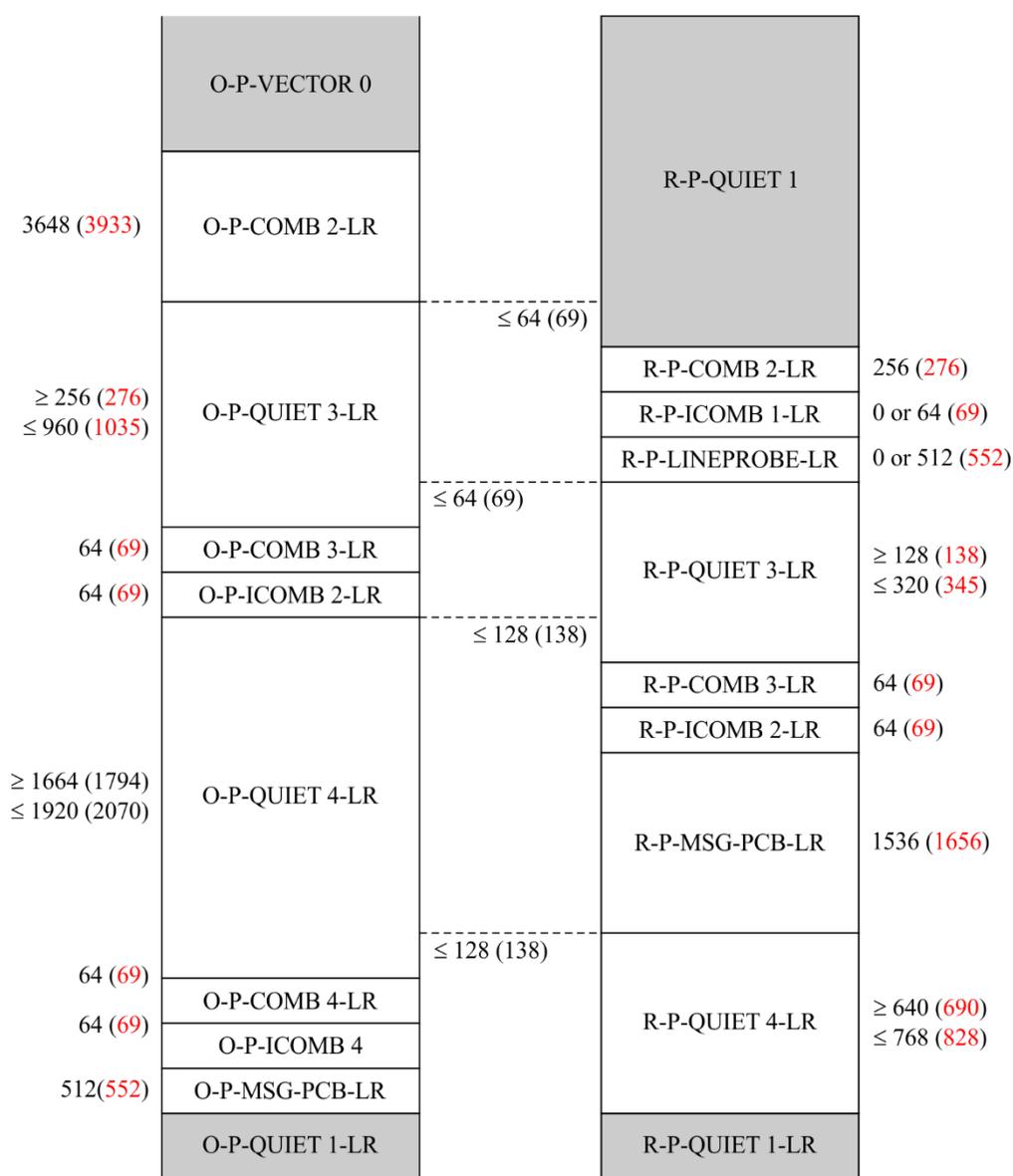
B.6.2.10 R-P-QUIET 4-LR

El estado R-P-QUIET 4-LR tiene longitud fija. En el estado R-P-QUIET 4-LR, la VTU-R transmitirá un múltiplo de 64 símbolos R-P-QUIET, con un mínimo de 64 y un máximo de 192 símbolos R-P-QUIET.

Si la VTU-R detecta correctamente la señal O-P-COMB 4-LR, el estado R-P-QUIET 4-LR deberá ir seguido por el estado R-P-QUIET 1-LR. En otro caso, la VTU-R volverá al estado R-SILENT.

B.6.3 Diagrama temporal de las señales O/R-P-PROBING-LR

El intercambio de señales se describe en la Figura B.2.



G.993.5(15)-Amd.2(17)_FB.2

Figura B.2 – Diagrama temporal de las señales O/R-P-PROBING-LR

En la Figura B.2, las duraciones de las señales se expresan en símbolos con CE (los valores entre paréntesis son las duraciones de las señales expresados en símbolos sin CE). Las señales sombreadas en gris son partes de las etapas anterior y siguiente de la inicialización (véase la Figura B.1).

B.7 Intercambio de señales O/R-P-TRAINING-LR

El intercambio de señales O/R-P-TRAINING-LR se describe en la Figura B.4 y utiliza señales definidas en [UIT-T G.992.5], con la restricción de que las transiciones entre diferentes señales se producen en los límites de los símbolos DMT con la CE. La duración de cada señal es un múltiplo de 64 símbolos con CE (o de 69 símbolos sin CE).

NOTA – El intercambio de señales O/R-P-TRAINING-LR permite el acondicionamiento de TEQ y EC antes de la transmisión dúplex. La duración de este intercambio se sitúa entre 1,9s y 9,7s.

B.7.1 Señales O-P-TRAINING-LR

B.7.1.1 PSD de transmisión para las señales O-P-TRAINING-LR

La PSD de transmisión de O-P-TRAINING-LR (*TRAININGPSDds*) se obtendrá de los valores de *NOMPSD* y *log_tssi* intercambiados en los límites espectrales en sentido descendente y en los bloques de parámetros de conformación del espectro del mensaje CL de UIT-T G.994.1 durante la fase de toma de contacto UIT-T G.994.1, definida en la cláusula 8.13.2.4 de [UIT-T G.992.3] y del valor *O-PCB_DS* indicado por la VTU-O durante la etapa de sondeo, como:

$$TRAININGPSDds(f) = NOMPSDds - PCBds + ceiled_log_tssi_ds(f),$$

con

$$ceiled_log_tssi_ds(f) = MIN(log_tssi_ds(f) + PCBds, 0 \text{ dB}),$$

y

$$PCBds = O-PCB_DS.$$

Todas las subportadoras incluidas en las señales O-P-TRAINING-LR se transmitirán con la *TRAININGPSDds*, con una precisión de ± 1 dB en el punto de referencia U-O2.

Los límites de PSD para las señales O-P-TRAINING-LR serán las *PSDMASKds*. La *TRAININGPSDds(f)* no superará *PSDMASKds(f)* menos 3,5 dB, para todas las subportadoras en el conjunto *SUPPORTEDCARRIERSds* con índices hasta 511. *PSDMASKds* se define en el Cuadro 7-4 de [UIT-T G.993.2] y se obtendrá teniendo en cuenta las *LIMITMASKds* definidas en la cláusula B.9 utilizando la subportadora más alta con el índice igual al valor de *LAST_TONE_DS* indicado por la VTU-R durante la etapa de sondeo.

La potencia de transmisión combinada de las señales O-P-TRAINING-LR no superará el mínimo de la potencia de transmisión combinada en sentido descendente como se define en la cláusula B.9 del anexo correspondiente de [UIT-T G.993.2] ni el valor *MAXNOMATPds* configurado en la CO-MIB.

La VTU-O determinará el valor de *CL_NOMPSDds*, *log_tssi_ds*, y *PCBds*, de forma que la potencia de transmisión combinada de las señales O-P-TRAINING-LR no supere el valor anterior.

B.7.1.2 Definiciones de símbolos de las señales O-P-TRAINING-LR

El símbolo O-P-REVERB contendrá todas las subportadoras hasta el índice 511. Estas subportadoras se modularán en 4-QAM. El valor 11 se hará corresponder con estas subportadoras. Los puntos de constelación de estas subportadoras se rotarán posteriormente basándose en el número de 2 bits proporcionado por el aleatorizador de cuadrante descrito en la cláusula 12.3.6.2 de [UIT-T G.993.2]. El aleatorizador se utilizará en el modo reinicialización (véase la cláusula 12.3.6.2.1 de [UIT-T G.993.2]).

El símbolo O-P-QUIET es el mismo que el definido para O-P-PROBING-LR.

El símbolo O-P-TREF será un símbolo de un solo tono. Solamente se transmitirá el índice de la subportadora *O-P-PILOT* especificado por la VTU-R en el mensaje R-P-MSG-PCB (es decir, el tono piloto O-P-TREF). El tono piloto O-P-TREF modulará el punto de constelación 4-QAM {0,0}. No deberá transmitirse potencia en las otras subportadoras (es decir, $X_i = Y_i = 0$).

El símbolo O-P-SEGUE se define idéntico al símbolo O-P-REVERB, salvo con el valor 00 que se hace corresponder con las mismas subportadoras.

Todas las señales constituidas por símbolos O-P-REVERB, O-P-SEGUE u O-P-TREF se implementarán como señales periódicas, tales como O/R-P-PERIODIC 1 (véase la cláusula 12.3.6.1 de G.993.2).

El símbolo O-P-PILOT se define idéntico a los símbolos transmitidos durante O-P-PILOT 1 de [UIT-T G.993.2] (véase la cláusula 12.3.3.3.1.4 de [UIT-T G.993.2]). Durante el símbolo O-P-PILOT solo se transmitirá el índice de subportadora *O-P-PILOT* especificado por la VTU-R en el mensaje R-P-MSG-PCB-LR (es decir, el tono piloto O-P-TREF).

B.7.1.3 O-P-REVERB 0-LR

El estado O-P-REVERB 0-LR tiene longitud fija. En el estado O-P-REVERB 0-LR, la VTU-O transmitirá 3648 símbolos O-P-REVERB.

Durante el estado O-P-REVERB 0-LR, la VTU-R restaura la temporización de bucle, ajusta la AFE y adquiere la temporización de símbolos en sentido descendente.

El estado O-P-REVERB 0-LR deberá ir seguido por el estado O-P-QUIET 5-LR.

B.7.1.4 O-P-QUIET 5-LR

El estado O-P-QUIET 5-LR tiene longitud fija. En el estado O-P-QUIET 5-LR, la VTU-O transmitirá 128 símbolos O-P-QUIET.

Durante el estado O-P-QUIET 5-LR, la VTU-O detecta R-P-REVERB 1-LR y se prepara entonces para la transmisión bidireccional.

El estado O-P-QUIET 5-LR deberá ir seguido por el estado O-P-REVERB 1-LR.

B.7.1.5 O-P-REVERB 1-LR

El estado O-P-REVERB 1-LR tiene longitud fija. En el estado O-P-REVERB 1-LR, la VTU-O transmitirá 512 símbolos O-P-REVERB.

Durante el estado O-P-REVERB 1-LR, la VTU-O puede volver a ajustar su AGC (mientras la VTU-R se encuentra en el estado R-P-REVERB 1-LR) y aplicar algoritmos de AFE adaptativos.

El estado O-P-REVERB 1-LR deberá ir seguido por el estado O-P-TREF 1-LR.

B.7.1.6 O-P-TREF 1-LR

El estado O-P-TREF 1-LR tiene longitud fija. En el estado O-P-TREF 1-LR, la VTU-O transmitirá un mínimo de 512 y un máximo de 15872 símbolos O-P-TREF.

Durante el estado O-P-TREF 1-LR, la VTU-O puede acondicionar su TEQ.

El estado O-P-TREF 1-LR deberá ir seguido por el estado O-P-REVERB 2-LR.

B.7.1.7 O-P-REVERB 2-LR

El estado O-P-REVERB 2-LR tiene longitud fija. En el estado O-P-REVERB 2-LR, la VTU-O transmitirá 64 símbolos O-P-REVERB.

La transición al estado O-P-REVERB 2-LR indica a la VTU-R que la VTU-O ha completado el acondicionamiento de su TEQ.

El estado O-P-REVERB 2-LR deberá ir seguido por el estado O-P-ECT-LR.

B.7.1.8 O-P-ECT-LR

El estado O-P-ECT-LR tiene longitud fija. En el estado O-P-ECT-LR, la VTU-O transmitirá una señal que depende del fabricante con una duración de 512 periodos de símbolo.

Durante este estado, la VTU-O puede acondicionar su cancelador de eco.

El estado O-P-ECT-LR deberá ir seguido por el estado O-P-REVERB 3-LR.

B.7.1.9 O-P-REVERB 3-LR

El estado O-P-REVERB 3-LR tiene longitud variable. En el estado O-P-REVERB 3-LR, la VTU-O transmitirá un mínimo de 448 y un máximo de 15936 símbolos O-P-REVERB.

El estado O-P-REVERB 3-LR facilita a la VTU-R una señal de acondicionamiento (en principio para el TEQ).

La VTU-O seguirá transmitiendo símbolos O-P-REVERB hasta que la VTU-R haya pasado al estado R-P-REVERB 3-LR. En los 64 símbolos posteriores a la transición de la VTU-R al estado R-P-REVERB 3-LR, la VTU-O pasará al siguiente estado.

En el caso en que la VTU-R haya indicado en el mensaje CLR de UIT-T G.994.1 que necesita que la VTU-O transmita símbolos O-P-TREF durante el estado R-P-ECT-LR (es decir, ha fijado el bit "FMT-O-P-TREF2" a UNO), el estado O-P-REVERB 3-LR deberá ir seguido por el estado O-P-TREF 2-LR. En el caso en que la VTU-R haya indicado que necesita que la VTU-O transmita símbolos O-P-QUIET durante el estado R-P-ECT-LR (es decir, ha fijado el bit "FMT-O-P-TREF2" a CERO), el estado O-P-REVERB 3-LR deberá ir seguido por el estado O-P-QUIET 6-LR.

B.7.1.10 O-P-TREF 2-LR

El estado O-P-TREF 2-LR tiene longitud fija. En el estado O-P-TREF 2-LR, la VTU-O transmitirá símbolos 576 O-P-TREF.

El estado O-P-TREF 2-LR facilita el acondicionamiento del EC en la VTU-R. La VTU-O ignorará la señal transmitida por la VTU-R durante este estado.

O-P-TREF 1-LR deberá ir seguido por el estado O-P-REVERB 4-LR.

B.7.1.11 O-P-QUIET 6-LR

El estado O-P-QUIET 6-LR tiene longitud fija. En el estado O-P-QUIET 6-LR, la VTU-O transmitirá 576 símbolos O-P-QUIET.

La VTU-O ignorará la señal transmitida por la VTU-R durante este estado.

El estado O-P-QUIET 6-LR deberá ir seguido por el estado O-P-REVERB 4-LR.

B.7.1.12 O-P-REVERB 4-LR

El O-P-REVERB 4-LR tiene longitud fija. En el estado O-P-REVERB 4-LR, la VTU-O transmitirá 1024 símbolos O-P-REVERB.

Durante el estado O-P-REVERB 4-LR, la VTU-O puede ajustar sus parámetros para la transmisión bidireccional.

El estado O-P-REVERB 4-LR deberá ir seguido por el estado O-P-SEGUE 1-LR.

B.7.1.13 O-P-SEGUE 1-LR

El estado O-P-SEGUE 1-LR tiene longitud fija. En el estado O-P-SEGUE1-LR, la VTU-O transmitirá 64 símbolos O-P-SEGUE. El primer símbolo de O-P-SEGUE 1-LR se utiliza como punto de referencia en el tiempo para facilitar el alineamiento entre la temporización del

acondicionamiento de VDSL2-LR y la búsqueda de canal G.993.5 (véase la cláusula B.8.1). El estado O-P-SEGUE 1-LR deberá ir seguido por el estado O-P-PILOT-LR.

B.7.1.14 O-P-PILOT-LR

La fase O-P-PILOT-LR sirve para ecualizar la duración de la fase ACONDICIONAMIENTO entre diferentes líneas del grupo vectorizado. En el estado O-P-PILOT-LR, la VTU-O transmitirá un número entero de símbolos O-P-PILOT. La duración del estado O-P-PILOT-LR es variable, bajo el control de la VCE, y puede estar entre 128 y 31360 símbolos.

O-P-PILOT es una señal no periódica. El alineamiento de los símbolos de O-P-PILOT y el estado O-P-SEGUE 1-LR utilizará dos puntos de referencia asociados con la muestra IDFT #0 de símbolos concretos. La muestra IDFT #0 se define como la primera muestra del bloque de $2N$ muestras temporales generada por la IDFT.

El primer punto de referencia será la muestra IDFT #0 del primer símbolo del estado O-P-SEGUE 1-LR y el segundo punto de referencia es la muestra IDFT #0 del primer símbolo del estado O-P-PILOT-LR como se muestra en la Figura B.3.

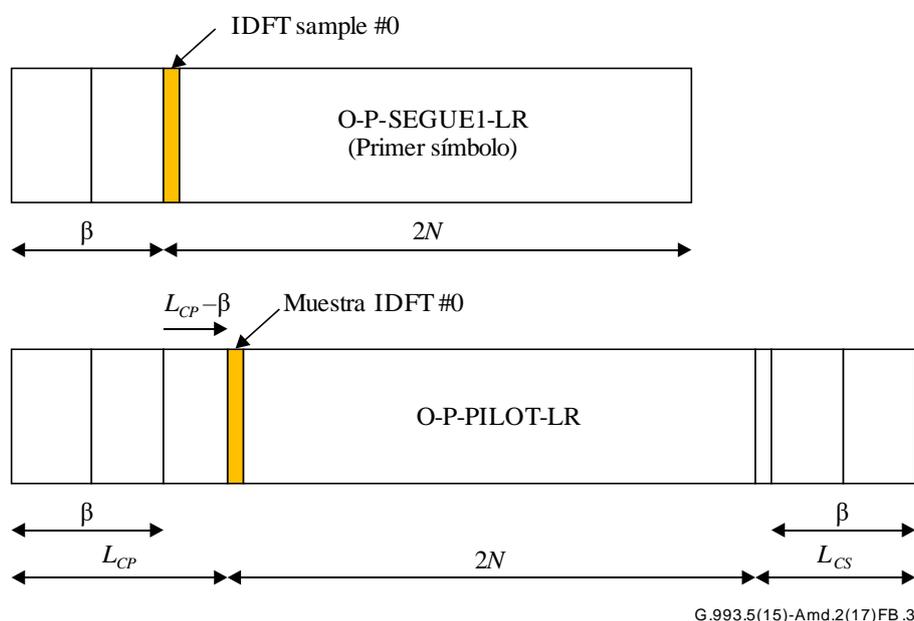


Figura B.3 – Muestras de referencia para el alineamiento de los símbolos en sentido descendente entre el estado O-SEGUE 1-LR y el estado O-P-PILOT-LR

La separación temporal expresada en muestras entre estos puntos de referencia modulo el periodo de un símbolo DMT con CE, es decir, $2N+L_{CE}$ muestras, la indicará la VTU-O en el punto de código Spar(2) "offset IDFT sample #0" de UIT-T G.994.1 indicado por la VTU-O. El parámetro "offset IDFT sample #0" será un número entero de muestras a la velocidad de 4,416 MHz.

NOTA – El valor de esta separación es igual a $L_{CP}-\beta$ que siempre es inferior o igual a L_{CE} , véase la Figura B.4. El conocimiento de esta separación por el receptor permite a la VTU-R obtener la temporización de símbolos durante el estado O-P-PILOT-LR y su transición a la fase de búsqueda de canales UIT-T G.993.5 con la temporización adquirida en la etapa de acondicionamiento VDSL2-LR. A su vez, esto permite la reutilización de los valores fijados de TEQ y de otros valores de transceptor obtenidos durante la etapa de acondicionamiento VDSL2-LR.

La VCE utiliza el estado O-P-PILOT-LR para alinear el inicio de O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 en todas las líneas de VDSL2-LR (independientemente del tipo de bucle, corto, medio o largo) y las líneas ordinarias UIT-T G.993.5. La duración real del

estado O-P-PILOT-LR depende de las duraciones de los estados O-P-TREF 1-LR y O-P-REVERB 3-LR: la suma de las duraciones de los estados O-P-PILOT-LR, O-P-TREF 1-LR y O-P-REVERB 3-LR no será superior a la suma de las duraciones máximas de O-P-TREF 1-LR y O-P-REVERB 3-LR y de la duración mínima de O-P-PILOT-LR, es decir, $15872+15936+128 = 31936$ símbolos.

El estado O-P-PILOT-LR deberá ir seguido por la señal O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 y del resto de la fase de búsqueda de canales de UIT-T G.993.5 con las modificaciones especificadas en la cláusula B.8.

B.7.2 Señales R-P-TRAINING-LR

B.7.2.1 PSD de transmisión de las señales R-P-TRAINING-LR

La PSD de transmisión de P-TRAINING-LR ($TRAININGPSD_{us}$) será idéntica a $PROBINGPSD_{us}$:

$$TRAININGPSD_{us}(f) = PROBINGPSD_{us}(f)$$

Todas las subportadoras incluidas en las señales R-P-TRAINING-LR se transmitirán en $TRAININGPSD_{us}$, con una precisión de ± 1 dB en el punto de referencia U-O2.

Los límites de la PSD para las señales R-P-TRAINING-LR serán la $PSDMASK_{us}$. $PSDMASK_{us}$ se define en el Cuadro 7-4 de [UIT-T G.993.2] y se obtendrá teniendo en cuenta la $LIMITMASK_{us}$ definida en la cláusula B.9.

La potencia máxima de transmisión combinada para las señales R-P-TRAINING-LR no será superior al valor del parámetro de control $MAXNOMATP_{us}$ definido en la cláusula B.10.1.7. La VTU-O determinará el valor de CL_NOMPSD_{us} de forma que para cualquier valor válido de CLR_NOMPSD_{us} , $PCBus$ y log_tssi_{us} elegido por la VTU-R, la potencia de transmisión combinada de las señales R-P-TRAINING-LR no exceda el valor anterior.

B.7.2.2 Definiciones de símbolo para las señales R-P-TRAINING-LR

El símbolo R-P-QUIET es el mismo que se define para R-P-PROBING-LR.

El símbolo R-P-REVERB contendrá todas las subportadoras hasta el índice $NSC_{us}-1$, siendo NSC_{us} el definido en la cláusula B.6.2.2. Estas subportadoras se modularán mediante 4-QAM. El valor 11 se hará corresponder con estas subportadoras. Los puntos de la constelación en estas subportadoras se rotarán basándose en el número de 2 bits proporcionado por el aleatorizador de cuadrante descrito en la cláusula 12.3.6.2 de [UIT-T G.993.2]. El aleatorizador se utilizará en el modo reinicio (véase la cláusula 12.3.6.2.1 de [UIT-T G.993.2]).

El símbolo R-P-SEGUE se define idéntico al símbolo R-P-REVERB, haciendo corresponder el valor 00 con las mismas subportadoras.

Todas las señales constituidas por símbolos R-P-REVERB o R-P-SEGUE se implementarán como señales periódicas, tales como O/R-P-PERIODIC 1 (véase la cláusula 12.3.6.1 de [UIT-T G.993.2]).

B.7.2.3 R-P-REVERB 1-LR

El estado R-P-REVERB 1-LR tiene longitud fija. En el estado R-P-REVERB 1-LR, la VTU-O transmitirá 640 símbolos R-P-REVERB.

Durante el estado R-P-REVERB 1-LR, la VTU-R puede volver a ajustar su AGC y realiza la recuperación de la temporización y de otros algoritmos AFE adaptativos.

El estado R-P-REVERB 1-LR deberá ir seguido por el estado R-P-REVERB 2-LR.

B.7.2.4 R-P-REVERB 2-LR

El estado R-P-REVERB 2-LR tiene longitud variable. En el estado R-P-REVERB 2-LR, la VTU-R transmitirá un mínimo de 384 y un máximo de 16000 símbolos R-P-REVERB.

El estado R-P-REVERB 2-LR proporciona a la VTU-O una señal de acondicionamiento (en principio para el TEQ).

La VTU-R seguirá transmitiendo símbolos R-P-REVERB hasta que la VTU-O haya pasado al estado O-P-REVERB 2-LR. En los 64 símbolos posteriores a la transición de la VTU-O al estado O-P-REVERB 2-LR, la VTU-R pasará al siguiente estado.

El estado R-P-REVERB 2-LR deberá ir seguido por el estado R-P-QUIET 5-LR.

B.7.2.5 R-P-QUIET 5-LR

El estado R-P-QUIET 5-LR tiene longitud variable. En el estado R-P-QUIET 5-LR, la VTU-R transmitirá un mínimo de 1024 y un máximo de 16384 símbolos R-P-QUIET. El número de símbolos transmitidos en el estado R-P-QUIET 5-LR será un múltiplo de 512 símbolos. Sin embargo, el último símbolo R-P-QUIET transmitido en el estado R-P-QUIET 5-LR puede acortarse por cualquier número entero de muestras (a la frecuencia de reloj de muestreo $2N \times \Delta f$, como se define en la cláusula 10.4.4 de [UIT-T G.993.2]) para acomodar la alineación de trama de transmisor a receptor.

Durante este estado, la VTU-R ignorará la señal transmitida por la VTU-O durante el estado O-P-ECT-LR. Mientras la VTU-O se encuentre en el estado O-P-REVERB 3-LR, la VTU-R puede medir las características de canal en sentido descendente y acondicionar su TEQ. La VTU-R pasa al siguiente estado cuando ha completado el acondicionamiento necesario.

El estado R-P-QUIET 5-LR deberá ir seguido por el estado R-P-REVERB 3-LR.

B.7.2.6 R-P-REVERB 3-LR

El estado R-P-REVERB 3-LR tiene longitud fija. En el estado R-P-REVERB 3-LR, la VTU-R transmitirá 64 símbolos R-P-REVERB.

La transición al estado R-P-REVERB 3-LR indica a la VTU-O que la VTU-R ha completado el acondicionamiento de su TEQ. También proporciona un marcador de tiempo para el estado R-P-ECT-LR.

El estado R-P-REVERB 3-LR deberá ir seguido por el estado R-P-ECT-LR.

B.7.2.7 R-P-ECT-LR

El estado R-P-ECT-LR tiene longitud fija. En este estado, la VTU-R transmitirá una señal dependiente del fabricante con una duración de 512 periodos de símbolo.

Durante este estado, la VTU-R puede acondicionar su compensador de eco.

El estado R-P-ECT-LR deberá ir seguido por el estado R-P-REVERB 4-LR.

B.7.2.8 R-P-REVERB 4-LR

El estado R-P-REVERB 4-LR tiene longitud fija. En este estado, la VTU-R transmitirá 1024 símbolos R-P-REVERB.

Durante el estado R-P-REVERB 4-LR, la VTU-R puede ajustar sus parámetros para la transmisión bidireccional.

R-P-REVERB 4-LR deberá ir seguido por el estado R-P-SEGUE 1-LR. La transición del estado R-P-REVERB 4-LR al estado R-P-SEGUE 1-LR es un marcador temporal del instante de inicio de R-P-QUIET 1 y para que la VTU-R esté preparada para recibir el mensaje O-SIGNATURE.

B.7.2.9 R-P-SEGUE 1-LR

El estado R-P-SEGUE 1-LR tiene longitud fija. En el estado R-P-SEGUE 1-LR, la VTU-R transmitirá 64 símbolos R-P-SEGUE. El primer símbolo de R-P-SEGUE 1-LR se utiliza como

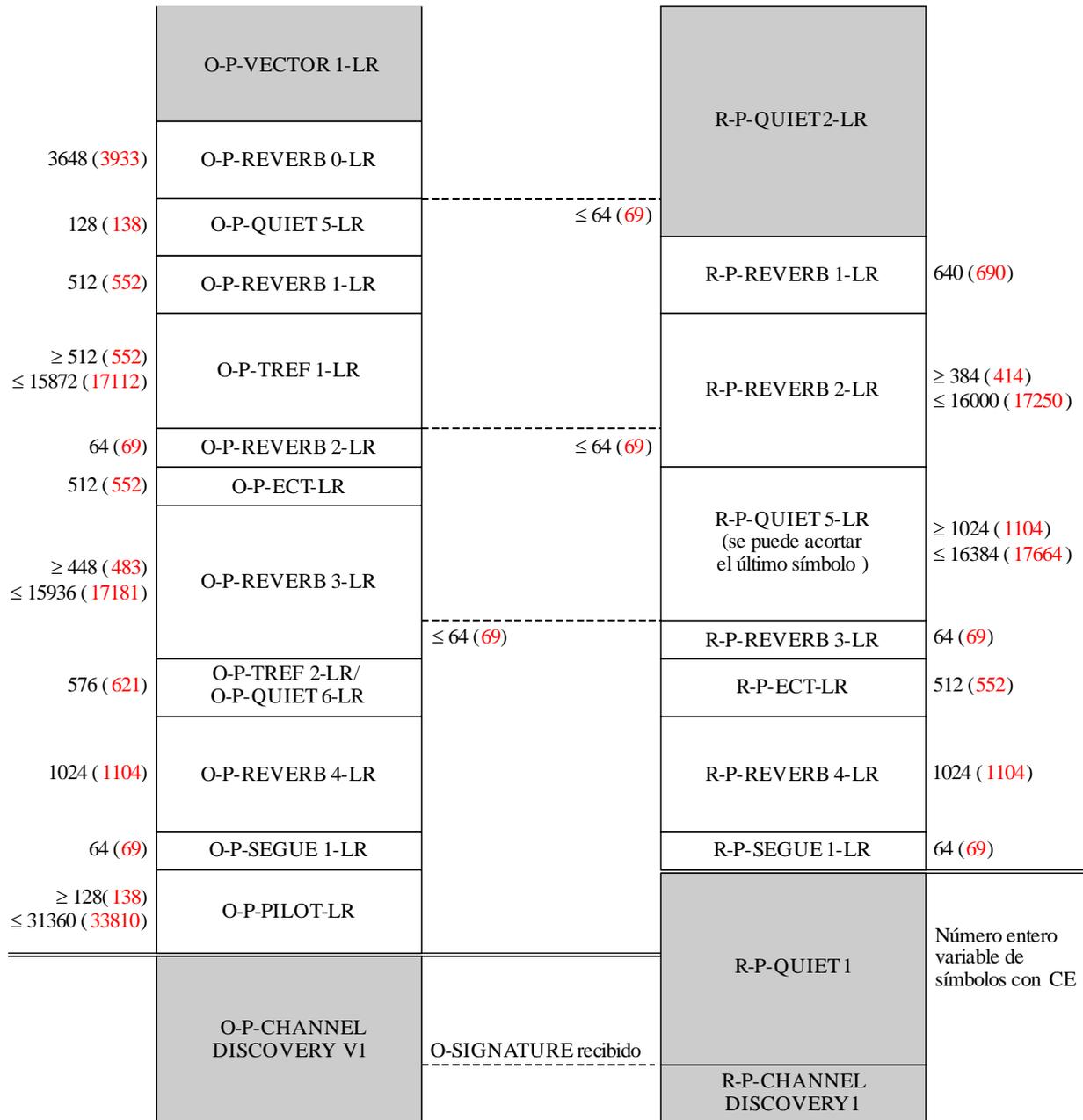
punto de referencia para mantener la sincronización entre el acondicionamiento de VDSL-LR y la búsqueda de canal UIT-T G.993.5 (véase la cláusula B.8.3).

La transición al siguiente estado es un marcador temporal para el final de la etapa de acondicionamiento e indica que la VTU-R debe estar preparada para recibir el mensaje O-SIGNATURE.

El estado R-P-SEGUE 1-LR deberá ir seguido por el estado R-P-QUIET1 de UIT-T G.993.5.

B.7.3 Diagrama temporal de las señales O/R-P-TRAINING-LR

La Figura B.4 muestra el intercambio de señales.



G.993.5(15)-Amd.2(17)EB.4

Figura B.4 – Diagrama temporal de las señales O/R-P-TRAINING-LR

En la Figura B.4, las duraciones de las señales se expresan en símbolos con CE (los valores entre paréntesis son duraciones de señal expresadas en símbolos sin CE). Las señales sombreadas en gris son partes de las etapas previa y siguiente de la inicialización (véase la Figura B.1).

NOTA – El receptor puede acortar el acondicionamiento de TEQ en el caso en que TEQ siga acondicionándose durante la inicialización VDSL2. Con un acondicionamiento de TEQ más corto, la duración de esta etapa es del orden de 1,9s.

B.8 Fase de búsqueda de canales y fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5 en funcionamiento con bucle largo

Esta cláusula incluye requisitos adicionales sobre la fase de búsqueda de canales y la fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5 que se aplican cuando se selecciona al funcionamiento con bucle largo de VDSL2-LR (véanse las cláusulas B.4.8, B.4.9, B.5.6 y B.5.7).

Durante la fase de búsqueda de canales y la fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5 se mantendrá sin cambios el valor fijado del trayecto de transmisión entre la salida de la IDFT y la correspondiente interfaz-U tanto de la VTU-R como de la VTU-O que se estableció durante la etapa de acondicionamiento. El tamaño de la IDFT y el tipo de imagen utilizados durante las fases de búsqueda de canal y de acondicionamiento UIT-T G.993.5 serán los mismos que los utilizados durante la etapa de acondicionamiento.

B.8.1 Fase de búsqueda de canales UIT-T G.993.5 en funcionamiento con bucle largo

El conjunto SUPPORTEDCARRIERSds se limitará al índice de subportadora 511.

El conjunto SUPPORTEDCARRIERSus se limitará al índice de subportadora 31 para tipo A de US0, y al índice de subportadora 63 para los tipos B y M de US0.

B.8.1.1 Transición a la fase búsqueda de canal UIT-T G.993.5

En sentido descendente, los símbolos en la fase de búsqueda de canales UIT-T G.993.5 se alinearán con símbolos en O-P-PILOT-LR.

En sentido ascendente, la transición desde la etapa de acondicionamiento de VDSL2-LR a la fase de búsqueda de canales UIT-T G.993.5 se alinearán utilizando dos puntos de referencia asociados con la muestra IDFT #0 de símbolos concretos. La muestra IDFT #0 se define como la primera muestra del bloque de $2N$ muestras temporales generada por la IDFT.

El primer punto de referencia será la muestra IDFT #0 del primer símbolo del estado R-P-SEGUE 1-LR y el segundo punto de referencia será la muestra IDFT #0 del primer símbolo de la señal R-P-CHANNEL DISCOVERY 1, como se muestra en la Figura B.5.

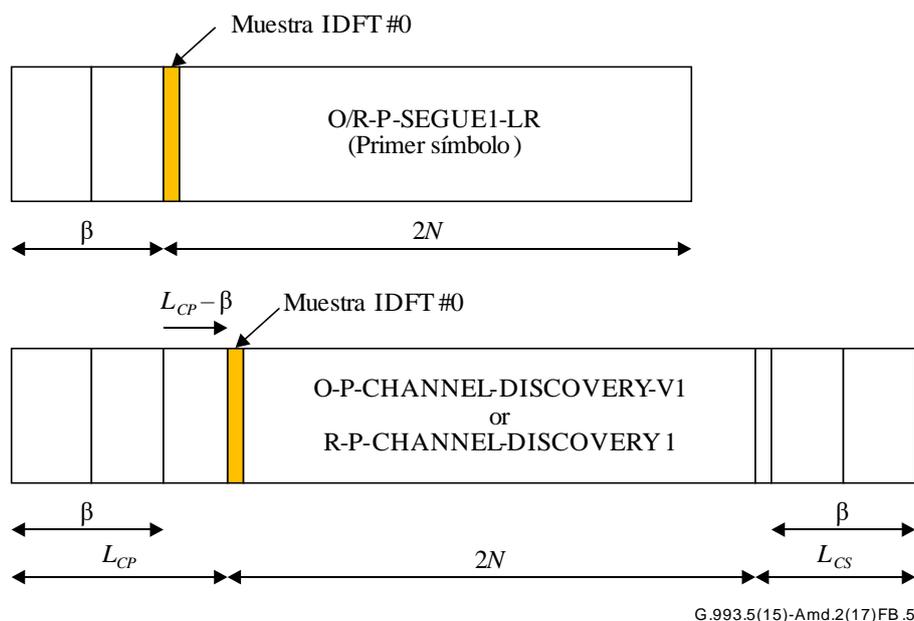


Figura B.5 – Muestras de referencia para la alineación de símbolos en sentido ascendente entre la etapa de acondicionamiento VDSL2-LR y la fase de búsqueda de canales UIT-T G.993.5

La separación temporal expresada en muestras entre estos puntos de referencia modulo el periodo de un símbolo DMT con CE, es decir, $2N+L_{CE}$ muestras, la indicará la VTU-R en el punto de código Spar(2) "offset IDFT sample #0" de UIT-T G.994.1. El parámetro "offset IDFT sample #0" indicado por la VTU-R será un número entero de muestras a la velocidad de 276 kHz.

NOTA – El valor de esta separación es igual a $L_{CP}-\beta$, que siempre es inferior o igual a L_{CE} , véase la Figura B.5. El conocimiento de esta separación por la VTU-O permite obtener la temporización de símbolos durante la fase de búsqueda de canales UIT-T G.993.5 de la temporización adquirida en la etapa de acondicionamiento VDSL2-LR. A su vez, esto permite la reutilización de los valores fijados de TEQ y de otros valores de transceptor obtenidos durante la etapa de acondicionamiento VDSL2-LR.

B.8.1.2 Uso de PILOT durante R-P-LINEPROBE

Si es necesaria la señal UIT-T G.993.5 R-P-LINEPROBE, la VTU-O transmitirá O-P-PILOT 1 y pasará a O-P-PERIODIC 1640 símbolos después del final de la transmisión de O-P-SYNCHRO 1. O-P-PILOT 1 utilizará el índice de tono indicado durante la fase de sondeo.

B.8.1.3 Sustitución de señales R-P-VECTOR

Como la cancelación de diafonía en sentido ascendente no está activa cuando se selecciona el funcionamiento con bucle largo de VDSL2-LR, las señales R-P-VECTOR se suprimen o se sustituyen por otras señales.

La señal R-P-VECTOR 1 se sustituirá por R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 enviando el SOC R-IDLE hasta que se reciba la señal O-P-SYNCHRO-V1. Tras recibir la señal O-P-SYNCHRO-V1 la VTU-R enviará R-IDLE por lo menos durante 512 símbolos antes de transmitir R-MSG 1.

B.8.1.4 O-SIGNATURE (modifica la cláusula 12.3.3.2.1.1 de [UIT-T G.993.2])

El campo #8 "Potencia de transmisión máxima nominal combinada en sentido descendente (MAXNOMATPds)" indica el valor del parámetro de control $MAXNOMATPds$, que determina la potencia máxima de banda ancha que se permite transmitir a la VTU-O. El valor de $MAXNOMATPds$ no será superior al mínimo entre la potencia de transmisión máxima combinada en sentido descendente como se define en la cláusula B.9 para el anexo correspondiente a [UIT-T G.993.2] y el valor de $MAXNOMATPds$ configurado en la CO-MIB, independientemente

del perfil particular de [UIT-T G.993.2] seleccionado durante la fase de toma de contacto de UIT-T G.994.1 de la inicialización.

B.8.1.5 Ajustes de la PSD durante la fase de búsqueda de canales UIT-T G.993.5

Entre los ajustes de la PSD definidos en la fase de búsqueda de canales UIT-T G.993.5 se incluyen los posibles cambios en la subportadora más utilizada en sentido descendente y la PSD de transmisión real en sentido descendente, que puede dar lugar a una PSD de transmisión en sentido descendente diferente de la que se definió durante la fase de sondeo. Para evitar cambios en el canal de transmisión y las degradaciones correspondientes en la sintonía del TEQ, se realizará el mencionado ajuste de la PSD en el dominio de la frecuencia exclusivamente.

B.8.2 Fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5 en funcionamiento de bucle largo

Durante la transición a la fase de acondicionamiento UIT-T G.993.5, la VTU-R mantendrá la temporización de sincronismo. Para facilitar la temporización de bucle, los símbolos de silencio de O-P-VECTOR 1-1 serán sustituidos por símbolos que contienen una única subportadora con el índice del tono piloto descendente indicado en el mensaje R-P-MSG-PCB. El tono piloto será modulado con el punto (0,0) de la constelación.

Para mantener la posición de la muestra #0 de la IDFT entre las fases de descubrimiento de canal y de acondicionamiento, la duración de R-P-QUIET V1 será un número entero de símbolos DMT.

B.8.2.1 Sustitución de las señales R-P-VECTOR

No se enviará la señal R-P-VECTOR 1-1, es decir, la primera señal de la fase de acondicionamiento del tranceptor es R-P-TRAINING 1.

La señal R-P-VECTOR 1-2 será sustituida por R-P-TRAINING 1-2. La señal R-P-TRAINING 1-2 será idéntica a R-P-TRAINING 1.

Los símbolos de sincronismo de R-P-VECTOR 2 serán sustituidos por símbolos R-P-TRAINING 2 con el canal SOC ampliado activado.

B.9 Definición de las máscaras de límites de la PSD

En esta cláusula se definen los requisitos de las máscaras de los límites de PSD y de la potencia de transmisión combinada máxima en sentido descendente (ATP) aplicables al modo VDSL2-LR en funcionamiento de bucle largo. Los requisitos se aplican a la fase TRAINING-LR, al recordatorio de la inicialización y al estado de conexión (Showtime).

B.9.1 Funcionamiento con arreglo al Anexo A de [UIT-T G.993.2]

No se ha definido el modo VDSL2.LR con arreglo al Anexo A de [UIT-T G.993.2].

B.9.2 Funcionamiento con arreglo al Anexo B de [UIT-T G.993.2]

B.9.2.1 Máscara del límite de la PSD en sentido descendente y potencia de transmisión combinada máxima

El tipo de la US0 PSD se selecciona en el mensaje MS UIT-T G.994.1. La LIMITMASKds correspondiente para el modo VDSL2-LR será como se define en el Cuadro B.7A de [UIT-T G.993.2] para las máscaras de PSD B8-11 (para US0 de tipo A), B8-12 (para US0 de tipo B) y B8-17 (para US0 de tipo M), con una ampliación plana al nivel de -100 dBm/Hz desde 3,925 MHz a 30 MHz y otra extensión plana a -110 dBm/Hz por encima de 30 MHz, y con la modificación indicada en el Cuadro B.11.

La potencia de transmisión combinada máxima en sentido descendente (en los términos de las cláusulas B.6.1.1 y B.8.1.4) será de 20,5 dBm, con independencia del perfil VDSL2 y del tipo de US0 seleccionado en la fase de toma de contacto G.994.1.

Cuadro B.11 – Modificación de LIMITMASKds para el modo VDSL2-LR

Frecuencia (kHz)	LIMITMASKds para VDSL2-LR (dBm/Hz)
f_1	-36,50
$f_1 + 138$	-33,50
948,75	-33,50
1104	-36,50

NOTA – El valor f_1 es 138 kHz para US0 tipo A y 276 kHz para los US0 de tipos B y M.

B.9.2.2 Máscara de los límites de la PSD en sentido ascendente

El tipo de US0 PSD se selecciona en el mensaje MS UIT-T G.994.1. La LIMITMASKds correspondiente para el modo VDSL2-LR será tal como se define en el Cuadro B.6A de [UIT-T G.993.2] para las máscaras PSD B8-11 (para US0 de tipo A), B8-12 (para US0 de tipo B) y B8-17 (para US0 de tipo M), con una ampliación plana a -100 dBm/Hz desde 686 kHz hasta 30 MHz y una extensión plana de valor -110 dBm/Hz por encima de 30 MHz.

La NSCus tomará el valor 32 para el tipo A de US0 y 64 para los tipos B y M de US0.

B.9.3 Funcionamiento con arreglo al Anexo C de [UIT-T G.993.2]

No se ha definido el modo VDSL2.LR con arreglo al Anexo C de [UIT-T G.993.2].

B.9.4 Funcionamiento con arreglo al Anexo N de [UIT-T G.993.2]

No se ha definido el modo VDSL2.LR con arreglo al Anexo N de [UIT-T G.993.2].

B.10 Gestión

En esta cláusula se define la configuración CO-MIB, su situación y parámetros de inventario específicos del modo VDSL2-LR. Estos parámetros se admiten si la VTU-O soporta el modo VDSL2-LR.

B.10.1 Parámetros de la configuración

B.10.1.1 Habilitación de VDSL2-LR (VDSL2-LR_ENABLE)

El parámetro de configuración VDSL2-LR_ENABLE (véase la cláusula 7.3.1.16.1 de [UIT-T G.997.1]) especifica los tipos de funcionamiento permitidos de la línea VDSL2-LR. Se define como un mapa de bits, con los tipos siguientes:

- Bucle corto: se permite el funcionamiento de bucle corto con arreglo a este anexo.
- Bucle medio: se permite el funcionamiento de bucle medio con arreglo a este anexo.
- Bucle largo: se permite el funcionamiento de bucle largo con arreglo a este anexo.

Si ninguno de los tipos de funcionamiento está permitido, el modo VDSL2-LR (es decir, funcionamiento con arreglo a este anexo) queda "inhabilitado". Si al menos uno de los tipos de funcionamiento está permitido, entonces el modo VDSL2-LR (es decir, funcionamiento con arreglo a este anexo) está "habilitado" (véase el Cuadro B.1).

B.10.1.2 Densidad espectral de potencia máxima nominal en sentido descendente (MAXNOMPSDds)

El parámetro de configuración MAXNOMPSDds (véase la cláusula 7.3.1.2.1 de [UIT-T G.997.1]) especifica el valor máximo para la línea de NOMPSDds (utilizado para determinar PROBINGPSDds, véase la cláusula B.6.1.1) tal como indica la VTU-O en los límites del espectro descendente del mensaje CL UIT-T G.994.1.

B.10.1.3 Densidad espectral de potencia máxima nominal en sentido ascendente (MAXNOMPSDus)

El parámetro de configuración MAXNOMPSDus (véase la cláusula 7.3.1.2.2 de [UIT-T G.997.1]) especifica el valor máximo para la línea de *NOMPSDus* (utilizado para determinar *PROBINGPSDus*, véase la cláusula B.6.2.1) tal como indica la VTU-O en los límites del espectro ascendente del mensaje CL UIT-T G.994.1

B.10.1.4 Máscara de la PSD descendente (MIBMASKds) (enmienda la cláusula 7.2.1.1 de [UIT-T G.993.2])

El parámetro de configuración MIBMASKds (véase la cláusula 7.3.1.2.9 de [UIT-T G.997.1]) representa la máscara de la MIB PSD y su valor será igual o inferior al valor máximo de la máscara del límite de la PSD especificada en el anexo seleccionado de [UIT-T G.993.2] y si el modo VDSL2-LR está "habilitado" (véase la cláusula B.10.1.1), la máscara del límite de la PSD es la definida en la cláusula B.9. Su definición estará bajo el control de gestión de la red (un mecanismo controlado por la MIB), como se define en [UIT-T G.997.1].

Los puntos que definen la máscara MIB PSD se especificarán de forma que el mínimo del límite de la máscara de PSD especificado en el anexo seleccionado y la máscara MIB PSD pueden construirse utilizando no más de 32 puntos de los rangos de frecuencias en los que la máscara MIB PSD se especifica.

B.10.1.5 Selección de la clase de máscara de la VDSL2 PSD (CLASSMASK)

Si el modo VDSL2-LR está "habilitado" (véase la cláusula B.10.1.1), el parámetro de configuración CLASSMASK (véase la cláusula 7.3.1.2.15 de [UIT-T G.997.1]) se fijará a una de las marcas de clase del Anexo B 997-M2x, 998-M2x, 998ADE-M2x, 998E35-M2x o 998ADE35-M2x.

B.10.1.6 Potencia de transmisión combinada máxima nominal en sentido descendente (MAXNOMATPds)

El parámetro de configuración MAXNOMATPds se define en la CO-MIB (véase la cláusula 7.3.1.2.3 de [UIT-T G.997.1]) y especifica lo siguiente:

- un límite superior de la potencia de transmisión agregada descendente durante la etapa de sondeo para todos los tipos de funcionamiento (bucle corto, bucle medio y bucle largo);
- un límite superior de la potencia de transmisión agregada descendente durante la etapa de acondicionamiento para el funcionamiento de bucle largo;
- un límite superior de la potencia de transmisión agregada descendente durante O-P-VECTOR 1 para el funcionamiento de bucle corto-medio;
- un límite superior del parámetro de control *MAXNOMATPds* en O-SIGNATURE para todos los tipos de funcionamiento (bucle corto, bucle medio y bucle largo); y
- un límite superior del parámetro de control recalculado *MAXNOMATPds* para la determinación de MREFPSDs en la fase de análisis de canal e intercambio UIT-T G.993.5 para el funcionamiento de bucle medio.

El valor que toma MAXNOMATPds en CO-MIB no excederá de 20,5 dBm.

NOTA – En este anexo, el valor que toma MAXNOMATPds en CO-MIB puede exceder la potencia de transmisión combinada máxima en sentido descendente del Cuadro 6.1 de [UIT-T G.993.2].

B.10.1.7 Potencia de transmisión combinada máxima nominal en sentido ascendente (MAXNOMATPus)

El parámetro de control *MAXNOMATPus* viene determinado por la potencia de transmisión combinada máxima en sentido ascendente especificada en el Cuadro 6-1 de [UIT-T G.993.2].

NOTA – En CO-MIB no existe ningún parámetro de configuración MAXNOMATPus (véase el Cuadro 7.15 de [UIT-T G.997.1]).

B.10.2 Parámetros de situación

B.10.2.1 Tipo de funcionamiento real VDSL2-LR (VDSL2-LR_ACTOPTYPE)

El parámetro de situación VDSL2-LR_ACTOPTYPE (véase la cláusula 7.5.1.44.1 de [UIT-T G.997.1]) informa del tipo de funcionamiento de la línea (con independencia de si dicha selección la ha realizado la VTU-R de forma independiente o si ha sido forzada a través de la CO-MIB).

Los valores válidos son:

- No se ha seleccionado ningún tipo de funcionamiento: funcionamiento al margen de este anexo.
El mensaje MS UIT-T G.994.1 tiene puesto a 0 el bit VDSL2-LR Spar(2).
- Bucle corto: funcionamiento de bucle corto conforme a este anexo.
El mensaje MS UIT-T G.994.1 tiene puesto a 1 el bit VDSL2-LR Spar(2), se ha seleccionado el funcionamiento de bucle corto-medio en la fase de sondeo y se cumple la condición para el funcionamiento de bucle corto (definida en la cláusula B.4.8.3).
- Bucle medio: funcionamiento de bucle medio conforme a este anexo.
El mensaje MS UIT-T G.994.1 tiene puesto a 1 el bit VDSL2-LR Spar(2), se ha seleccionado el funcionamiento de bucle corto-medio en la fase de sondeo y se cumple la condición para el funcionamiento de bucle medio (definida en la cláusula B.4.8.3).
- Bucle largo: funcionamiento de bucle largo conforme a este anexo.
El mensaje MS UIT-T G.994.1 tiene puesto a 1 el bit VDSL2-LR Spar(2) y se ha seleccionado el funcionamiento de bucle largo en la fase de sondeo.

B.10.3 Parámetros de inventario

B.10.3.1 Soporte de VDSL2-LR (VDSL2-LR_SUPPORT_O/R)

Los parámetros de inventario VDSL2-LR_SUPPORT_O (véase la cláusula 7.4.14.1 de [UIT-T G.997.1]) y VDSL2-LR_SUPPORT_R (véase la cláusula 7.4.14.1 de [UIT-T G.997.1]) informan a la VTU-O y la VTU-R respectivamente sobre si el modo VDSL2-LR no se soporta (puesto a 0) o sí se soporta (puesto a 1).

B.10.4 Parámetros de prueba

B.10.4.1 Tamaño del grupo de parámetros de prueba

Si el bit "Soporte de VDSL2-LR" se puso en UNO en el último mensaje MS UIT-T G.994.1, el tamaño del grupo se determinará con arreglo a la ecuación de la cláusula 11.4.1 de [UIT-T G.993.2], siendo theta igual al índice de subportadora más alto del conjunto MEDLEY para los parámetros de prueba medidos durante la fase de detección del canal y para los parámetros de prueba medidos durante otras fases.

NOTA – Esta cláusula se aplica al modo VDSL2-LR, con independencia del modo de funcionamiento seleccionado del bucle, ya sea corto, medio o largo.

B.11 Potencia de transmisión combinada nominal (NOMATP) (sustituye a la cláusula 10.3.4.2.1 de [UIT-G.993.2])

NOTA – Salvo que se especifique lo contrario, las referencias hechas en esta cláusula lo son a [UIT-T G.993.2].

La potencia de transmisión combinada nominal (NOMATP) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{NOMATP} = 10 \log_{10} \Delta f + 10 \log_{10} \left(\sum_{i \in \text{MEDLEYset}} \left(10^{\frac{\text{MREFPSD}[i]}{10}} g_i^2 \right) \right),$$

donde MREFPSD[i] y g_i son, respectivamente, los valores de MREFPSD expresados en dBm/Hz y la ganancia (escala lineal) de la subportadora i del conjunto MEDLEY (véase la cláusula 12.3.3.2.1.3), y Δf es la separación entre subportadoras en Hz.

La NOMATP en sentido descendente (NOMATPds) se calculará para las subportadoras del conjunto MEDLEY en sentido descendente (MEDLEYds). La NOMATP en sentido ascendente (NOMATPus) se calculará para las subportadoras del conjunto MEDLEY en sentido ascendente (MEDLEYus).

La NOMATPds máxima durante la fase de análisis de canal e intercambio UIT-T G.993.5 y durante el estado de conexión (Showtime) viene determinada por el parámetro de control *MAXNOMATPds*. El valor de este parámetro de control se obtiene durante la inicialización sobre la base de los parámetros de configuración *MAXNOMATPds* de CO-MIB, el valor de *MAXNOMATPds* indicado en el campo #8 del mensaje O-SIGNATURE, así como del tipo de funcionamiento (bucle corto, bucle medio o bucle largo).

Los valores de g_i en la VTU-O y la VTU-R serán tales que los valores de NOMATPds y NOMATPus no excederán los parámetros de control *MAXNOMATPds* y *MAXNOMATPus* respectivamente.

Apéndice I

Modelización del canal de diafonía

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

I.1 Alcance

El presente apéndice proporciona información sobre los modelos estocásticos de un canal de acoplamiento FEXT MIMO en sistemas de transmisión de líneas digitales de abonado (DSL) sobre cables de pares trenzados. En numerosos sistemas DSL, el acoplamiento FEXT entre líneas puede modelizarse como un sistema MIMO.

Los modelos se obtienen mediante el análisis estadístico de las mediciones de la energía que penetra en los pares de un cable procedente de otros pares del mismo cable. Los datos sobre los que se basan los modelos se han obtenido a partir de mediciones de la planta real de bucles desplegada en varias regiones del mundo.

I.2 Finalidad

La finalidad de este apéndice es proporcionar al sector una herramienta para simular el acoplamiento FEXT entre múltiples líneas DSL.

I.3 Modelo A del canal de telediafonía MIMO

En [b-ATIS-0600024] figura un modelo del canal de diafonía para América del Norte y Europa. El modelo se basa en datos recopilados en mediciones de la planta de bucles real desplegada en América del Norte y Europa. En [b-ATIS-0600024] también se define un canal de diafonía MIMO sobre la base de dichas mediciones e incluye la justificación del modelo.

I.4 Modelo C del canal de telediafonía MIMO

Los datos sobre los que se basa este modelo fueron recopilados en mediciones realizadas sobre bucles reales desplegados en Japón.

I.4.1 Supuestos relativos al modelo de telediafonía

El modelo de la diafonía se basa en un cable de 0,4 mm (diámetro) con aislamiento de polietileno (PE) conocido como cable de polietileno con código de colores (CCP). La estructura de la agrupación de pares aplicada al cable con aislamiento de PE se muestra en la Figura I.1, en la que se representan los números de los pares #1-#10. En la figura se observa que un cuadro está formado por el entrelazamiento de cuatro conductores aislados (dos pares) y una agrupación denominada unidad formada mediante el entrelazado de cinco cuadros (diez pares). Aunque un cable con aislamiento de PE contiene una o varias unidades, por simplicidad puede ignorarse el efecto de la diafonía entre unidades ya que la diafonía entre unidades es mucho menor que la diafonía dentro de una unidad. Por lo tanto, al modelo de la diafonía se aplica una única unidad de diez pares (cinco cuadros) de un cable con aislamiento de PE.

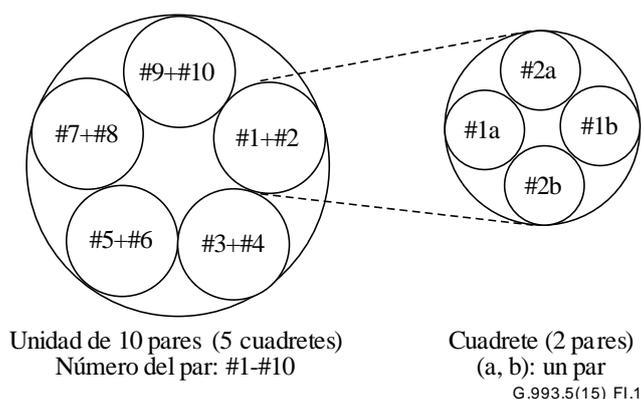


Figura I.1 –Modelo del cable (cable de 0,4 mm con aislamiento de polietileno)

Es sabido que la función de densidad de probabilidad (FDP) de las pérdidas por acoplamiento de la diafonía (atenuación) expresada en dB es la distribución normal de un valor medio expresado por M (dB) y una desviación típica expresada por σ (dB). Existen tres relaciones de las ubicaciones relativas de los pares de una unidad con aislamiento de PE, a saber, intracuadrete, cuadretes adyacentes y cuadretes alternos. Por lo tanto, en la unidad existen tres tipos de pérdidas por acoplamiento por diafonía. En el Cuadro I.1 se presenta la media M_k (dB) [$k=1, 2, 3$] y la desviación típica σ_k (dB) [$k=1, 2, 3$] de las pérdidas por acoplamiento FEXT, donde los índices, $k=1, 2, 3$, corresponden a tres relaciones de ubicación entre pares en la unidad que forma cada población.

Cuadro I.1 – Desviación típica y valor medio de la FEXT

Concepto	$k=1$	$k=2$	$k=3$
	Intracuadrete	Cuadretes adyacentes	Cuadretes alternos
valor medio M_k de FEXT	69,2 (dB)	74,2 (dB)	75,7 (dB)
Desviación típica σ_k de FEXT	6,56 (dB)	8,15 (dB)	7,38 (dB)
NOTA – El valor de M_k (dB) es el valor de la pérdida de FEXT a $f=f_{FXT}=160*10^3$ (Hz) y $d=d_{FXT}=1*10^3$ (m).			

I.4.2 Generación del valor de las muestras de la pérdida por acoplamiento FEXT

Las muestras aleatorias de la pérdida de acoplamiento FEXT, $XT_k(i)$ (dB) [$k=1, 2, 3$], entre dos pares cualesquiera de la unidad se muestran en el Cuadro I.2, en forma de matriz de 10×10 , donde el índice " k " refleja lo mismo que en el Cuadro I.1 y el índice " i " indica que puede darse un valor diferente. Se parte del supuesto de que la diafonía causada por el par interferente ($\#m$) al par interferido ($\#n$) es idéntica a la causada por el par interferente ($\#n$) al par interferido ($\#m$). Por lo tanto, dos valores del grupo de muestras son simétricos con respecto a la línea diagonal del Cuadro I.2. En consecuencia, puede haber un máximo de cinco valores diferentes de muestras para $XT_1(i)$ ($k=1$), un máximo de veinte valores diferentes de muestras para $XT_2(i)$ ($k=2$) y un máximo de veinte valores diferentes de muestras para $XT_3(i)$ ($k=3$).

Cuadro I.2 – Muestras de pérdida FEXT

I-do \ I-te	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
#1		XT₁(1)	XT ₂ (1)	XT ₂ (2)	XT ₃ (1)	XT ₃ (2)	XT ₃ (3)	XT ₃ (4)	XT ₂ (3)	XT ₂ (4)
#2	XT₁(1)		XT ₂ (5)	XT ₂ (6)	XT ₃ (5)	XT ₃ (6)	XT ₃ (7)	XT ₃ (8)	XT ₂ (7)	XT ₂ (8)
#3	XT ₂ (1)	XT ₂ (5)		XT₁(2)	XT ₂ (9)	XT ₂ (10)	XT ₃ (9)	XT ₃ (10)	XT ₃ (11)	XT ₃ (12)
#4	XT ₂ (2)	XT ₂ (6)	XT₁(2)		XT ₂ (11)	XT ₂ (12)	XT ₃ (13)	XT ₃ (14)	XT ₃ (15)	XT ₃ (16)
#5	XT ₃ (1)	XT ₃ (5)	XT ₂ (9)	XT ₂ (11)		XT₁(3)	XT ₂ (13)	XT ₂ (14)	XT ₃ (17)	XT ₃ (18)
#6	XT ₃ (2)	XT ₃ (6)	XT ₂ (10)	XT ₂ (12)	XT₁(3)		XT ₂ (15)	XT ₂ (16)	XT ₃ (19)	XT ₃ (20)
#7	XT ₃ (3)	XT ₃ (7)	XT ₃ (9)	XT ₃ (13)	XT ₂ (13)	XT ₂ (15)		XT₁(4)	XT ₂ (17)	XT ₂ (18)
#8	XT ₃ (4)	XT ₃ (8)	XT ₃ (10)	XT ₃ (14)	XT ₂ (14)	XT ₂ (16)	XT₁(4)		XT ₂ (19)	XT ₂ (20)
#9	XT ₂ (3)	XT ₂ (7)	XT ₃ (11)	XT ₃ (15)	XT ₃ (17)	XT ₃ (19)	XT ₂ (17)	XT ₂ (19)		XT₁(5)
#10	XT ₂ (4)	XT ₂ (8)	XT ₃ (12)	XT ₃ (16)	XT ₃ (18)	XT ₃ (20)	XT ₂ (18)	XT ₂ (20)	XT₁(5)	

I-do: Número del par interferido
I-te: Número del par interferente

Quando se genera una muestra aleatoria $XT_k(i)$ (dB), es útil asumir el punto de la distribución acumulativa del Q (%) del valor de la muestra generada. Más abajo se presenta el valor de $XT_k(i)$ (dB) con el punto de la distribución acumulativa del Q (%), suponiendo que se trata de una distribución normal de valor medio M_k (dB) y desviación típica σ_k (dB) como se muestra en el Cuadro I.1. En el Cuadro I.3 se presenta un ejemplo calculado mediante las ecuaciones siguientes.

$$XT_k(i) = M_k + \Delta_k(i)$$

$$\Delta_k(i) = \rho_i \sigma_k$$

$$pdf(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}$$

$$Q(\rho_i) = \int_{\rho_i}^{\infty} pdf(u) du$$

donde $k = 1, 2, 3,$

donde $k = 1, i = 1, 2, 3, \dots, \text{máx}(5)$

donde $k = 2, i = 1, 2, 3, \dots, \text{máx}(20)$

donde $k = 3, i = 1, 2, 3, \dots, \text{máx}(20)$

M_k (dB): valor medio de las pérdidas de acoplamiento FEXT a $f = f_{FXT}$ y $d = d_{FXT}$, véase el Cuadro I.1

σ_k (dB): desviación típica de las pérdidas de acoplamiento FEXT, véase el Cuadro I.3.

Cuadro I.3 – Ejemplo de muestra aleatoria $XT_k(i)$ con punto de la distribución acumulativa del Q (%)

Punto de la distribución acumulativa (%)	ρ_i	$XT_k(i)$ (dB)		
		$k=1$	$k=2$	$k=3$
		Intracudrete	Cudretes adyacentes	Cudretes alternos
$Q(\rho_i)=0,01(\%)$	3,72	93,6(dB)	104,5(dB)	103,2(dB)
$Q(\rho_i)=0,1(\%)$	3,09	89,5(dB)	99,4(dB)	98,5(dB)
$Q(\rho_i)=1(\%)$	2,33	84,5(dB)	93,2(dB)	92,9(dB)
$Q(\rho_i)=5(\%)$	1,64	80,0(dB)	87,6(dB)	87,8(dB)
$Q(\rho_i)=10(\%)$	1,28	77,6(dB)	84,6(dB)	85,1(dB)
$Q(\rho_i)=20(\%)$	0,842	74,7(dB)	81,1(dB)	81,9(dB)
$Q(\rho_i)=30(\%)$	0,524	72,6(dB)	78,5(dB)	79,6(dB)
$Q(\rho_i)=40(\%)$	0,253	70,9(dB)	76,3(dB)	77,6(dB)
$Q(\rho_i)=50(\%)$	0	69,2(dB)	74,2(dB)	75,7(dB)
$Q(\rho_i)=60(\%)$	-0,253	67,5(dB)	72,1(dB)	73,8(dB)
$Q(\rho_i)=70(\%)$	-0,524	65,8(dB)	69,9(dB)	71,8(dB)
$Q(\rho_i)=80(\%)$	-0,842	63,7(dB)	67,3(dB)	69,5(dB)
$Q(\rho_i)=90(\%)$	-1,28	60,8(dB)	63,8(dB)	66,3(dB)
$Q(\rho_i)=95(\%)$	-1,64	58,4(dB)	60,8(dB)	63,6(dB)
$Q(\rho_i)=99(\%)$	-2,33	53,9(dB)	55,2(dB)	58,5(dB)
$Q(\rho_i)=99,9(\%)$	-3,09	48,9(dB)	49,0(dB)	52,9(dB)
$Q(\rho_i)=99,99(\%)$	-3,72	44,8(dB)	43,9(dB)	48,2(dB)

I.4.3 Función de transferencia del canal de acoplamiento FEXT

La función de transferencia de la tensión del canal de acoplamiento FEXT es necesaria para simular la supresión de la autoFEXT. Se representa a continuación como $HFXT_{ki}(f, d)$, donde los índices "k" e "i" tienen el mismo sentido que para $XT_k(i)$. $\Phi_k(i)$ es la variación de fase del acoplamiento FEXT y el valor de $\Phi_k(i)$ (rad/m) es un valor arbitrario comprendido en el rango $0-2\pi$ para cada muestra, lo que significa que puede haber un máximo de cuarenta y cinco valores diferentes en el Cuadro I.2.

$$HFXT_{ki}(f, d) = e^{(-\gamma d - j\phi_k(i))} 10^{-XT_k(i)/20} \left(\frac{f}{f_{FXT}}\right) \left(\frac{d}{d_{FXT}}\right)^{1/2}$$

donde

f (Hz),

d (m): longitud del acoplamiento FEXT (= longitud de la línea)

y: constante de propagación en la línea (= $\alpha + j\beta$, véase UIT-T G.993.1 Anexo F.3)

$XT_k(i)$ (dB): muestra FEXT (para $f = f_{FXT}$ y $d = d_{FXT}$)

$\phi_k(i)$ (rad/m): variable aleatoria con distribución uniforme en el rango $[0, 2\pi]$.

Un usuario de este modelo debería rellenar la matriz de acoplamientos 10×10 descrita en el Cuadro I.2 utilizando valores aleatorios de las distribuciones trimodales para los acoplamientos dependientes de la geometría que se presentan en el Cuadro I.1. Esos valores aleatorios pueden calcularse respecto a su probabilidad relativa, comparándolos con los valores asociados del Cuadro I.3.

Apéndice II

Ejemplos del control por la VCE del proceso de inicialización en la activación de múltiples líneas de un grupo vectorizado

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

II.1 Introducción

La vectorización está diseñada para suprimir la FEXT en múltiples líneas VDSL2. En la cláusula 10 se describe en detalle la inicialización básicamente desde el punto de vista de una línea individual. En este apéndice se proporcionan dos ejemplos de sendos métodos que permiten a una VCE gestionar la activación de múltiples líneas que intentan agregarse a un grupo vectorizado en un orden arbitrario. Si el bit "duración de 8192 supertramas para el O-P-VECTOR 1" está habilitado en la fase UIT-T G.994.1 (véase la cláusula 10.2), la CE puede utilizar el primer método, basado en la gestión de líneas que se incorporan con retraso al proceso de inicialización actual en un grupo en espera. Alternativamente, la VCE puede utilizar el segundo método basado en las capacidades de toma de contacto UIT-T G.994.1 para controlar el momento en el que la línea está lista para poder unirse.

II.2 Gestión por la VCE de dos grupos de líneas en fase de inicialización

En este método, la VCE mantiene dos grupos de líneas en fase de inicialización una vez iniciado el grupo vectorizado. Uno de los grupos se denomina "grupo de agregación" y el otro "grupo de espera". Ambos pueden tener dos estados: abierto y cerrado. Cuando una línea pasa a la fase "Descubrimiento del canal" de la inicialización se suma a uno de los grupos. En el Cuadro II.1 se muestra el criterio para decidir el grupo al que se suma la línea.

Cuadro II.1 – Decisión de la VCE sobre el grupo al que se suma la línea

Estado del grupo de agregación	Abierto	Cerrado	Cerrado	Abierto
Estado del grupo de espera	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto
Decisión de la VCE sobre las nuevas líneas	Se suma al grupo de agregación	Se suma al grupo de espera	Se sumará al grupo de espera cuando esté abierto	No es válido

Obsérvese que el grupo de agregación y el grupo de espera nunca están en el estado abierto simultáneamente. El mecanismo completo se describe de la forma siguiente:

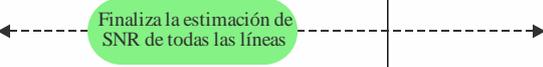
- 1) El grupo de agregación es un grupo de líneas controladas por la VCE para una inicialización normal. Esas líneas están en el proceso de inicialización normal, o a punto de entrar en él, después de la fase UIT-T G.994.1. Inicialmente, después del encendido, el grupo de agregación está abierto y vacío. Una vez que la VCE inicia la estimación de los coeficientes del canal de la FEXT (la VTU-O comienza la transmisión de la señal O-P-VECTOR 1), el grupo de agregación pasa a cerrado. El grupo de agregación puede pasar a abierto de nuevo una vez finalizado el proceso de agregación (no queda ninguna línea en el grupo de agregación). Cuando una línea del grupo de agregación se descarta o alcanza el estado de conexión (Showtime), se elimina del grupo de agregación.
- 2) El grupo de espera es un grupo de líneas controladas por la VCE que esperan, antes de comenzar su inicialización normal tras la fase UIT-T G.994.1, a que las líneas del grupo de agregación finalicen su inicialización. Inicialmente, después del encendido, el grupo de espera está cerrado y vacío. La VCE puede añadir al grupo de espera nuevas líneas que hayan finalizado la toma de contacto UIT-T G.994.1 de la manera siguiente:

- si una línea está preparada para unirse al grupo de espera en un momento en que este se encuentre abierto, se agrega al grupo de espera y la VTU-O comienza a transmitir sobre la línea agregada la señal O-P-VECTOR 1 con todos los tonos activos hasta que las líneas del grupo de agregación finalizan la inicialización.
- si una línea está preparada para unirse al grupo de espera en un momento en que este se encuentre cerrado, la VTU-O procede de la forma siguiente:
 - Si el bit "Uso exclusivo de tonos bandera en O-P-VECTOR 1" está habilitado en la fase UIT-T G.994.1, la línea se une al grupo de espera y la VTU-O comienza a transmitir la señal O-P-VECTOR 1 en la línea agregada exclusivamente con tonos bandera activos, quedando enmascarados los restantes tonos. Cuando el grupo de espera pasa a abierto, la VTU-O continúa transmitiendo la señal O-P-VECTOR 1 pero esta vez con todos los tonos activos hasta que las líneas del grupo de agregación finalizan la inicialización.
 - Si el bit "Uso exclusivo de tonos bandera en O-P-VECTOR 1" está deshabilitado en la fase UIT-T G.994.1, la línea espera hasta 512 símbolos a que el grupo de espera pase a abierto. Si el grupo de espera se abre dentro del periodo de los 512 símbolos, la VTU-O comienza a transmitir O-P-VECTOR 1 con todos los tonos activos hasta que las líneas del grupo de agregación finalizan su inicialización. En caso contrario, la VTU-O vuelve al estado O-SILENT.

El grupo de espera solo puede estar abierto cuando el grupo de agregación está cerrado. Una vez que la VCE estima los coeficientes del canal FEXT, el grupo de espera se mantiene cerrado para evitar que se introduzca diafonía ortogonal procedente de nuevas líneas. Tras finalizar la estimación de los coeficientes del canal FEXT, el grupo de espera puede pasar a abierto de nuevo. Si una línea del grupo de espera se descarta durante la inicialización, se elimina del grupo de espera.

- 3) Cuando las líneas de agregación transmiten las señales O-P-VECTOR 1-1 y O-P-VECTOR 2-1, la VCE estima los coeficientes de acoplamiento de la FEXT en sentido descendente de las líneas del grupo de espera sobre las líneas en estado de conexión (Showtime) y sobre las líneas del grupo de agregación. Por lo tanto, la FEXT procedente de las líneas del grupo de espera puede suprimirse de forma que la relación S/N (SNR) de las líneas del grupo de agregación pueda medirse sin afectar a la FEXT en sentido descendente procedente de las líneas de espera.
- 4) Cuando las líneas del grupo de agregación se encuentran en la fase de análisis de canal e intercambio de la inicialización, el grupo de espera debe mantenerse cerrado para evitar que se añadan nuevas líneas al grupo en espera hasta que todas las líneas de agregación hayan finalizado las mediciones de la SNR. Por lo tanto, las nuevas líneas no pueden perturbar la medición de la SNR en el grupo de agregación durante la fase de análisis del canal e intercambio.
- 5) Una vez que no quedan líneas en el grupo de agregación, todas las líneas del grupo de espera se transfieren al grupo de agregación y el grupo de espera pasa a cerrado. Posteriormente, si el grupo de agregación no está vacío, la VCE puede arrancar la fase de descubrimiento de canal del nuevo proceso de inicialización. En caso contrario, el grupo de agregación se mantiene en estado abierto para el nuevo proceso de activación de líneas.

El procedimiento anterior se ilustra en la Figura II.1.

Fase de inicialización UIT-T G.993.5	VCE	Grupo de agregación	Grupo de espera	Activación de nuevas líneas	
Toma de contacto	... ..	Abierto	Cerrado	Se añaden al grupo de agregación y se inicializan de manera normal
O-P-QUIET 1				Se añaden al grupo de espera y se transmite O-P-VECTOR 1 exclusivamente con tonos bandera activos	
O-P-VECTOR 1	Recibe las muestras de error para estimar los coeficientes descendentes de líneas del grupo de agregación a líneas en estado de conexión	Cerrado	Abierto	Se añaden al grupo de espera y se transmite O-P-VECTOR 1 exclusivamente con tonos bandera activos	
... ..	... ..			Se añaden al grupo de espera y se transmite O-P-VECTOR 1 con todos los tonos activos
O-P-VECTOR 1-1	Recibe las muestras de error para actualizar los coeficientes descendentes de líneas del grupo de agregación a líneas en estado de conexión		Cerrado	Se añaden al grupo de espera y se transmite O-P-VECTOR 1 exclusivamente con tonos bandera activos	
... ..	... ..		Abierto	Se añaden al grupo de espera y se transmite O-P-VECTOR 1 con todos los tonos activos
O-P-VECTOR 2-1	Recibe las muestras de error para estimar los coeficientes descendentes de líneas en estado de conexión y líneas del grupo de agregación a líneas del grupo de agregación		Cerrado	Cerrado	Se añaden al grupo de espera y se transmite O-P-VECTOR 1 exclusivamente con tonos bandera activos
O-P- SYNCHRO V4	... ..			
Análisis de canal e intercambio				Cerrado	Se bloquean para añadirlas al grupo de espera hasta que vence la temporización de descarte
				Abierto	Se añaden al grupo de espera y se transmite O-P-VECTOR 1 con todos los tonos activos
Caso 1: Estado de conexión Caso 2: O-P-VECTOR 1	Se prepara para el siguiente procedimiento de inicialización si no existen líneas en el grupo de agregación o se reciben muestras de error para estimar los coeficientes descendentes de líneas del grupo de agregación a líneas en estado de conexión	Caso 1: Abierto Caso 2: Cerrado	Cerrado	Se añaden al grupo de agregación y se inicializan de manera normal o se bloquean para añadirlas a ambos grupos hasta el vencimiento de la temporización	

G.993.5(15)_FII.1

Figura II.1 – Situación de los grupos de agregación y de espera y activación de nuevas líneas durante la inicialización (en el caso de que el bit "Uso exclusivo de tonos bandera O-P-VECTOR 1" esté habilitado en la fase UIT-T G.994.1)

Este mecanismo de control de la VCE permite lograr, al menos, los beneficios siguientes:

- 1) En el caso de las líneas del grupo de espera, estas pueden comenzar la transmisión de la señal O-P-VECTOR 1 incluso si han finalizado la fase UIT-T G.994.1 después de que otras líneas de agregación hayan pasado a la fase de descubrimiento de canal. Por lo tanto, se evita consumir el tiempo dedicado a la fase UIT-T G.994.1. El tiempo de O-P-VECTOR 1 puede acortarse significativamente porque la VCE ya ha estimado la diafonía de la mayoría de las líneas del grupo de espera sobre las líneas activas.

- 2) En los casos de inicialización de múltiples líneas, la mayoría de las líneas que pasan a la fase de descubrimiento de canal una vez que la VCE ha comenzado la estimación de los coeficientes del canal de acoplamiento de la FEXT se añadirán al grupo de espera. En consecuencia, pueden iniciar su proceso de inicialización en una acción sincronizada una vez finalizado el proceso actual de inicialización gestionado por la VCE. Todas las líneas pueden pasar al estado de conexión (Showtime) en no más de dos ciclos del proceso de inicialización de la vectorización (desde el descubrimiento del canal al análisis de canal e intercambio). Por lo tanto, el tiempo de inicialización se reduce sustancialmente en comparación con el proceso de inicialización actual, en el que las líneas que se incorporan una vez comenzada la inicialización se devuelven a la fase de toma de contacto, pudiendo tardar su inicialización varios ciclos del proceso de inicialización de la vectorización.
- 3) Si no se añaden nuevas líneas al grupo de espera después de la estimación de la SNR durante la fase de análisis de canal e intercambio, los coeficientes del canal FEXT en sentido descendente de las líneas del grupo de espera que se encuentran en el estado de conexión (Showtime) son gestionadas por la VCE, pudiendo pasarse directamente la fase O-P-VECTOR 1 al aplicar la duración mínima de O-P-VECTOR 1 de 4×257 símbolos. Ello permite ahorrar tiempo de inicialización.

II.3 Utilización por la VCE de las capacidades de toma de contacto

La VCE puede gestionar la activación de varias líneas en el grupo vectorizado mediante el uso de las capacidades de toma de contacto UIT-T G.994.1 de la forma siguiente:

- 1) Cuando nuevas líneas del grupo vector pasan a la fase de inicialización UIT-T G.994.1, la VTU-R puede transmitir de manera continua R-TONES-REQ a fin de iniciar la toma de contacto según se define en [UIT-T G.994.1].
- 2) La VCE conoce el estado de todos los transceptores que están realizando la inicialización UIT-T G.993.5. Cuando la VCE detecta que ha finalizado o está próximo a finalizar el ciclo de inicialización UIT-T G.993.5 del grupo actual de líneas agregadas, la VCE habilita a las VTU-O que han detectado R-TONES-REQ para que respondan con C-TONES a fin de avanzar en la fase de toma de contacto para configurar el siguiente grupo de líneas agregadas.
- 3) El plazo para que las VTU-R detecten O-SIGNATURE es específico de cada fabricante. Se observa que la duración de O-P-QUIET 1 es como máximo de 1024 símbolos, que la duración de O-P-VECTOR 1 es de 1024×257 símbolos y que la duración de O-IDLE es como máximo de 2000 símbolos; ello corresponde a un tiempo de aproximadamente 66,5 segundos.

Apéndice III

Método para la estimación del canal FEXT basado en la SNR

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

III.1 Herramientas

El método de estimación del canal FEXT basado en la relación SNR que se describe en este apéndice utiliza el valor de la SNR-ps notificado (por la VTU-R a la VTU-O), como se define en la cláusula 11.4.1 de [UIT-T G.993.2].

III.2 Estimación de los canales de FEXT de una nueva línea a las líneas existentes

III.2.1 Introducción

Suponiendo unas líneas activas K (índice i que va de 0 a $K-1$) y una línea de inicialización con el número K , la señal recibida en sentido descendente en el CPE del número de la línea afectada $i=0$ puede expresarse como:

$$y = Hx + n$$
$$y_0 = \underbrace{H_{0,0}x_0}_{\text{señal útil}} + \underbrace{\sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}x_i}_{\text{FEXT de líneas activas}} + \underbrace{H_{0,K}x_K}_{\text{FEXT de línea nueva}} + \underbrace{n_0}_{\text{ruido externo}} \quad (\text{III-1})$$

donde:

$H_{0,0}$: la función de transferencia directa de canal de la línea afectada

$H_{0,i}$: para $i = 1 \dots K-1$ la función de transferencia de canal de diafonía FEXT de la línea activa i a la línea afectada

$H_{0,K}$: la función de transferencia de canal de diafonía FEXT de la nueva línea K a la línea afectada

x_0 los símbolos de datos de la línea afectada, con varianza σ_0^2

x_i : para $i = 1 \dots K$, los símbolos de datos de las líneas activas, con varianza σ_i^2

x_K los símbolos de datos de la línea K , con varianza σ_K^2

n_0 el ruido exterior en la línea afectada, con varianza σ_n^2 .

NOTA – En la ecuación III-1, se supone que la FEXT no está aún precompensada. En la cláusula III.2.7 se exponen las ecuaciones aplicables en presencia de precompensación.

La matriz de precodificación F se define en general como $H^{-1}diag(H)$.

Si $H = diag(H)(I+C)$ ya está definida, entonces F se puede estimar (primer orden) mediante, $F = I - \hat{C}$,

siendo \hat{C} una estimación de C .

Por consiguiente, el objetivo de la estimación del canal es obtener los elementos de C , siendo

$$C_{v,i} = \frac{H_{v,i}}{H_{v,v}}, \quad v \neq i \text{ de forma que en este caso, si } v = 0, \text{ entonces } C_{0,i} = \frac{H_{0,i}}{H_{0,0}}, \text{ para } i = 1 \dots K$$

III.2.2 Señal de sondeo

En condiciones normales, se puede utilizar el siguiente modelo:

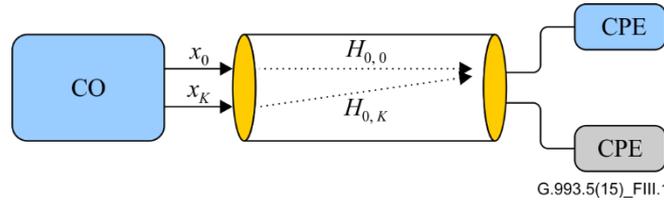


Figura III.1 – Modelo de diafonía – Condiciones normales

Luego, se puede utilizar una señal especial "sondeo" para estimar el canal de diafonía.

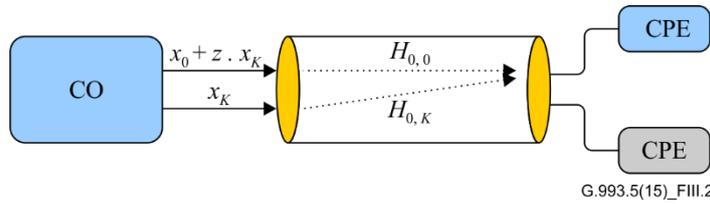


Figura III.2 – Modelo de señal de sondeo – Condiciones normales

La señal de sondeo consta de una copia de la línea perturbadora, que se añade a la línea afectada. Esto da lugar a una serie de propiedades interesantes de la SNR.

Se define SNR_b como la relación señal/ruido antes de añadir la nueva línea K :

$$SNR_b = \frac{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2}{\sum_{i=1}^{K-1} \sigma_i^2 |H_{0,i}|^2 + \sigma_{n_0}^2} \quad (III-2)$$

Cuando se añade una nueva línea K y, dependiendo del factor de sondeo z , se puede definir $SNR_b(z)$ como la relación señal/ruido después de añadir la nueva línea K :

$$SNR_a(z) = \frac{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2}{\sum_{i=1}^{K-1} \sigma_i^2 |H_{0,i}|^2 + \sigma_K^2 |H_{0,K} + z \cdot H_{0,0}|^2 + \sigma_{n_0}^2} \quad (III-3)$$

Así, estas ecuaciones se pueden combinar en la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{SNR_a(z)} = \frac{\sum_{i=1}^{K-1} \sigma_i^2 |H_{0,i}|^2 + \sigma_{n_0}^2 + \sigma_K^2 |H_{0,K} + z \cdot H_{0,0}|^2}{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2} = \frac{1}{SNR_b} + \frac{\sigma_K^2 |H_{0,K} + z \cdot H_{0,0}|^2}{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2} \quad (III-4)$$

La etapa anterior supone que el ruido de fondo y la diafonía de otras líneas (1.. $K-1$) son constantes en una sola iteración.

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + z \right|^2 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(z)} - \frac{1}{SNR_b} \right) \quad (III-5)$$

III.2.3 Representación gráfica

El efecto de esa señal de sondeo en un punto de constelación QAM se puede representar gráficamente de la manera siguiente:

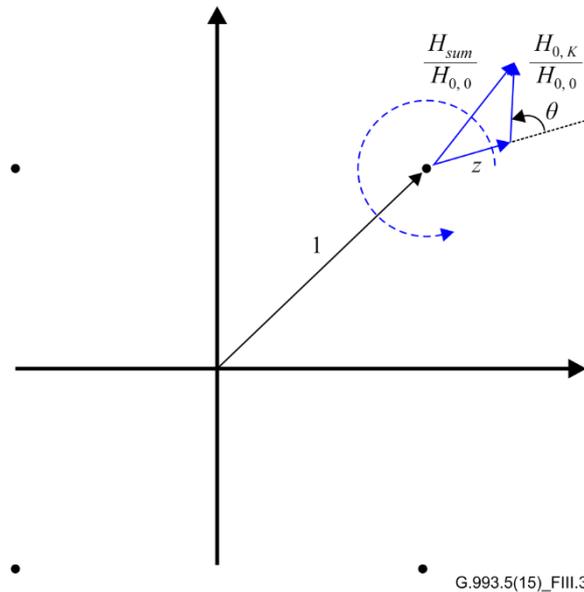


Figura III.3 – Efecto de la señal de sondeo en el punto de constelación

Esta figura se basa en el supuesto de que $\sigma_0^2 = \sigma_K^2$, a efectos de facilitar la comprensión, aunque el resultado se podría generalizar (en las ecuaciones) a los casos en que las varianzas de la señal en las líneas afectadas y perturbadoras no son idénticas.

Solo se muestra la diafonía de la línea K . No se muestra la diafonía de las líneas $1..K-1$, porque la figura sería demasiado compleja.

En la figura, se pueden identificar los siguientes elementos:

- el punto de constelación decodificado (el FEQ lo redujo a un vector de unidad de tamaño 1);
- el vector de sondeo z , que se añade como ruido en el canal directo de la línea afectada;
- el canal de diafonía, normalizado por el FEQ;
- el ángulo θ entre el vector de sondeo z y el canal de diafonía normalizado (ambos son modulados con el mismo símbolo de datos de usuario x_k , por lo que este ángulo se mantiene constante);
- el ruido total normalizado $\frac{H_{sum}}{H_{0,0}}$, que gira alrededor del punto de constelación.

III.2.4 Derivación de las ecuaciones para la estimación del canal de diafonía

Para calcular el canal de diafonía $C_{0,K} = \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}}$, se pueden derivar las ecuaciones siguientes.

Partiendo de la ecuación III-5:

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + z \right|^2 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(z)} - \frac{1}{SNR_b} \right) \quad (\text{III-6})$$

si

$z = 0$, esto lleva a:

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right|^2 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(0)} - \frac{1}{SNR_b} \right) \quad (\text{III-7})$$

si

$z = \varepsilon$, y aplicando trigonometría, se obtiene:

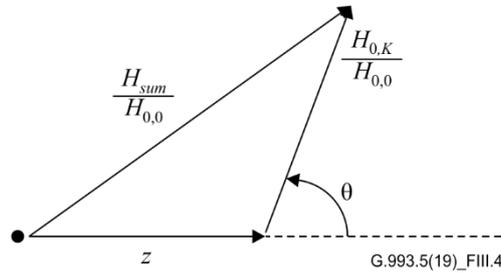


Figura III.4 – Detalle del punto de constelación con $z = \varepsilon$

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + \varepsilon \right|^2 = \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right|^2 + \varepsilon^2 - 2 \cdot \varepsilon \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\pi - \theta)$$

$$2 \cdot \varepsilon \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + \varepsilon \right|^2 - \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right|^2 - \varepsilon^2$$

$$2 \cdot \varepsilon \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(\varepsilon)} - \frac{1}{SNR_b} \right) - \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(0)} - \frac{1}{SNR_b} \right) - \varepsilon^2$$

si

$z = j\varepsilon$, se obtiene:

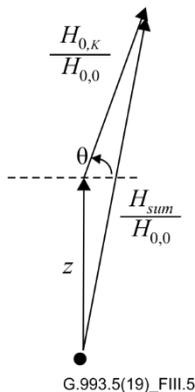


Figura III.5 – Detalle del punto de constelación con $z = j\varepsilon$

III.2.5 Ecuaciones para la estimación del canal de diafonía

Resultado obtenido para $z = \varepsilon$

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(\varepsilon)} - \frac{1}{SNR_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2} \quad (\text{III-8})$$

Resultado obtenido para $z = j\varepsilon$

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \sin(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(j\varepsilon)} - \frac{1}{SNR_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2} \quad (\text{III-9})$$

Conclusión:

$$\frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} = \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) + j \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \sin(\theta) \quad (\text{III-10})$$

III.2.6 Algoritmo para la estimación del canal de diafonía

En las ecuaciones anteriores se observa que para calcular $C_{0,K} = \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}}$, se debe calcular la amplitud y la fase de esta cantidad, que son parámetros independientes.

Las ecuaciones III-8 y III-9, que son dos ecuaciones independientes basadas en tres mediciones de SNR, permiten calcular las partes reales e imaginarias de $C_{0,K}$ (dos variables independientes).

Se necesitan las siguientes mediciones:

- $SNR_a(0)$ la SNR después de que la nueva línea K haya sido inicializada, sin señal de sondeo;
- $SNR_a(\varepsilon)$ la SNR después de que la nueva línea K haya sido inicializada, con la señal de sondeo ε ;
- $SNR_a(j\varepsilon)$ la SNR después de que la nueva línea K haya sido inicializada, con la señal de sondeo $j\varepsilon$.

Por consiguiente, el algoritmo consta de las siguientes etapas:

- 1) se comienza a transmitir una señal del tipo MEDLEY en la nueva línea K , con una PSD en transmisión reducida (no hay inicialización);
- 2) se mide el valor $SNR_a(0)$;
- 3) a partir de ese valor, se puede elegir un valor adecuado de ε (de forma que el efecto en la SNR sea mensurable, pero no excesivo) y se puede añadir una señal de sondeo (en cada una de las líneas afectadas de forma simultánea);
- 4) se mide el valor $SNR_a(\varepsilon)$;
- 5) se cambia la señal de sondeo a $j\varepsilon$;
- 6) se mide el valor $SNR_a(j\varepsilon)$;
- 7) se calcula $\hat{C}_{0,K}$ para cada una de las líneas afectadas;
- 8) se inicia la precodificación;
- 9) se aumenta la PSD de la señal de tipo MEDLEY en la nueva línea;

- 10) se repite el proceso desde la etapa 2, hasta que la PSD de la señal de tipo MEDLEY haya alcanzado el nivel máximo permitido de PSD de esta línea;
- 11) se puede empezar ahora la secuencia normal de inicialización en esta línea.

Por lo general, el algoritmo converge en unas cuantas iteraciones.

III.2.7 Ecuaciones ampliadas que se pueden aplicar al llevar a cabo la precompensación

El hecho de que el precodificador esté activo no modifica fundamentalmente las ecuaciones.

La ecuación básica es la ecuación III-1:

$$y = Hx + n$$

$$y_0 = \underbrace{H_{0,0}x_0}_{\text{señal útil}} + \underbrace{\sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}x_i}_{\text{FEXT de líneas activas}} + \underbrace{H_{0,K}x_K}_{\text{FEXT de línea nueva}} + \underbrace{n_0}_{\text{ruido externo}}$$

Sabiendo que $H = \text{diag}(H)(I+C)$ y que si se aplica la precodificación, $w = Fx = (I - \hat{C})x$, se convierte en:

$$\begin{aligned} y &= H(I - \hat{C})x \\ &= Hx - H\hat{C}x \\ &= \text{diag}(H)(I + C)x - \text{diag}(H)(I + C)\hat{C}x \\ &\approx \text{diag}(H)x + \text{diag}(H)Cx - \text{diag}(H)\hat{C}x \\ y_0 &= \underbrace{H_{0,0}x_0}_{\text{señal útil}} + \underbrace{\sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}(C_{0,i} - \hat{C}_{0,i})x_i}_{\text{FEXT residual de líneas activas}} + \underbrace{H_{0,K}(C_{0,K} - \hat{C}_{0,K})x_K}_{\text{FEXT residual de la línea K}} + \underbrace{n_0}_{\text{ruido externo}} \\ &= H_{0,0}x_0 + \sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}|_{\text{residual}} x_i + H_{0,K}|_{\text{residual}} x_K + n_0 \end{aligned}$$

Por consiguiente, se pueden reformular las ecuaciones III-8 y III-9 de la manera siguiente:

$$\left| \frac{H_{0,K}|_{\text{residual}}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{\text{SNR}_a(\varepsilon)} - \frac{1}{\text{SNR}_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2} \quad \text{(III-11)}$$

$$\left| \frac{H_{0,K}|_{\text{residual}}}{H_{0,0}} \right| \sin(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{\text{SNR}_a(j\varepsilon)} - \frac{1}{\text{SNR}_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2} \quad \text{(III-12)}$$

Por lo tanto, el principal efecto de la precodificación es que debe elegirse un valor diferente para ε (véase también la etapa 4 en la cláusula III.2.6) y que, de hecho, para estimar el canal de interferencia residual:

- el valor ε debe ser tal que el efecto en la SNR sea mensurable pero no excesivo;
- cuando se sabe que la diafonía residual ya se ha estimado, la actualización de la ecuación es muy sencilla:

$$\hat{C}_{0,K}(t+1) = \hat{C}_{0,K}(t) + \frac{H_{0,K}|_{\text{residual}}}{H_{0,0}} \quad \text{(III-13)}$$

También se puede ilustrar gráficamente, como en la figura anterior:

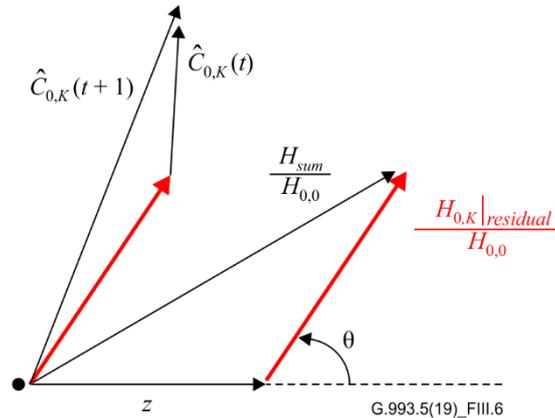


Figura III.6 – Detalle del punto de constelación con precodificación

El vector en rojo indica el canal de diafonía normalizado residual para el que se puede trazar un triángulo similar al anterior, aplicando una señal de sondeo. Así, todas las ecuaciones siguen siendo válidas.

III.3 Estimación de los canales de FEXT de las líneas existentes a la nueva línea

III.3.1 Introducción

El número de mediciones de SNR utilizadas para la estimación del canal se indican como N . Cada medición de SNR se realiza en símbolos L DMT, y todas las líneas están en estado de conexión cuando tiene lugar la estimación. Se considera la transmisión en un solo tono y el símbolo de datos QAM destinado a la línea i en el símbolo DMT l durante la medición de la SNR n se indica como $s_i^{(n)}(l)$. La señal real transmitida por la línea i se indica como $x_i^{(n)}(l)$.

III.3.2 Señal de sondeo

Cuando se inicializa la nueva línea K , las líneas existentes siguen transmitiendo sus datos como antes

$$x_i^{(n)}(l) = s_i^{(n)}(l), \forall i < K$$

La superposición de una señal de sondeo respecto de la señal transmitida por la nueva K de la VTU-O facilita la identificación del canal

$$x_K^{(n)}(l) = s_K^{(n)}(l) + \varepsilon \sum_{i=1}^{K-1} z_i^{(n)} s_i^{(n)}(l) \quad (\text{III-14})$$

Téngase en cuenta que la señal de sondeo consta de una combinación lineal de las señales transmitidas en las líneas existentes 1 a $K-1$. Se selecciona un tamaño de paso ε de forma que el efecto de la señal de sondeo en la SNR sea inferior a 3,5 dB. Esto se consigue midiendo primeramente la SNR de la línea K en ausencia de cualquier señal de sondeo, que se indica como $SNR_K^{(0)}$. El tamaño de paso se expresa como:

$$\varepsilon = \min_i \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{SNR_K^{(0)}}} \frac{\sigma_K}{\sigma_i}$$

donde σ_i^2 indica la potencia de transmisión de la línea i . Considérese que se selecciona $z_i^{(n)}$ de modo que

$$\sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 = 1$$

III.3.3 Derivación de las ecuaciones para la estimación del canal de diafonía

Con la ecuación III-14 se determina que la señal recibida en la línea K es:

$$\begin{aligned} y_K^{(n)}(l) &= \sum_{i=1}^K h_{K,i} x_i^{(n)}(l) + w_K^{(n)}(l) \\ &= h_{K,K} s_K^{(n)}(l) + \sum_{i=1}^{K-1} (h_{K,i} + \varepsilon z_i^{(n)} h_{K,K}) s_i^{(n)}(l) + w_K^{(n)}(l) \end{aligned}$$

La VTU-R medirá la potencia de la señal en la línea K como:

$$\begin{aligned} \text{señal}_K &= \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L |h_{K,K} s_K^{(n)}(l)|^2 \\ &\approx |h_{K,K}|^2 \sigma_K^2 \end{aligned} \quad (\text{III-15})$$

La potencia del ruido en la línea K se medirá como:

$$\begin{aligned} \text{ruido}_K &= \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L |y_K^{(n)}(l) - h_{K,K} s_K^{(n)}(l)|^2 \\ &\approx \sum_{i=1}^{K-1} |h_{K,i} + \varepsilon z_i^{(n)} h_{K,K}|^2 \sigma_i^2 + \sigma_{w_K}^2 \end{aligned} \quad (\text{III-16})$$

donde $\sigma_{w_K}^2$ indica la potencia del ruido de fondo. Seguidamente, la VTU-R notificará a la VTU-O la SNR medida como:

$$\text{SNR}_K^{(n)} = \text{señal}_K / \text{ruido}_K$$

De las ecuaciones III-15 y III-16:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\text{SNR}_K^{(n)}} &= \frac{\text{ruido}_K}{\text{señal}_K} \\ &\approx \frac{1}{\sigma_K^2} \left(\sum_{i=1}^{K-1} \left| \frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} \sigma_i + \varepsilon z_i^{(n)} \sigma_i \right|^2 + \frac{\sigma_{w_K}^2}{|h_{K,K}|^2} \right) \\ &= \frac{1}{\sigma_K^2} \left(\|\bar{\mathbf{a}} + \varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + \frac{\sigma_{w_K}^2}{|h_{K,K}|^2} \right) \end{aligned} \quad (\text{III-17})$$

donde se ha definido $\bar{\mathbf{a}} = [\bar{a}_1 \dots \bar{a}_{K-1}]^T$, $\bar{\mathbf{b}}^{(n)} = [\bar{b}_1^{(n)} \dots \bar{b}_{K-1}^{(n)}]^T$ con

$$\bar{a}_i = \frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} \sigma_i \quad (\text{III-18})$$

y

$$\bar{b}_i^{(n)} = z_i^{(n)} \sigma_i \quad (\text{III-19})$$

Aplicando la fórmula general del teorema de Pitágoras:

$$\|\bar{\mathbf{a}} + \varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 = \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \|\varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + 2\varepsilon \text{Re}\{\bar{\mathbf{b}}^{(n)H} \bar{\mathbf{a}}\} \quad (\text{III-20})$$

Se divide $\bar{\mathbf{a}}$ y $\bar{\mathbf{b}}^{(n)}$ en sus componentes reales e imaginarios $a_{R,i} = \text{Re}\{\bar{a}_i\}$, $a_{I,i} = \text{Im}\{\bar{a}_i\}$, $b_{R,i}^{(n)} = \text{Re}\{\bar{b}_i^{(n)}\}$ y $b_{I,i}^{(n)} = \text{Im}\{\bar{b}_i^{(n)}\}$. Ahora:

$$\begin{aligned} \text{Re}\{\bar{\mathbf{b}}^{(n)H} \bar{\mathbf{a}}\} &= \sum_{i=1}^{K-1} a_{R,i} b_{R,i}^{(n)} + a_{I,i} b_{I,i}^{(n)} \\ &= \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a}, \end{aligned}$$

donde se define

$$\mathbf{a} = [a_{R,1} \dots a_{R,K-1} \ a_{I,1} \dots a_{I,K-1}]^T, \quad (\text{III-21})$$

y $\mathbf{b}^{(n)} = [b_{R,1}^{(n)} \dots b_{R,K-1}^{(n)} \ b_{I,1}^{(n)} \dots b_{I,K-1}^{(n)}]^T$. Para mayor facilidad, también se define $a_i = [\mathbf{a}]_i$ y $b_i^{(n)} = [\mathbf{b}^{(n)}]_i$. De la ecuación III-20:

$$\|\bar{\mathbf{a}} + \varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 = \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \|\varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + 2\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a}.$$

Ahora, de la ecuación III-17:

$$\|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \|\varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + 2\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{S_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = \frac{S_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}}.$$

Por consiguiente

$$\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \frac{1}{2} \|\varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2.$$

Aplicando la ecuación III-19 se obtiene:

$$\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \frac{1}{2} \varepsilon^2 \sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 \sigma_i^2.$$

Se define

$$c^{(n)} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \frac{1}{2} \varepsilon^2 \sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 \sigma_i^2. \quad (\text{III-22})$$

Por lo tanto

$$\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = c^{(n)}, \forall n. \quad (\text{III-23})$$

Se define una matriz $M \times N$ \mathbf{P} con elementos $p_{m,n} = [\mathbf{P}]_{m,n}$ que satisface

$$\sum_{n=1}^N p_{m,n} = 0, \forall m \quad (\text{III-24})$$

Esta se conocerá como la matriz de combinación SNR. Ahora, de la ecuación III-23:

$$\sum_n p_{m,n} c^{(n)} = \varepsilon \sum_n p_{m,n} \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \left(\frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{W_K}^2}{|h_{K,K}|^2} \right) \sum_n p_{m,n}, \forall m.$$

Aplicando la ecuación III-24, se obtiene

$$\sum_n p_{m,n} c^{(n)} = \varepsilon \sum_n p_{m,n} \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a}, \forall m. \quad (\text{III-25})$$

Para cada n , se tiene una ecuación de la forma de la ecuación III-25. Reuniendo todas esas ecuaciones en una matriz se obtiene

$$\mathbf{P} \begin{bmatrix} c^{(1)} \\ \vdots \\ c^{(N)} \end{bmatrix} = \varepsilon \mathbf{P} \begin{bmatrix} \mathbf{b}^{(1)H} \\ \vdots \\ \mathbf{b}^{(N)H} \end{bmatrix} \mathbf{a}.$$

Se define $\mathbf{c} = [c^{(1)} \dots c^{(N)}]^T$ y la matriz de sondeo $\mathbf{B} = [\mathbf{b}^{(1)} \dots \mathbf{b}^{(N)}]^H$. Por tanto

$$\varepsilon \mathbf{P} \mathbf{B} \mathbf{a} = \mathbf{P} \mathbf{c}$$

Se obtiene la solución de mínimos cuadrados para \mathbf{a} siguiente

$$\mathbf{a} = \varepsilon^{-1} \text{pinv}(\mathbf{P} \mathbf{B}) \mathbf{P} \mathbf{c}$$

donde $\text{pinv}(\cdot)$ indica la operación pseudoinversa. Las ecuaciones III-18 y III-21 permiten ahora obtener los coeficientes de la diafonía normalizada como:

$$\frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} = \frac{1}{\sigma_i} (a_i + ja_{K-1+i}) \quad (\text{III-26})$$

que pueden utilizarse para diseñar el precompensador de diagonalización de primer orden

$$\mathbf{F} = \mathbf{I}_K - \text{offdiag} \left(\begin{bmatrix} \frac{h_{1,1}}{h_{1,1}} & \dots & \frac{h_{1,K}}{h_{1,1}} \\ \frac{h_{1,1}}{h_{1,1}} & \dots & \frac{h_{1,1}}{h_{1,1}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{h_{K,1}}{h_{K,1}} & \dots & \frac{h_{K,K}}{h_{K,1}} \\ \frac{h_{K,1}}{h_{K,1}} & \dots & \frac{h_{K,K}}{h_{K,1}} \end{bmatrix} \right), \quad (\text{III-27})$$

donde se define la función $\text{offdiag}(\mathbf{X}) = \mathbf{X} - \text{diag}(\mathbf{X})$.

Téngase en cuenta que para que el conjunto de ecuaciones sea suficiente para obtener una estimación de \mathbf{a} , es necesario que el rango $(\mathbf{P} \mathbf{B}) \geq 2(K-1)$. Otro requisito es que $\sum_n p_{m,n} = 0, \forall m$, en realidad significa que el tamaño de \mathbf{P} debe ser de al menos $2(K-1) \times (2K-1)$. Así, ese algoritmo permite obtener una estimación de los canales de diafonía después de solo $2K-1$ mediciones de SNR.

III.3.4 Algoritmo para la estimación del canal de diafonía

El algoritmo de identificación del canal funciona de la siguiente manera:

- se calcula previamente $\mathbf{G} = \text{pinv}(\mathbf{PB})\mathbf{P}$
- se calcula previamente $d^{(n)} = \sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 \sigma_i^2 / 2, \forall n$
- para $i = 1 \dots$ número de iteraciones
- se transmite $x_K^{(0)}(l) = s_K^{(0)}(l)$ en la línea K
- la VTU-R notifica $\text{SNR}_K^{(0)}$
- se establece el tamaño de paso $\varepsilon = \min_i \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{\text{SNR}_K^{(0)}}} \frac{\sigma_K}{\sigma_i}$
- para $n = 1 \dots N$
- se transmite $x_K^{(n)}(l) = s_K^{(n)}(l) + \sum_{i < K} z_i^{(n)} s_i^{(n)}(l)$ en la línea K
- la VTU-R notifica $\text{SNR}_K^{(n)}$
- se calcula $c^{(n)} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \varepsilon^2 d^{(n)}$
- se termina
- $\mathbf{a} = \varepsilon^{-1} \mathbf{Gc}$
- $\frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} = (a_i + j a_{K-1+i}) / \sigma_i, \forall i$
- se actualiza el precompensador de diafonía utilizando la ecuación III-27
- se termina.

Téngase en cuenta que, para acelerar los cálculos, se ha calculado previamente la pseudoinversa \mathbf{G} y el término $d^{(n)}$.

Bibliografía

- [b-UIT-T G.998.1] Recomendación UIT-T G.998.1 (2005), *Vinculación multipar basada en el modo de transferencia síncrono*.
- [b-UIT-T G.998.2] Recomendación UIT-T G.998.2 (2005), *Agrupación de múltiples pares Ethernet*.
- [b-UIT-T G.998.3] Recomendación UIT-T G.998.3 (2005), *Agrupación multipar mediante multiplexión inversa por división en el tiempo*.
- [b-UIT-T G.9701] Recomendación UIT-T G.9701 (2019), *Acceso rápido a terminales de abonado (G.fast) – Especificación de la capa física*.
- [b-ATIS-0600024] ATIS Technical Report ATIS-0600024 (2009), *Multiple-Input Multiple-Output Crosstalk Channel Model*.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios de tarificación y contabilidad y cuestiones económicas y políticas de las telecomunicaciones/TIC internacionales
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	Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás 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 la transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes de líneas locales
Serie Q	Conmutación y señalización, y mediciones y pruebas asociadas
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, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación