



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.984.3**

(02/2004)

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

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –  
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes  
locales

---

**Redes ópticas pasivas con capacidad de  
gigabits: Especificación de la capa de  
convergencia de transmisión**

Recomendación UIT-T G.984.3

---

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

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
<b>Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales</b>	<b>G.980–G.989</b>
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

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

## **Recomendación UIT-T G.984.3**

### **Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión**

#### **Resumen**

En esta Recomendación se describe la capa de convergencia de transmisión de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits, una familia de redes de acceso flexible capaces de proporcionar una gama de servicios de banda ancha y de banda estrecha. Se describen sistemas que funcionan a velocidades de 1,24416 y 2,48832 Gbit/s en sentido descendente, y 0,15552; 0,62208; 1,24416 y 2,48832 Gbit/s en sentido ascendente. Incluye las especificaciones de trama, mensajes, determinación de distancia, funcionalidad OAM y seguridad de la convergencia de transmisión de las PON con capacidad de gigabits (GTC, *gigabit transmission convergence*).

Esta Recomendación forma parte integrante de la serie de Recomendaciones UIT-T G.984 que especifican un conjunto único coherente de sistemas de transmisión de acceso.

La serie de Recomendaciones UIT-T G.984 difiere de la serie G.983 principalmente en que se describen velocidades binarias de línea superiores. Como consecuencia, la serie G.984 abarca numerosos aspectos y características técnicas de forma diferente a la serie G.983. Ambos sistemas no son interoperables.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.984.3 fue aprobada el 22 de febrero de 2004 por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

## PREFACIO

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

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

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

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

## NOTA

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

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

## PROPIEDAD INTELECTUAL

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

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

© UIT 2004

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

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones.....	2
4 Abreviaturas.....	4
5 Convenios .....	8
5.1 ONT y ONU .....	8
5.2 Relación entre el método de entramado del servicio de datos y GEM.....	8
5.3 Arquitectura de multiplexación .....	9
6 Arquitectura del sistema G-PON .....	11
6.1 Arquitectura de red .....	11
6.2 Configuración de referencia .....	11
6.3 Tipos conectables de OLT y ONU .....	13
6.4 Bloques funcionales.....	13
6.5 Interoperabilidad entre G-PON y B-PON .....	15
7 Visión general de la convergencia de transmisión (TC) de la GTC .....	15
7.1 General .....	15
7.2 Pila de protocolos en los planos C/M.....	16
7.3 Pila de protocolos en el plano-U .....	17
7.4 Funciones clave de la convergencia de transmisión de G-PON (GTC) .....	19
7.5 Funciones de las subcapas en GTC .....	20
7.6 Flujos de tráfico y calidad de servicio (QoS) .....	21
7.7 Especificaciones de la asignación dinámica de la anchura de banda (DBA).....	22
8 Trama de convergencia de transmisión (TC) GTC.....	24
8.1 Estructura de trama descendente .....	25
8.2 Estructura de trama ascendente .....	30
8.3 Correspondencia del tráfico en las cabidas útiles GTC.....	35
8.4 Señalización y configuración de la atribución dinámica de anchura de banda.....	39
9 Mensajes GTC .....	43
9.1 Formato del mensaje PLOAM.....	43
9.2 Mensajes de control.....	44
10 Método de activación.....	58
10.1 General .....	58
10.2 Procedimiento de activación en la ONU .....	59
10.3 Procedimiento de activación en la OLT .....	76
10.4 Procedimiento de medición de retardo de ida y vuelta (RTD).....	81
11 Supervisión de alarmas y de la calidad de funcionamiento.....	84

	<b>Página</b>
11.1 Alarmas.....	84
11.2 Supervisión de la calidad de funcionamiento.....	91
12 Seguridad.....	91
12.1 Modelo de amenazas básicas.....	91
12.2 Sistema de criptación.....	92
12.3 Intercambio y conmutación de claves.....	93
13 Corrección de errores en recepción.....	94
13.1 Introducción.....	94
13.2 FEC descendente.....	95
13.3 FEC ascendente.....	98
13.4 Transmisiones de activación de la ONU.....	100
14 Mecanismo de transporte de la OMCI.....	100
14.1 Esquema de transporte de la OMCI.....	100
14.2 Modos de transporte.....	101
14.3 Encapsulación de datagramas.....	101
14.4 Adaptador OMCI de la ONU.....	101
14.5 Adaptador OMCI de la estación de gestión.....	101
Apéndice I – Transporte de tráfico de usuario en canales GEM.....	101
I.1 Correspondencia de tramas GEM en la cabida útil GTC.....	101
I.2 TDM sobre GEM.....	102
I.3 Ethernet sobre GEM.....	103
Apéndice II – Capacidad de supervivencia de sistemas basados en GTC.....	103
Apéndice III – Decodificación del control de errores del encabezamiento GEM.....	104
Apéndice IV – Visión general de los procedimientos de activación de la ONU.....	106
IV.1 Adquisición del número de serie durante el estado Número de serie, SN (O4b) – Red en caliente.....	106
IV.2 Proceso de nivelación de potencia.....	107
IV.3 Proceso de medición del retardo de ida y vuelta (RTD).....	111
IV.4 Proceso POPUP.....	113

## Recomendación UIT-T G.984.3

### Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión

#### 1 Alcance

Esta Recomendación tiene por objeto:

- Describir redes de acceso flexibles que utilizan tecnología de fibra óptica. Se centra en una red que soporta diversos servicios, incluyendo el servicio telefónico tradicional (POTS), datos, video, circuitos arrendados y servicios distribuidos.
- Describir la características de una red óptica pasiva (PON, *passive optical network*) con capacidad para transportar diversos servicios entre la interfaz usuario-red y la interfaz del nodo de servicios.
- Centrarse en las cuestiones propias de la fibra. Las cuestiones relativas al cobre de los sistemas híbridos se describen en otros documentos, como por ejemplo, las Recomendaciones sobre línea de abonado digital x (xDSL, *digital subscriber line x*).
- Tratar los aspectos relativos a la convergencia de transmisión (TC, *transmission convergence*) entre la interfaz del nodo de servicios y la interfaz usuario-red.
- Tratar las especificaciones del formato de trama, método de control de acceso al medio, método de determinación de la distancia, funcionalidad OAM y seguridad en redes G-PON.

#### 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.

- [1] IEEE Standard 802.3-2002, *Information technology – Telecommunication and Information Exchange Between Systems – LAN/MAN – Specific Requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*.
- [2] Recomendación UIT-T G.983.1 (1998), *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas*.
- [3] Recomendación UIT-T G.983.4 (2001), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con asignación dinámica de anchura de banda para aumentar la capacidad de servicio*.
- [4] Recomendación UIT-T G.983.5 (2002), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con mayor capacidad de supervivencia*.
- [5] Recomendación UIT-T I.432.1 (1999), *Interfaz usuario-red de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA) – Especificación de la capa física: Características generales*.
- [6] Recomendación UIT-T I.361 (1999), *Especificación de la capa modo de transferencia asíncrono de la RDSI-BA*.

- [7] Recomendación UIT-T G.803 (2000), *Arquitectura de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona*.
- [8] Recomendación UIT-T G.704 (1998), *Estructura de trama síncrona utilizada en los niveles jerárquicos 1544, 6312, 2048, 8448 y 44 736 kbit/s*.
- [9] Recomendación UIT-T G.707/Y.1322 (2003), *Interfaz del nodo de red para la jerarquía digital síncrona*.
- [10] Recomendación UIT-T G.984.1 (2003), *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Características generales*.
- [11] Recomendación UIT-T G.984.2 (2003), *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos*.
- [12] Federal Information Processing Standard 197, *Advanced Encryption Standard, National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, November 26, 2001*.

### 3 Definiciones

En esta Recomendación define los términos siguientes.

**3.1 red óptica pasiva de banda ancha (B-PON *broadband passive optical network*):** Las B-PON son sistemas de transmisión ópticos de banda ancha punto-multipunto. Pueden transportar de forma transparente cualquier tipo de datos, por ejemplo, voz, vídeo, datos IP, etc. La B-PON puede transportar datos con independencia del tipo de trama de enlace de datos (es decir, no solamente ATM nativo, sino también tramas HDLC, tramas Ethernet, etc.).

**3.2 plano de control y gestión (plano C/M):** El plano C/M maneja información de gestión y de control para sistemas G-PON. Los datos de la interfaz de control y gestión de la OAM (OMCI) se transfieren a través de este plano.

**3.3 asignación dinámica de anchura de banda (DBA, *dynamic bandwidth assignment*):** La DBA es el proceso por el cual las ONU (y sus T-CONT asociados) solicitan dinámicamente anchura de banda en sentido ascendente (de forma implícita o explícita) y el método, mediante supervisión de células sin servicio en la OLT o mediante información de estado de la memoria intermedia entre las ONU y la OLT, por el cual la OLT reasigna la anchura de banda ascendente de las ONU.

**3.4 OAM integrada:** La OAM integrada proporciona funcionalidades de operación, administración y mantenimiento (OAM) que son función del instante en que se realizan, incluyendo concesiones, cambio de claves con fines de seguridad y funcionalidades asociadas a la DBA.

**3.5 procedimiento de entramado genérico (GFP, *generic framing procedure*):** GFP es un método de entramado y de encapsulamiento que puede aplicarse a cualquier tipo de datos. Ha sido normalizado por la Comisión de Estudio 15 del UIT-T.

**3.6 modo de encapsulamiento G-PON (GEM, *G-PON encapsulation mode*):** GEM es un método que encapsula datos en las G-PON. Aunque pueden encapsularse cualquier tipo de datos, los tipos reales dependen del servicio. GEM proporciona comunicaciones con conexión y comunicaciones ATM. El concepto y el formato del entramado son similares al procedimiento de entramado genérico (GFP).

**3.7 redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (G-PON, *gigabit passive optical network*):** Las G-PON son sistemas de transmisión ópticos de banda ancha punto-multipunto. Las G-PON pueden transportar cualquier tipo de datos utilizando funcionalidades ATM o GEM (modo de encapsulamiento de las G-PON).

**3.8 subcapa de entramado GTC:** Es una parte de la capa de convergencia de transmisión (TC) de la G-PON. Tiene responsabilidades sobre el reconocimiento del entramado y la alineación de cada porción de datos.

**3.9 asignación dinámica de banda sin información de estado (NSR-DBA, *non-status reporting DBA*):** NSR-DBA invoca la asignación de anchura de banda sin que sea precisa información procedente de la ONU. Sin embargo, proporciona la asignación dinámica de anchura de banda gracias a la supervisión del tráfico que realiza la propia OLT.

**3.10 red óptica de acceso (OAN, *optical access network*):** Conjunto de enlaces de acceso que comparten las mismas interfaces del lado red y están soportados por sistemas de transmisión de acceso ópticos. La OAN puede incluir varias ODN conectadas a la misma OLT.

**3.11 red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*):** Aquella que proporciona el medio de transmisión óptico desde la OLT a las ONU asociadas. Utiliza componentes ópticos pasivos.

**3.12 terminación de línea óptica (OLT, *optical line termination*):** Aquella que proporciona la interfaz en el lado red de la OAN y está conectada a una o varias ODN.

**3.13 terminación de red óptica (ONT, *optical network termination*):** Una ONT proporciona la interfaz del lado de usuario para la OAN y está conectada a una ODN. Una ONT se utiliza para FTTH e incluye la función de puerto de usuario. Desde el punto de vista de la capa TC de la G-PON, la ONT y la ONU son idénticas.

**3.14 unidad de red óptica (ONU, *optical network unit*):** Una ONU proporciona (directamente o a distancia) la interfaz en el lado usuario de la OAN y está conectada a la ODN. Desde el punto de vista de la capa TC G-PON, la ONT y la ONU son idénticas.

**3.15 OAM de la capa física (PLOAM, *physical layer OAM*):** Proporciona funcionalidades de gestión de la PON, tales como determinación de distancia, activación de ONU, establecimiento de OMCC y transferencia de alarmas.

**3.16 puerto:** Un puerto es una unidad para la multiplexación en un T-CONT en GEM. En un T-CONT se especifican uno o más puertos. Los datos se transfieren entre OLT y ONU a través de puertos. En ATM, los puertos corresponden a VP/VC. En GEM cada puerto se identifica mediante un ID de puerto (Port-ID) específico.

**3.17 determinación de distancia:** La determinación de la distancia es un método para medir la distancia lógica entre cada ONU y su OLT asociada y para determinar la temporización de transmisión necesaria para que las células ascendentes transmitidas desde distintas ONU en la misma ODN no colisionen.

**3.18 asignación dinámica de banda con información de estado (SR-DBA, *status reporting DBA*):** SR-DBA proporciona la asignación de anchura de banda de conformidad con la información recibida de la ONU.

**3.19 subcapa de adaptación TC:** La subcapa de adaptación de la convergencia de transmisión (TC) es una parte de la capa TC de G-PON. Tiene responsabilidades sobre el filtrado de los datos transferidos de conformidad con el VPI/VCI o ID del puerto. Además, en relación con la OMCI, esta subcapa absorbe la diferencia entre la OMCI basada en ATM y en GEM a fin de proporcionar una interfaz común con la entidad OMCI.

**3.20 contenedores de transmisión (T-CONT, *transmission containers*):** Los T-CONT se utilizan para la gestión de la atribución de la anchura de banda ascendente en la sección PON de la capa de convergencia de transmisión (TC). Los T-CONT se utilizan principalmente para mejorar la anchura de banda ascendente utilizada en la PON.

– Los T-CONT transportan VPC/VCC ATM y/o puertos GEM, e informan del estado de su memoria intermedia a sus OLT asociadas.

- Los T-CONT reciben dinámicamente concesiones de la OLT, identificadas mediante los ID de atribución (Alloc-ID).
- Un único T-CONT puede transportar tráfico ATM o GEM con varias clases de servicio.
- Un T-CONT puede acomodar una o más colas físicas y las agrupa en una única memoria intermedia lógica.
- Un informe de estado DBA-T-CONT resume el estado de la memoria intermedia lógica de dicho T-CONT.
- Un T-CONT es una entidad de transporte de la capa TC que transfiere información de capa superior de forma transparente desde la entrada a la salida.
- La información del T-CONT no se modifica excepto cuando se produce una degradación en el proceso de transferencia.
- Una concesión de datos se asocia a un único T-CONT. Los T-CONT existen físicamente en el soporte físico y soporte lógico de la ONU.

**3.21 convergencia de transmisión (TC, *transmission convergence*):** La TC se sitúa entre el medio físico y los clientes de la G-PON. La capa TC consta de la subcapa de entramado GTC y la subcapa de adaptación TC.

**3.22 plano-U:** El plano de usuario (plano-U) procesa los datos de usuario en el sistema G-PON. El plano-U proporciona la comunicación entre clientes ATM o clientes GEM.

## 4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

AAL	Capa de adaptación ATM ( <i>ATM adaptation layer</i> )
ABR	Velocidad binaria disponible ( <i>available bit rate</i> )
AES	Norma de criptación avanzada ( <i>advanced encryption standard</i> )
AF	Función de adaptación ( <i>adaptation function</i> )
Alen	Longitud ATM (partición) [ <i>ATM (partition) length</i> ]
Alloc-ID	Identificador de atribución ( <i>allocation identifier</i> )
AN	Nodo de acceso ( <i>access node</i> )
ANI	Interfaz del nodo de acceso ( <i>access node interface</i> )
APON	ATM por la red óptica pasiva ( <i>ATM over passive optical network</i> )
APS	Conmutación de protección automática ( <i>automatic protection switching</i> )
ATC	Capacidades de transferencia ATM ( <i>ATM transfer capabilities</i> )
ATM	Modo de transferencia asíncrono ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
AVC	Cambio de valor de atributo ( <i>attribute value change</i> )
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquengham
BER	Tasa de errores en los bits ( <i>bit error ratio</i> )
BIP	Paridad de entrelazado de bits ( <i>bit interleaved parity</i> )
Blen	Longitud de mapa de anchura de banda ( <i>BWmap length</i> )
B-PON	Red óptica pasiva de banda ancha ( <i>broadband passive optical network</i> )
BW	Anchura de banda ( <i>bandwidth</i> )

BWmap	Mapa de anchura de banda ( <i>bandwidth map</i> )
CBR	Velocidad binaria constante ( <i>constant bit rate</i> )
CES	Servicio de emulación de circuitos ( <i>circuit emulation service</i> )
CID	Dígito idéntico consecutivo ( <i>consecutive identical digit</i> )
CPE	Error de fase de célula ( <i>cell phase error</i> )
CPL	Modificación del nivel de potencia ( <i>change power level</i> )
CRC	Verificación por redundancia cíclica ( <i>cyclic redundancy check</i> )
DACT	Desactivación (ONU-ID)
DBA	Asignación dinámica de anchura de banda ( <i>dynamic bandwidth assignment</i> )
DBR	Velocidad binaria determinística ( <i>deterministic bit rate</i> )
DBRu	Informe de anchura de banda dinámica ascendente ( <i>dynamic bandwidth report upstream</i> )
DF	Desactivación de fallo ( <i>deactivate failure</i> )
DG	Extinción ( <i>dying gasp</i> )
DIS	Inhibido (número de serie de ONU) [ <i>disabled (ONU serial number)</i> ]
DOW	Desplazamiento de ventana ( <i>drift of window</i> )
DS	Descendente ( <i>downstream</i> )
DSL	Línea de abonado digital ( <i>digital subscriber line</i> )
EMS	Sistema de gestión de elemento ( <i>element management system</i> )
E/O	Eléctrico/óptico
EqD	Retardo de ecualización ( <i>equalization delay</i> )
FEC	Corrección de errores en recepción ( <i>forward error correction</i> )
FTTB	Fibra al edificio ( <i>fibre to the building</i> )
FTTB/C	Fibra al edificio/a la acometida ( <i>fibre to the building/curb</i> )
FTTBusiness	Fibra al local comercial ( <i>fibre to the business</i> )
FTTC	Fibra a la acometida ( <i>fibre to the curb</i> )
FTTCab	Fibra al armario ( <i>fibre to the cabinet</i> )
FTTH	Fibra a la vivienda ( <i>fibre to the home</i> )
GEM	Método de encapsulamiento de la G-PON ( <i>G-PON encapsulation method</i> )
GFR	Velocidad de trama garantizada ( <i>guaranteed frame rate</i> )
GPM	(Dependiente del) Medio físico G-PON [ <i>G-PON physical media (dependent)</i> ]
G-PON	Red óptica pasiva con capacidad de gigabits ( <i>Gigabit passive optical network</i> )
GTC	Convergencia de transmisión de la G-PON ( <i>G-PON transmission convergence</i> )
HEC	Control de errores del encabezamiento ( <i>header error control</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )
LAN	Red de área local ( <i>local area network</i> )
LCD	Pérdida de delimitación de célula ( <i>loss of cell delineation</i> )

LCDA	Pérdida de delimitación de canal para ATM ( <i>loss of channel delineation for ATM</i> )
LCDG	Pérdida de delimitación de canal para GEM ( <i>loss of channel delineation for GEM</i> )
LCF	Campo de control láser ( <i>laser control field</i> )
LIM	Módulo de interfaz de línea ( <i>line interface module</i> )
LOA	Pérdida de acuse de recibo ( <i>loss of acknowledgement</i> )
LOAM	Pérdida de OAM ( <i>loss of OAM</i> )
LOF	Pérdida de trama ( <i>loss of frame</i> )
LOS	Pérdida de señal ( <i>loss of signal</i> )
LSB	Bit menos significativo ( <i>least significant bit</i> )
LT	Terminal de línea ( <i>line terminal</i> )
MAC	Control de acceso a medio ( <i>media access control</i> )
ME	Entidad gestionada ( <i>managed entity</i> )
MEM	Mensaje de error en el mensaje ( <i>message error message</i> )
MIB	Base de información de gestión ( <i>management information base</i> )
MIS	Discordancia (del enlace) [ <i>mismatch (link)</i> ]
MSB	Bit más significativo ( <i>most significant bit</i> )
NMS	Sistema de gestión de red ( <i>network management system</i> )
NRZ	Sin retorno a cero ( <i>non return to zero</i> )
NSR	Sin información de estado ( <i>non status reporting</i> )
NT	Terminación de red ( <i>network termination</i> )
O/E	Óptico/eléctrico
OAM	Operaciones, administración y mantenimiento ( <i>operations, administration and maintenance</i> )
OAN	Red óptica de acceso ( <i>optical access network</i> )
ODF	Repartidor óptico ( <i>optical distribution frame</i> )
ODN	Red de distribución óptica ( <i>optical distribution network</i> )
OLT	Terminación de línea óptica ( <i>optical line termination</i> )
OMCC	Canal de control y gestión de ONU ( <i>ONU management and control channel</i> )
OMCI	Interfaz de control y gestión de ONU ( <i>ONU management and control interface</i> )
ONT	Terminación de red óptica ( <i>optical network termination</i> )
ONU	Unidad de red óptica ( <i>optical network unit</i> )
ONU-ID	Identificador de ONU ( <i>ONU identifier</i> )
OpS	Sistema de operaciones ( <i>operations system</i> )
PCBd	Bloque de control físico descendente ( <i>physical control block downstream</i> )
PCR	Velocidad de célula de cresta ( <i>peak cell rate</i> )

PDU	Unidad de datos de protocolo ( <i>protocol data unit</i> )
PDH	Jerarquía digital plesiócrona ( <i>plesiochronous digital hierarchy</i> )
PEE	Error del equipo físico ( <i>physical equipment error</i> )
PHY	Interfaz física ( <i>physical interface</i> )
Plend	Longitud de cabida útil descendente ( <i>payload length downstream</i> )
PLI	Indicador de longitud de cabida útil ( <i>payload length indicator</i> )
PLOAM	OAM de la capa física ( <i>physical layer OAM</i> )
PLOAMd	PLOAM descendente ( <i>PLOAM downstream</i> )
PLOAMu	PLOAM ascendente ( <i>PLOAM upstream</i> )
PLOu	Tara de capa física ascendente ( <i>physical layer overhead upstream</i> )
PLSu	Secuencia de nivelación de potencia ascendente ( <i>power levelling sequence upstream</i> )
PMD	Dependiente del medio físico ( <i>physical media dependent</i> )
PON	Red óptica pasiva ( <i>passive optical network</i> )
Port-ID	Identificador de puerto ( <i>port identifier</i> )
POTS	Servicio telefónico tradicional ( <i>plain old telephone service</i> )
PRBS	Secuencia binaria pseudoaleatoria ( <i>pseudo-random bit sequence</i> )
PST	Traza de sección de PON ( <i>PON section trace</i> )
Psync	Sincronización física ( <i>physical synchronization</i> )
PTI	Indicador de tipo de cabida útil ( <i>payload type indicator</i> )
QoS	Calidad de servicio ( <i>quality of service</i> )
RAU	Unidad de acceso de petición ( <i>request access unit</i> )
RDI	Indicación de defecto distante ( <i>remote defect indication</i> )
RDSI	Red digital de servicios integrados
RDSI-BA	Red digital de servicios integrados de banda ancha
REI	Indicación de error distante ( <i>remote error indication</i> )
RMS	Valor cuadrático medio ( <i>root mean square</i> )
RS	Reed Solomon
RTD	Retardo de ida y vuelta ( <i>round trip delay</i> )
RTPC	Red telefónica pública conmutada
RXCF	Campo de control de receptor ( <i>receiver control field</i> )
SBR	Velocidad binaria estadística ( <i>statistical bit rate</i> )
SCR	Velocidad de célula sostenible ( <i>sustained cell rate</i> )
SD	Degradación de señal ( <i>signal degrade</i> )
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SDU	Unidad de datos de servicio ( <i>service data unit</i> )
SF	Fallo de señal ( <i>signal fail</i> )

SN	Número de serie ( <i>serial number</i> )
SNI	Interfaz de nodo de servicios ( <i>service node interface</i> )
SR	Informe de estado ( <i>status reporting</i> )
SUF	Fallo de arranque ( <i>start up failure</i> )
TC	Convergencia de transmisión ( <i>transmission convergence</i> )
T-CONT	Contenedor de transmisión ( <i>transmission container</i> )
TDMA	Acceso múltiple por división en el tiempo ( <i>time division multiple access</i> )
TE	Equipo terminal ( <i>terminal equipment</i> )
TF	Fallo del transmisor ( <i>transmitter failure</i> )
UBR	Velocidad binaria no especificada ( <i>unspecified bit rate</i> )
UNI	Interfaz usuario-red ( <i>user network interface</i> )
UPC	Control de parámetros de utilización ( <i>usage parameter control</i> )
US	Ascendente ( <i>upstream</i> )
VBR	Velocidad binaria variable ( <i>variable bit rate</i> )
VC	Canal virtual ( <i>virtual channel</i> )
VCC	Conexión de canal virtual ( <i>virtual channel connection</i> )
VCI	Identificador de canal virtual ( <i>virtual channel identifier</i> )
VP	Trayecto virtual ( <i>virtual path</i> )
VPC	Conexión de trayecto virtual ( <i>virtual path connection</i> )
VPI	Identificador de trayecto virtual ( <i>virtual path identifier</i> )
WDM	Multiplexación por división en longitud de onda ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## 5 Convenios

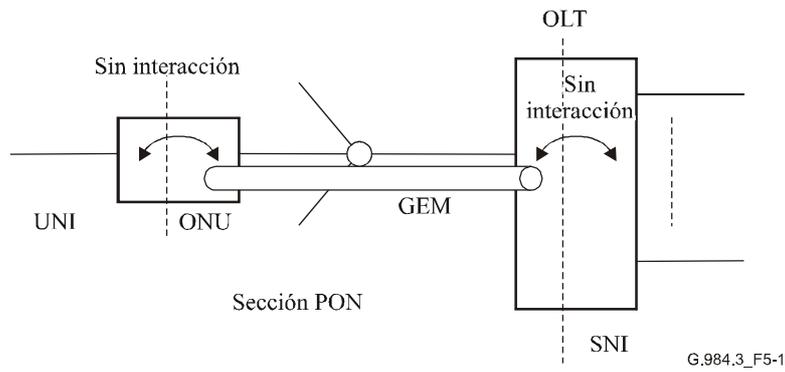
Para mejorar la legibilidad de la información a la que se hace referencia en esta Recomendación, ésta se facilita de la forma indicada en las siguientes subcláusulas.

### 5.1 ONT y ONU

En la cláusula 4/G.983.1 se han definido la ONT y la ONU. Sin embargo, desde el punto de vista de la funcionalidad de la capa TC de la G-PON, ambas son idénticas. En esta Recomendación se utiliza la palabra "ONU" para hacer referencia a ambas, excepto en los casos en que se hacen indicaciones específicas.

### 5.2 Relación entre el método de entramado del servicio de datos y GEM

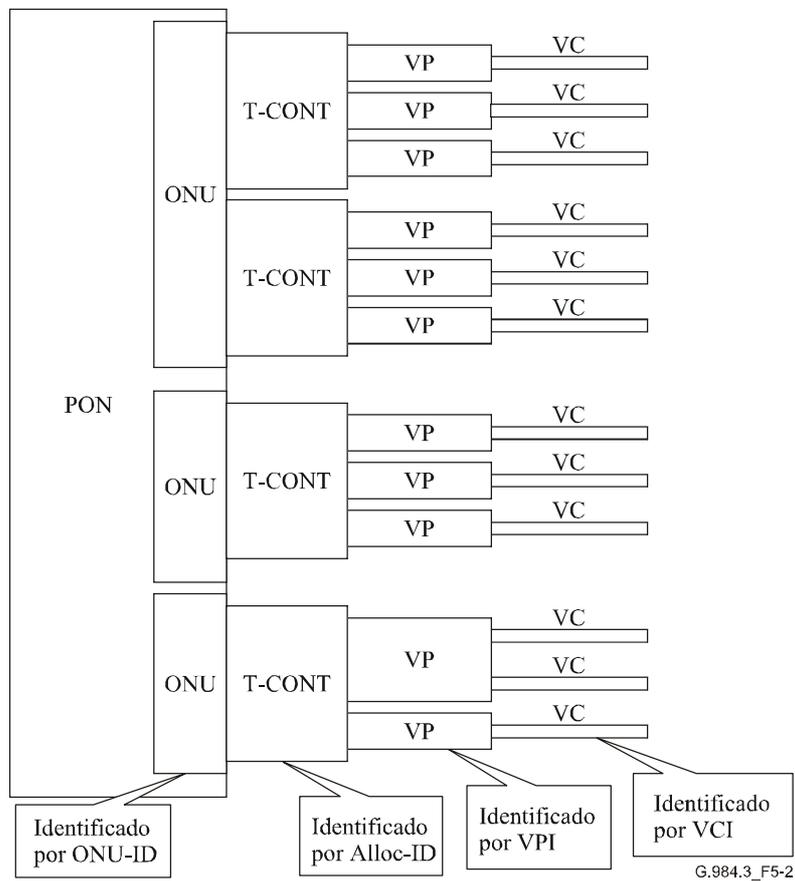
El método de encapsulado de G-PON (GEM, *G-PON encapsulation method*) es similar a otros métodos de entramado de servicios de datos desde el punto de vista de la estructura de trama. Sin embargo, GEM está integrado en la sección de la PON, y es independiente de los tipos de interfaces de nodo de servicio (SNI) que existan en la OLT, o de los tipos de UNI en la ONU, tal como se muestra en la figura 5-1.



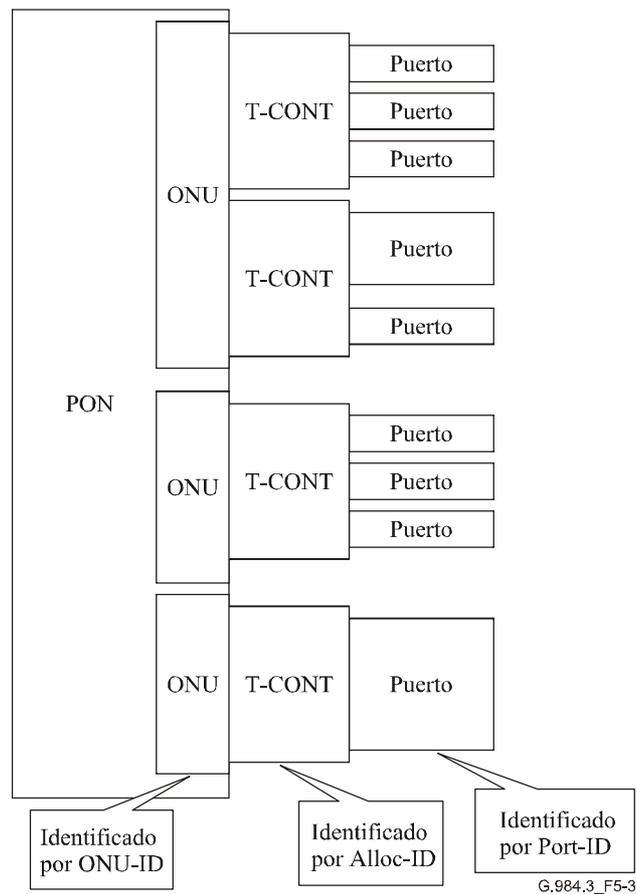
**Figura 5-1/G.984.3 – GEM integrada**

### 5.3 Arquitectura de multiplexación

En esta Recomendación se presentan dos mecanismos de multiplexación: basado en ATM y basado en GEM. Ambos conceptos se resumen en las figuras 5-2 y 5-3.



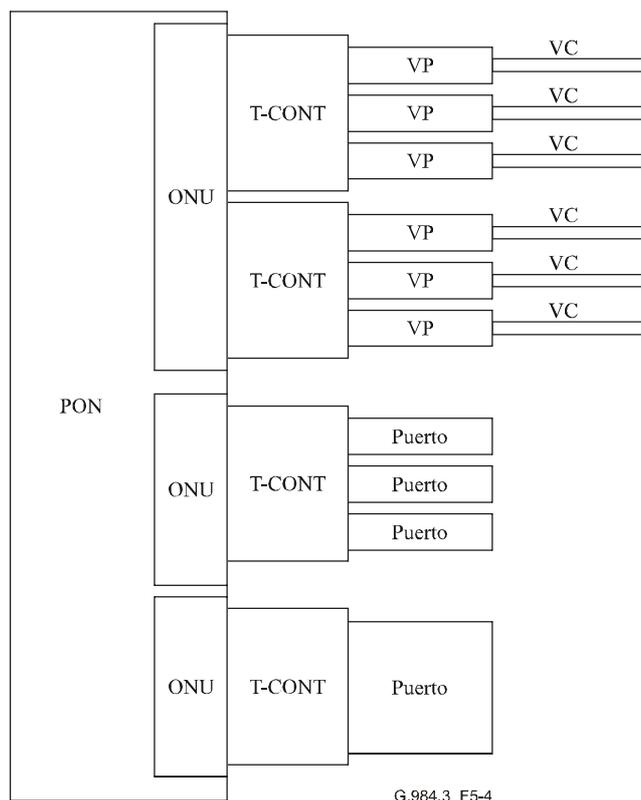
**Figura 5-2/G.984.3 – Multiplexación en el servicio ATM**



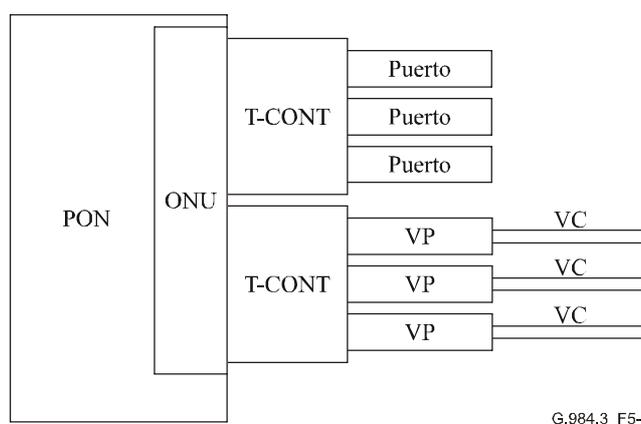
**Figura 5-3/G.984.3 – Multiplexación en el servicio GEM**

En la capa TC de la G-PON, la unidad de control básica es un T-CONT identificado mediante Alloc-ID. El concepto de puerto, identificado mediante Port-ID, se utiliza para la multiplexación de flujos de tráfico sobre un T-CONT en el servicio GEM. Los conceptos de trayectos virtuales/circuitos virtuales, identificados mediante los VPI/VCI, se utilizan para la multiplexación de flujos de tráfico en ATM.

Además, tal como se muestra en las figuras 5-4 y 5-5 es posible utilizar configuraciones que son una combinación de ambos modos.



**Figura 5-4/G.984.3 – Multiplexación combinada en una PON**



**Figura 5-5/G.984.3 – Multiplexación combinada en una ONU**

## 6 Arquitectura del sistema G-PON

### 6.1 Arquitectura de red

La arquitectura G-PON es la misma que en el caso de B-PON especificado en la cláusula 5.1/G.983.1.

### 6.2 Configuración de referencia

Los puntos de referencia son los mismos que los especificados para B-PON en la cláusula 5.2/G.983.1. A continuación se resume la información específica para un sistema G-PON de conformidad con la Rec. UIT-T G.984.1.

El sistema G-PON soporta las siguientes velocidades de transmisión asimétricas:

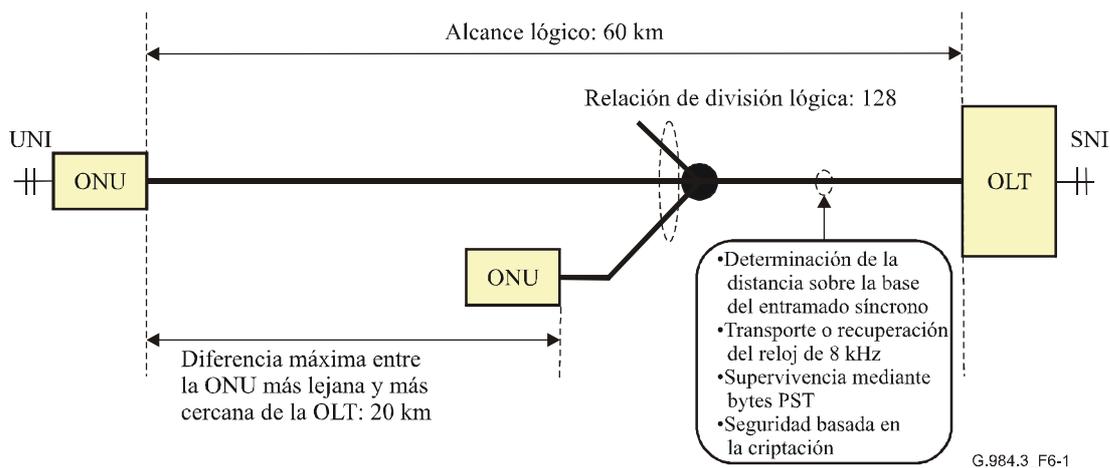
- 0,15552 Gbit/s ascendente, 1,24416 Gbit/s descendente
- 0,62208 Gbit/s ascendente, 1,24416 Gbit/s descendente
- 1,24416 Gbit/s ascendente, 1,24416 Gbit/s descendente
- 0,15552 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente
- 0,62208 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente
- 1,24416 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente
- 2,48832 Gbit/s ascendente, 2,48832 Gbit/s descendente

Sin embargo, este sistema no permite la interconexión con 0,15552 Gbit/s y 0,62208 Gbit/s para el flujo ascendente y/o descendente, y con 1,24416 Gbit/s para el sentido descendente incluido en las especificaciones de B-PON.

La figura 6-1 muestra la configuración del sistema G-PON, que consta de una OLT, varias ONU, un divisor óptico y fibras. La fibra óptica conectada a la OLT se ramifica en el divisor óptico en hasta 64 fibras, conectándose dichas fibras a las ONU. La capa dependiente del medio físico utilizada para G-PON se especifica en la Rec. UIT-T G.984.2.

En la capa TC de la G-PON, se define que el máximo alcance lógico es de 60 km, mientras que la máxima diferencia de distancia de fibra entre la ONU más lejana y la más cercana debe ser 20 km. Esta diferencia está limitada para que el tamaño de la ventana de determinación de distancia no sea superior a lo permitido por la calidad de servicio. En lo que se refiere al grado de división posible, la capa TC permite 128 divisiones, anticipando la evolución futura de los módulos ópticos.

La G-PON soporta todos los servicios definidos en la Rec. UIT-T G.984.1. La GTC permite transportar el reloj de 8 kHz y, adicionalmente, una señal de referencia de 1 kHz proporcionada por la OLT a la ONU utilizando una señal de control. La función de supervivencia de G-PON, que mejora la fiabilidad de las redes de acceso, está disponible y es opcional tal como se describe en en la Rec. UIT-T G.984.1. Por lo tanto, la capa TC transporta información de traza de la sección PON (PST). Debido a la naturaleza multidifusión de la PON, las tramas descendentes precisan algún mecanismo de seguridad en la capa de TC.



**Figura 6-1/G.984.3 – Configuración del sistema G-PON**

### 6.3 Tipos conectables de OLT y ONU

Las OLT y las ONU se clasifican en varios tipos, tales como ATM, GEM y de modo Dual. Esta Recomendación permite todos los tipos de equipos, aunque deben tenerse en cuenta las posibilidades de interfuncionamiento entre los mismos. En el cuadro 6-1 se muestran las posibles combinaciones, indicando mediante una "X" las combinaciones que interfuncionan. No existen nodos OLT y ONU obligatorios, sino que el interfuncionamiento depende de la propia implementación.

**Cuadro 6-1/G.984.3 – Tipos de nodos soportados en las OLT y ONU**

		OLT		
		GEM	Dual	ATM
ONU	GEM	X	X	N/A
	Dual	X	X	X
	ATM	N/A	X	X

### 6.4 Bloques funcionales

El sistema G-PON consta de tres componentes: OLT, ONU y ODN. En esta cláusula se proporcionan directrices típicas para la configuración de cada componente.

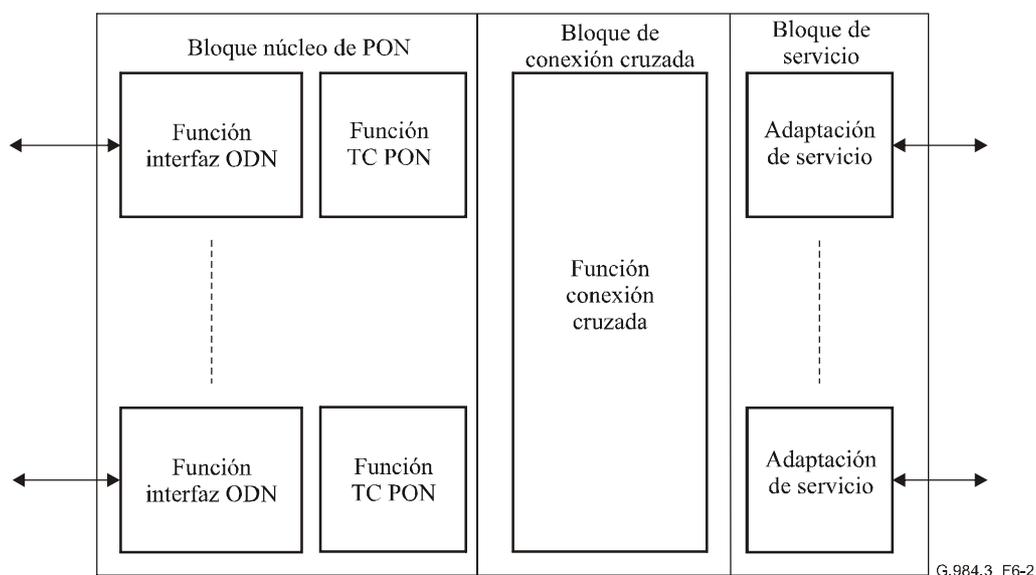
#### 6.4.1 Terminación de línea óptica (OLT)

La OLT se conecta a la red conmutada mediante interfaces normalizadas. En el lado de la distribución, presenta interfaces de acceso ópticas de conformidad con ésta y otras normas G-PON, en términos de velocidad binaria, balance de potencia, fluctuación de fase, etc.

La OLT consta de tres partes principales:

- Función de interfaz de puerto de servicio.
- Función de conexión cruzada.
- Interfaz de red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*).

Los principales bloques constitutivos de la OLT se describen en las cláusulas siguientes. En la figura 6-2 se muestra un diagrama de bloques funcional típico de una OLT.



**Figura 6-2/G.984.3 – Diagrama de bloques funcionales de la OLT**

1) *Bloque núcleo de PON*

Este bloque consta de dos partes, la función de interfaz ODN especificada en la Rec. UIT-T G.984.2, y la función de TC PON especificada en esta Recomendación. La función de TC PON incluye el entramado, el control de acceso al medio, OAM, DBA, la alineación de las unidades de datos de protocolo (PDU, *protocol data unit*) para la función de conexión cruzada, y la gestión de la ONU. Cada TC PON selecciona un modo de entre ATM, GEM y Dual.

2) *Bloque de conexión cruzada*

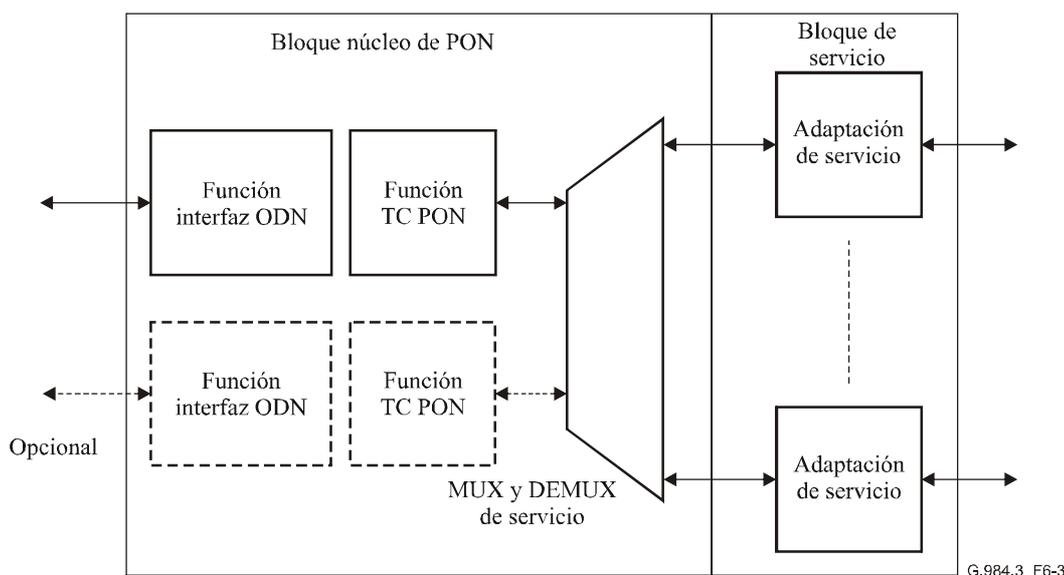
El bloque de conexión cruzada proporciona un trayecto de comunicación entre el bloque núcleo de PON y el bloque de servicio. Las tecnologías para la conexión de este trayecto son función de los servicios, la arquitectura interna de la OLT y de otros factores. La OLT proporciona la funcionalidad de conexión cruzada de conformidad con el modo seleccionado, ya sean GEM, ATM o Dual.

3) *Bloque de servicio*

Este bloque proporciona la traducción entre las interfaces de servicio y la interfaz de trama TC de la sección PON.

#### 6.4.2 Unidad de red óptica (ONU)

Los bloques constitutivos funcionales de la ONU G-PON son en lo esencial similares a los bloques constitutivos funcionales de la OLT. Puesto que la ONU funciona con una única interfaz PON (o un máximo de dos interfaces con fines de protección), puede omitirse la función de conexión cruzada. Sin embargo, para el manejo del tráfico, en lugar de esta función, se especifica la función MUX y DMUX de servicio. En la figura 6-3 se describe la configuración típica de una ONU. Cada TC PON selecciona un modo de entre ATM, GEM y Dual.



**Figura 6-3/G.984.3 – Diagrama de bloques funcionales de la ONU**

### 6.4.3 Red de distribución óptica (ODN)

Este componente conecta una OLT y una o más ONU mediante un dispositivo óptico pasivo. En 5.6/G.983.1 se describen sus funcionalidades detalladas.

### 6.5 Interoperabilidad entre G-PON y B-PON

El sistema G-PON especificado en esta Recomendación no proporciona interoperabilidad con un sistema B-PON especificado de acuerdo con la Rec. UIT-T G.983.1 ni con otros, aunque se utilice el modo ATM con los valores de velocidad binaria incluidos en las especificaciones de B-PON.

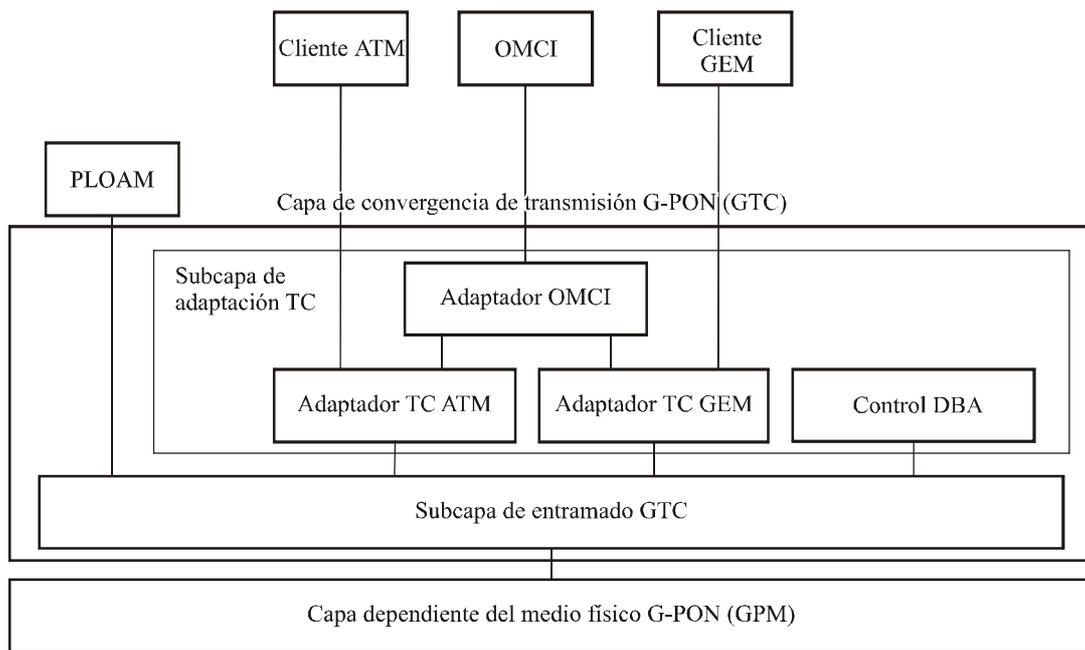
## 7 Visión general de la convergencia de transmisión (TC) de la GTC

### 7.1 General

En esta cláusula se describe la arquitectura de la capa TC de un sistema G-PON. La figura 7-1 muestra la pila genérica de protocolos del sistema de la capa TC de la G-PON (GTC). La capa GTC se compone de dos subcapas, la subcapa de entramado GTC y la subcapa de adaptación TC. Desde otro punto de vista, la GTC consta de un plano C/M, que gestiona flujos de tráfico de usuario, la seguridad y funcionalidades de OAM, y un plano U que transporta el tráfico de usuario. Tal como se muestra en la figura 7-1, en la subcapa de entramado GTC, la partición ATM, la partición GEM, la partición de OAM integrada y de PLOAM se reconocen según su ubicación en la trama GTC. Solamente la OAM integrada se termina en esta capa para el control de la subcapa, debido a que la información de la OAM integrada está incluida directamente en el encabezamiento de la trama GTC. La información PLOAM se procesa en el bloque PLOAM, que se sitúa como cliente de esta subcapa. La unidad de datos de servicio (SDU, *service data unit*) de las particiones ATM y GEM se convierten de/en unidades de datos de protocolo (PDU, *protocol data unit*) convencionales ATM y GEM en cada subcapa de adaptación, respectivamente. Además, estas PDU incluyen datos del canal OMCI. Estos datos también se reconocen en esta subcapa y se intercambian desde/hacia entidades OMCI. La OAM integrada, PLOAM y OMCI se clasifican en planos C/M. Las SDU, excepto para OMCI en particiones ATM y GEM, se consideran del plano U.

La capa de entramado GTC tiene visibilidad global de todos los datos transmitidos, y la capa de entramado GTC de la OLT tiene una relación directa del mismo nivel con todas las capas de entramado GTC de las ONU.

Además, el bloque de control DBA se especifica como bloque funcional común. Actualmente, este bloque tiene la responsabilidad para la DBA con informe completo de ONU.



G.984.3\_F7-1

**Figura 7-1/G.984.3 – Pila de protocolos del sistema GTC**

En esta cláusula se describe la arquitectura de estos planos, las relaciones entre los mismos, las características funcionales de la GTC y las operaciones centradas en la GTC.

En un sistema GTC, la OLT y la ONU no tienen siempre dos modos. Los modos soportados se identifican cuando se realiza la instalación del sistema. La ONU informa del soporte que ofrece de los modos ATM o GEM mediante un mensaje número de serie (*Serial\_Number*). Si la OLT puede tener una interfaz con al menos uno de los modos ofrecidos, establece el canal OMCI, detectándose la ONU de la forma habitual. Si existe discordancia entre ambas, se calcula la distancia de la ONU, pero ésta se declara incompatible con el sistema soporte de las operaciones.

## 7.2 Pila de protocolos en los planos C/M

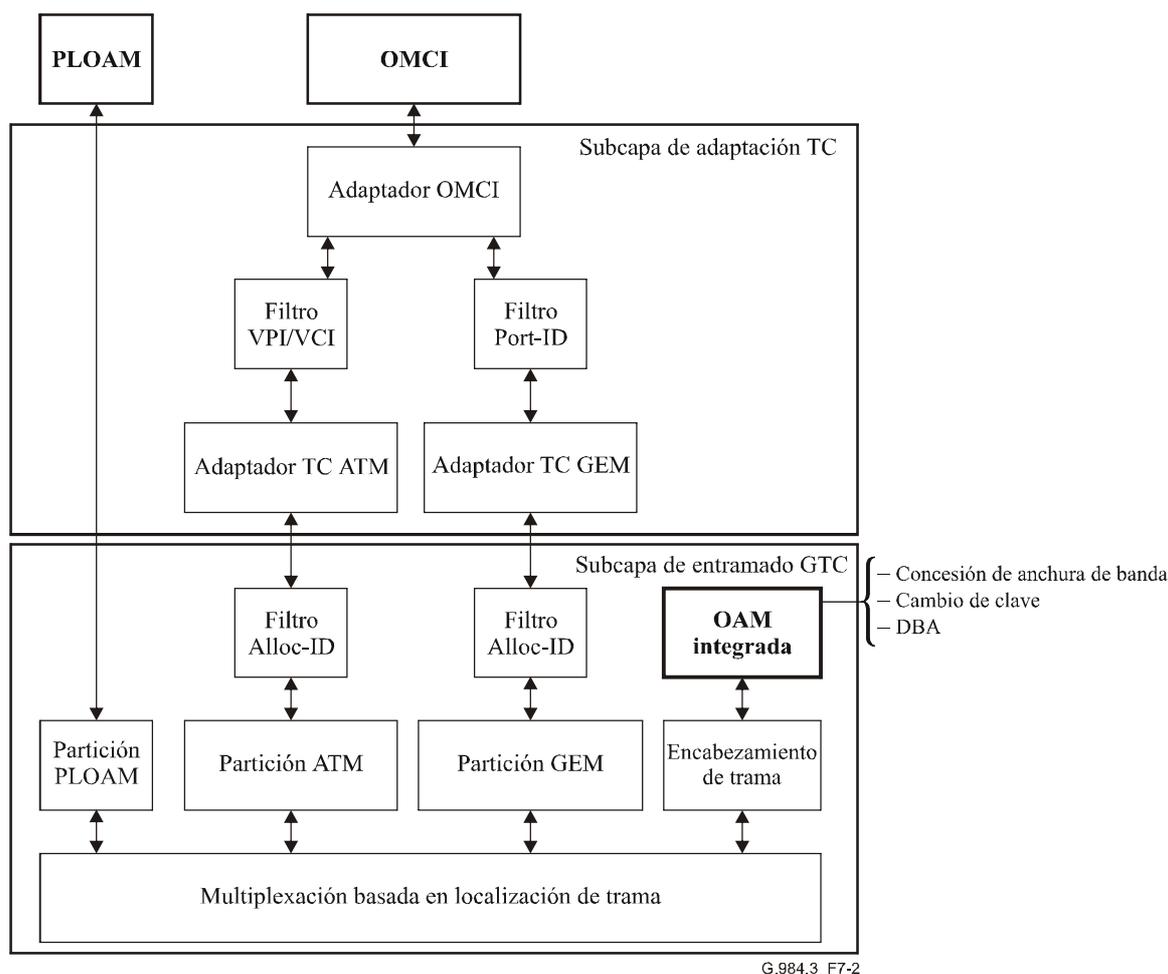
Los planos de control y de gestión del sistema GTC constan de tres partes: OAM integrada, PLOAM y OMCI. Los canales de OAM integrada y de PLOAM gestionan las funciones de las capas dependiente del medio (PMD) y GTC. La OMCI proporciona un sistema uniforme de gestión de capas superiores (que definen los servicios).

El canal de OAM integrado se constituye mediante información de campos formateados en el encabezamiento de la trama GTC. Este canal proporciona un trayecto de baja latencia para información urgente de control, ya que cada información se hace corresponder con un campo específico de la cabecera de la trama GTC. Las funciones que utiliza este canal son, entre otras, las siguientes: concesión de anchura de banda, cambio de clave y señalización de asignación dinámica de anchura de banda. Las especificaciones detalladas de este canal se describen en la cláusula 8 como parte de la explicación sobre la trama GTC.

El canal PLOAM es un sistema basado en mensajes formateados transportados en un espacio dedicado para ello en la trama GTC. Este canal se utiliza para toda la información de gestión PMD y GTC no enviada a través del canal OAM integrado. Los mensajes de este canal OAM se formatean como se describe en la Rec. UIT-T G.983.1. En la cláusula 9 se incluyen las especificaciones detalladas.

El canal OMCI se utiliza para gestionar las capas que definen el servicio por encima de la GTC. Como tal, está técnicamente fuera del ámbito de esta Recomendación. Sin embargo, la GTC debe proporcionar una interfaz de transporte para este tráfico, existiendo dos alternativas para el mismo, a saber, ATM o GEM. La función GTC proporciona los medios necesarios para configurar estos canales opcionales a fin de que se adapten a las capacidades del equipo, incluida la especificación de los identificadores de flujos del protocolo de transporte (VPI/VCI o Port-ID). Esta Recomendación proporciona el formato y el mecanismo de transferencia para el canal OMCI. La estructura de la información detallada se facilita en la Recomendación relativa a la OMCI de la G-PON.

En la figura 7-2 se muestran los bloques funcionales en los planos C/M. La DBA con informe completo de ONU se especifica en los planos C/M. sin embargo, dado que es opcional, no se muestra en la figura.

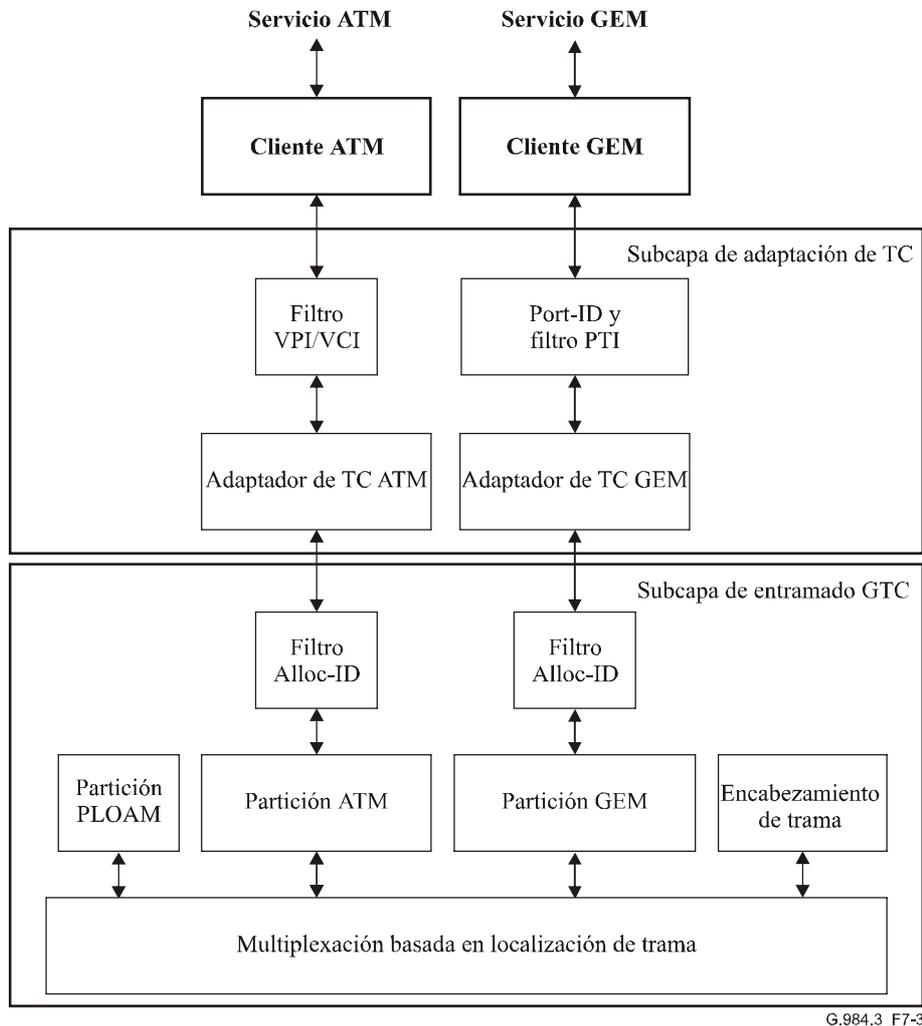


**Figura 7-2/G.984.3 – Bloques funcionales de los planos C/M**

### 7.3 Pila de protocolos en el plano-U

Los flujos de tráfico en el plano-U se identifican por el tipo de tráfico que transportan (modos ATM o GEM) y por su Port-ID o VPI. En la figura 7-3 se indica cómo se realiza la identificación por tipo de tráfico y Port-ID/VPI. El tipo de tráfico viene implícitamente indicado por la partición descendente o por el ID de atribución (Alloc-ID) ascendente que transporta los datos. El Port-ID de 12 bits se utiliza para identificar los flujos en caso de tráfico GEM. El VPI se utiliza para identificar los flujos en caso de tráfico ATM. Además, se utiliza el concepto de T-CONT especificado en la Rec. UIT-T G.983.4. El T-CONT se identifica mediante el Alloc-ID y constituye una unidad de agrupación para flujos de tráfico. La asignación de anchura de banda y el control de la calidad de

servicio (QoS) se realizan en cada T-CONT mediante la atribución de anchura de banda con un control basado en un número variable de intervalos de tiempo. Nótese que los tráficos encapsulados en modo ATM y GEM no pueden corresponderse en un único T-CONT y no pueden tener el mismo Alloc-ID.



G.984.3\_F7-3

**Figura 7-3/G.984.3 – Pila de protocolos del plano-U e identificación mediante partición y Port-ID o VPI**

A continuación se resumen las operaciones para cada tipo de tráfico.

1) *ATM en GTC*

En sentido descendente, las células se transportan en la partición ATM, y llegan a todas las ONU. La subcapa de entramado de la ONU extrae las células, y el adaptador de TC ATM filtra la células en función de su VPI. Solamente pasan a la función cliente ATM las células que tienen los VPI adecuados.

En sentido ascendente, el tráfico ATM se transporta en uno o más T-CONT. Cada T-CONT se asocia con tráfico ATM o GEM, por lo que no existe ambigüedad en la multiplexación. La OLT recibe la transmisión asociada con el T-CONT identificado por el Alloc-ID, enviándose las células al adaptador de TC ATM y, a continuación, al cliente ATM.

2) *GEM en GTC*

En sentido descendente, las tramas GEM se transportan en la partición GEM, y llegan a todas las ONU. La subcapa de entramado de la ONU extrae las tramas, y el adaptador de

TC GEM filtra las células en base a su Port-ID de 12 bits. Solamente pasan a la función cliente GEM las tramas que tienen los Port-ID adecuados.

En el sentido ascendente, el tráfico GEM se transporta en uno o más T-CONT. Cada T-CONT se asocia con tráfico ATM o GEM, por lo que no existe ambigüedad en la multiplexación. La OLT recibe la transmisión asociada con el T-CONT identificado, enviándose las tramas al adaptador de TC GEM y, a continuación, al cliente GEM.

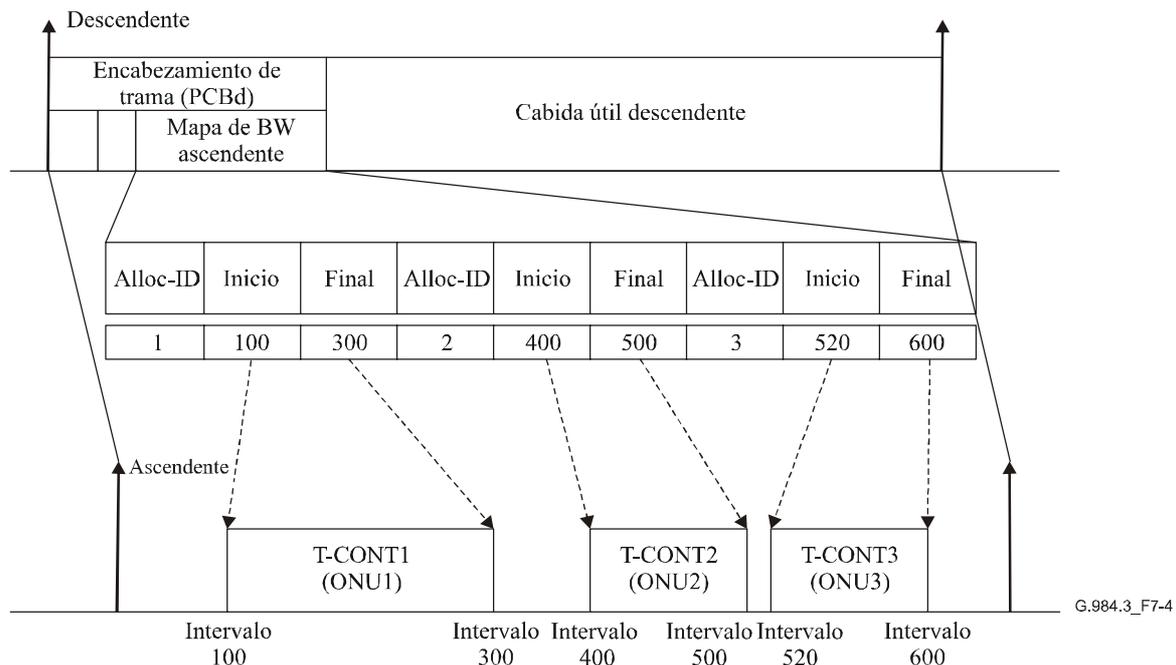
## 7.4 Funciones clave de la convergencia de transmisión de G-PON (GTC)

En esta cláusula se resumen dos funciones importantes del sistema GTC.

### 7.4.1 Flujo de control del acceso al medio

El sistema GTC proporciona el control de acceso al medio para tráfico ascendente. En su concepción básica, las tramas descendentes indican cuales son las posiciones permitidas para tráfico ascendente en las tramas ascendentes sincronizadas con tramas descendentes.

El concepto de control de acceso al medio de este sistema se ilustra en la figura 7-4. La OLT envía punteros en el PCBd, los cuales indican el instante en el que cada ONU puede comenzar y terminar su transmisión ascendente. De esta forma, en un momento dado, sólo una ONU puede acceder al medio, no existiendo contención en el funcionamiento normal. Los punteros se expresan en unidades de bytes, permitiendo a la OLT controlar el medio con una granularidad de anchura de banda estática efectiva de 64 kbit/s. No obstante, los implementadores de OLT pueden optar por fijar los valores de los punteros con una granularidad mayor, y conseguir un control fino de anchura de banda mediante programación dinámica.



**Figura 7-4/G.984.3 – Concepto de control de acceso al medio TC GTC (caso de un T-CONT por ONU)**

Este control de acceso al medio se realiza en cada T-CONT, aunque para clarificar este concepto en la figura 7-4 sólo se muestra el funcionamiento cuando cada ONU sólo tiene un T-CONT. En la cláusula 8 se describen en detalle las operaciones que se llevan a cabo.

## **7.4.2 Registro de la ONU**

El registro de la ONU se realiza mediante el procedimiento de autodetección. Existen dos métodos para el registro de la ONU. En el método A, el número de serie de la ONU se registra en la OLT mediante el sistema de gestión (por ejemplo, el NMS y/o EMS). En el método B, el sistema de gestión no registra en la OLT el número de serie de la ONU. Para más información, véase la cláusula 10.

## **7.5 Funciones de las subcapas en GTC**

### **7.5.1 Visión general de la subcapa de entramado GTC**

La subcapa de entramado GTC tiene las tres funcionalidades siguientes:

1) *Multiplexación y demultiplexación*

Las porciones PLOAM, ATM y GEM se multiplexan en una trama TC descendente de conformidad con la información de límites incluida en el encabezamiento de trama. Cada porción se extrae del flujo ascendente de acuerdo con el indicador del encabezamiento.

2) *Creación y decodificación del encabezamiento*

El encabezamiento de la trama TC se crea y se configura en una trama descendente. Se decodifica el encabezamiento de la trama ascendente. Además, se lleva a cabo OAM integrada.

3) *Función de encaminamiento interno en función del Alloc-ID*

El encaminamiento basado en el Alloc-ID se realiza para los datos hacia/desde los adaptadores de TC de ATM y de GEM.

### **7.5.2 Visión general de la subcapa de adaptación GTC y de la interfaz para entidades superiores**

La subcapa de adaptación proporciona tres adaptadores de TC, a saber, el adaptador de TC ATM, el adaptador de TC GEM y el adaptador OMCI. Los adaptadores de TC ATM y GEM delimitan las PDU ATM y GEM a partir de cada partición en la subcapa de entramado GTC, haciendo corresponder dichas PDU con cada una de las particiones.

Estos adaptadores proporcionan las interfaces siguientes con las entidades de capa superior.

1) *Interfaz ATM*

La subcapa de entramado GTC y el adaptador de TC ATM asociado proporciona una interfaz ATM normalizada según la Rec. UIT-T I.432.1 para servicios ATM. En general, las entidades de capa ATM ordinarias pueden utilizarse como cliente ATM.

2) *Interfaces GEM*

El adaptador de TC GEM puede configurarse para adaptar estas tramas a diversas interfaces de transporte de trama.

Además, estos adaptadores reconocen el canal OMCI de conformidad con un VPI/VCI específico en el caso ATM y con un Port-ID específico en el caso GEM. El adaptador OMCI puede intercambiar datos del canal OMCI para los adaptadores de TC ATM y GEM. El adaptador OMCI acepta datos de dichos adaptadores de TC y los transfiere a la entidad OMCI. Por otro lado, transfiere datos desde la entidad OMCI a dichos adaptadores de TC.

### **7.5.3 Visión general de PLOAM**

La subcapa de entramado GTC proporciona una interfaz para el intercambio de mensajes PLOAM. Los mensajes PLOAM se definen en la cláusula 9.

## 7.6 Flujos de tráfico y calidad de servicio (QoS)

En esta cláusula se describen las relaciones entre la GTC y los flujos de tráfico de usuario, así como las características de QoS en una PON controlada mediante la GTC.

### 7.6.1 Relaciones entre la GTC y los datos de usuario controlados

#### 1) *Servicio ATM*

En general, el sistema GTC tiene en cuenta la gestión del tráfico de los T-CONT, identificándose cada T-CONT mediante un Alloc-ID. Cada T-CONT puede incluir uno o más trayectos virtuales, y cada VP puede incluir uno o más VC. La OLT supervisa la cabida de tráfico en cada T-CONT, y realiza los ajustes necesarios de las atribuciones de anchura de banda para distribuir adecuadamente los recursos de la PON. El sistema GTC no observa ni mantiene las relaciones de QoS de los respectivos VP o VC, ya que son los clientes ATM situados a ambos lados de la PON los que deben hacerlo.

#### 2) *Servicio GEM*

En general, el sistema GTC tiene en cuenta la gestión del tráfico de los T-CONT, identificándose cada T-CONT mediante un Alloc-ID. Cada T-CONT puede incluir uno o más Port-ID de GEM. La OLT supervisa la cabida de tráfico en cada T-CONT, y realiza los ajustes necesarios de las atribuciones de anchura de banda para distribuir adecuadamente los recursos de la PON. El sistema GTC no observa ni mantiene las relaciones de QoS de los respectivos Port-ID, ya que son los clientes GEM situados a ambos lados de la PON los que deben hacerlo.

### 7.6.2 Conceptos para la atribución de recursos

Los recursos se asignan a cada enlace lógico de forma dinámica o estática. En el caso de atribución dinámica de recursos, la OLT investiga el estado de congestión examinando los informes de DBA de la ONU y/o supervisando el tráfico entrante, pudiendo entonces atribuir de forma adecuada los recursos. En resumen, la GTC proporciona la misma funcionalidad que la DBA con informe de estado (SR) y/o sin informe de estado (NSR) especificada en la Rec. UIT-T G.983.4. Existe una correspondencia entre las funcionalidades claves de la especificación de DBA para G-PON y las funcionalidades especificadas en la Rec. UIT-T G.983.4, tal como se muestra en el cuadro 7-1.

**Cuadro 7-1/G.984.3 – Relación entre funcionalidades de la DBA G-PON y de la Rec. UIT-T G.983.4**

	<b>G-PON DBA</b>	<b>B-PON DBA (G.983.4)</b>
Unidad de control	T-CONT	T-CONT
Identificación de T-CONT	Alloc-ID	Código de concesión
Unidad de información	Célula ATM para ATM Bloque de longitud fija (48 bytes por defecto) para GEM	Célula ATM
Mecanismo de información	Los métodos por defecto son el del campo OAM integrado (el DBRu) en modo 0 y los informes de estado tipo de T-CONT. Los informes de DBRu en los modos 1 y 2, y el informe de DBA de la ONU completo son métodos opcionales.	Mini-intervalo
Procedimiento de negociación	G-PON OMCI	PLOAM (G.983.4) y OMCI (G.983.7)

En caso de atribución estática, la OLT asigna anchura de banda de conformidad con los recursos provisionados, tal como se describe en la Rec. UIT-T G.983.1.

### **7.6.3 Garantía de QoS**

Las funcionalidades DBA y la Rec. UIT-T G.983.4 proporcionan varios tipos de calidad de servicio (QoS). La capa TC de G-PON especifica cinco tipos de T-CONT (tipos 1, 2, 3, 4 y 5) con las mismas características que los tipos T-CONT especificados en la Rec. UIT-T G.983.4. El caso de ATM es plenamente compatible con la Rec. UIT-T G.983.4. De acuerdo con los requisitos de QoS, cada tipo de T-CONT puede transportar VCC o VPC conformados por diversos descriptores de tráfico. Los operadores gestionan este esquema de correspondencia.

En caso de GEM, "Célula ATM" se sustituye por "Bloque de longitud fija", tal como se define en 7.7.2. Este caso también es compatible con la Rec. UIT-T G.983.4 excepto por este punto. En el caso de GEM, las conexiones GEM identificadas por el puerto pueden ser conformadas mediante determinados descriptores de tráfico que están en estudio, y pueden también ser transportadas en un tipo de T-CONT.

## **7.7 Especificaciones de la asignación dinámica de la anchura de banda (DBA)**

En esta cláusula se describen especificaciones de la DBA G-PON. La DBA G-PON para ATM es idéntica a la indicada en la Rec. UIT-T G.983.4 excepto en lo relativo a aspectos de gestión, tales como el procedimiento de negociación. La DBA G-PON para GEM también adopta como método por defecto la misma arquitectura que en la Rec. UIT-T G.983.4. Dicho brevemente, incluso cuando en GEM se soportan paquetes de longitud variable, dichos paquetes se normalizan en bloques de datos de longitud fija en las operaciones relativas a la DBA. En resumen, el número de bloques se mapea en el número de células de la Rec. UIT-T G.983.4.

### **7.7.1 Requisitos para la DBA**

La DBA en G-PON debe proporcionar las mismas funcionalidades que las especificadas en la Rec. UIT-T G.983.4 para ATM y GEM. Es decir, las funcionalidades de DBA se realizan en cada T-CONT. Las funcionalidades de la DBA se clasifican en las partes siguientes.

- 1) Detección del estado de congestión por la OLT y/o la ONU.
- 2) Informe del estado de congestión a la OLT.
- 3) Actualización de la anchura de banda asignada por la OLT de conformidad con los parámetros provisionados.
- 4) La OLT genera concesiones de conformidad con la anchura de banda actualizada y los tipos de T-CONT.
- 5) Aspectos relativos a la gestión para las operaciones de DBA.

En relación con los aspectos de QoS, la DBA G-PON debe proporcionar las mismas capacidades de garantía de QoS que la Rec. UIT-T G.983.4, lo que permite disponer de cinco tipos de T-CONT.

### **7.7.2 Tipos de T-CONT y parámetros operacionales**

En la DBA G-PON se especifican cinco tipos de T-CONT (tipos T-CONT 1, 2, 3, 4 y 5). Cada tipo de T-CONT se caracteriza por parámetros operacionales especificados en 8.3.5.10.2.2/G.983.4. Sin embargo, la unidad de los parámetros operacionales se especifica según se indica a continuación.

ATM: el número de células, tal como se especifica en la Rec. UIT-T G.983.4.

GEM: el número de bloques de longitud fija.

En GEM, la longitud del bloque es negociada por la OMCI de G-PON, siendo el valor por defecto 48 bytes.

### 7.7.3 Visión general de las operaciones de asignación dinámica de anchura de banda (DBA)

Existen dos modos de funcionamiento de la DBA: DBA con información de estado (SR-DBA), y DBA sin información de estado (NSR-DBA) en cada T-CONT. Dado que la función de información de DBA es opcional para la ONU, pueden considerarse todas las combinaciones de equipos. Todas las OLT deben soportar sistemas con información de estado y sin información de estado, de forma que todas las ONU dispongan de algún nivel de funcionalidad DBA. Estos modos se especifican por las prestaciones de la ONU, tal como se muestra en el cuadro 7-2, y por la situación del servicio.

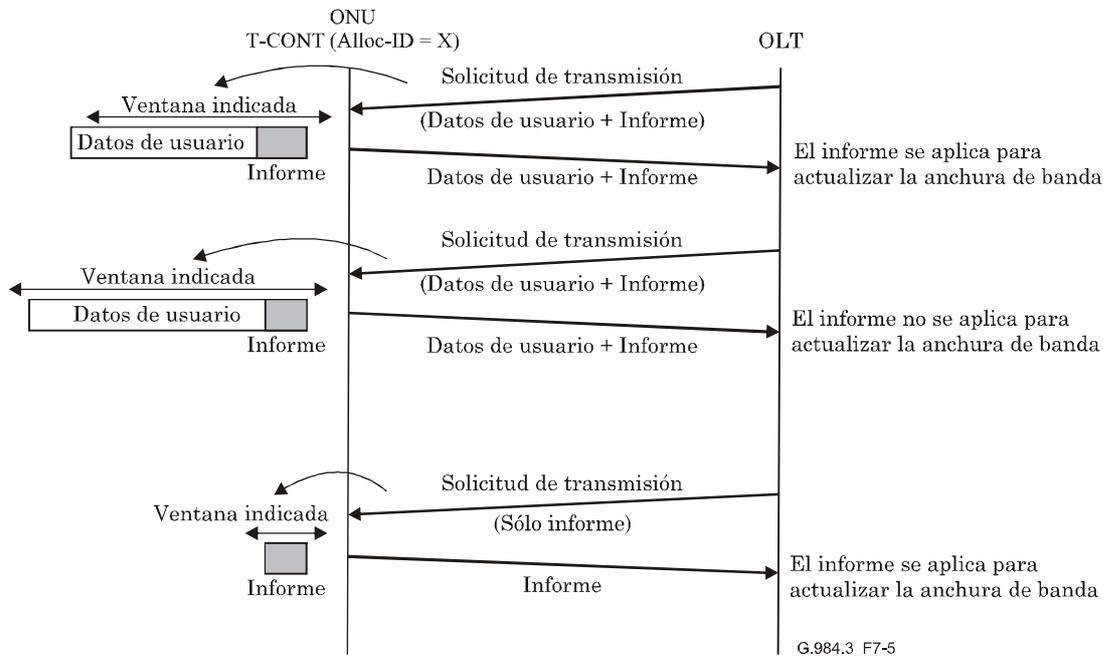
**Cuadro 7-2/G.984.3 – Resumen de los modos de funcionamiento de la DBA**

	SR ONU	NSR ONU
DBA OLT	SR-DBA y/o NSR-DBA	NSR-DBA

El funcionamiento de cada modo se resume a continuación.

1) *DBA con informe de estado (SR-DBA)*

Para informar del estado de congestión del T-CONT, cuando un T-CONT transmite datos en sentido ascendente desde la ONU a la OLT, se utiliza el campo DBA de DBRu, u otro método, a fin de establecer el número de células o de bloques de la memoria intermedia del T-CONT. Si la OLT no permite la transmisión de datos en sentido ascendente a un T-CONT, la OLT sólo puede asignar tiempo para DBRu o utilizar otro método. No obstante, incluso si la OLT recibe el informe, no siempre lo aplica para actualizar la anchura de banda. Por otro lado, si por cualquier motivo un T-CONT no puede informar del número de células o bloques almacenados en su memoria intermedia, responde a la OLT con un código no válido en el campo DBA. En la figura 7-5 se resumen dichas operaciones. En este modo, la transmisión del campo DBA es obligatorio si la OLT lo requiere, ya que si el campo DBA no existe, no puede reconocerse el formato de los datos en sentido ascendente.



**Figura 7-5/G.984.3 – Resumen del funcionamiento de SR-DBA**

2) *DBA sin informe de estado (NSR-DBA)*

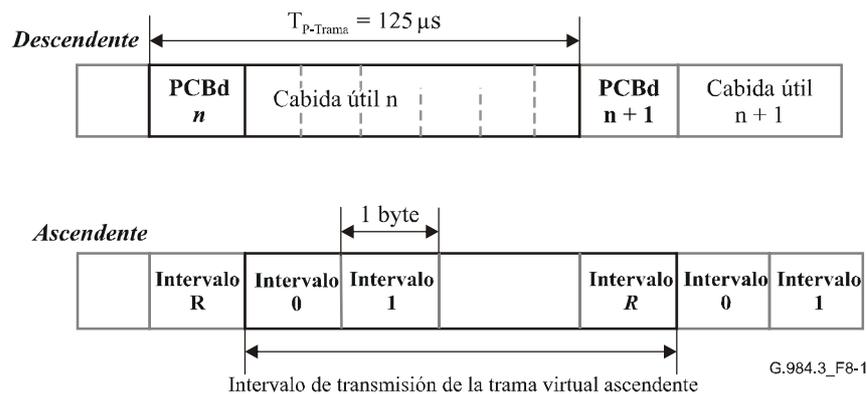
La OLT reconoce el estado de congestión de cada T-CONT supervisando los flujos de tráfico entrantes. En este modo, nunca se envía el campo DBA en DBRu, ya que la OLT no debería solicitarlo. En el caso excepcional de que la OLT solicite la DBRu, la ONU debe enviarla, aunque la OLT ignore su contenido.

**7.7.4 Aspectos de gestión**

Para el funcionamiento de la DBA, las funcionalidades de gestión deben proveer o negociar determinados parámetros. Mediante dichos medios, la OLT y la ONU acuerdan el modo de funcionamiento DBA, y responden correctamente a las solicitudes que se realizan mutuamente. La OMCI G-PON debe proveer o negociar todos los parámetros de la DBA.

**8 Trama de convergencia de transmisión (TC) GTC**

La figura 8-1 muestra la estructura de trama de TC GTC en los sentidos descendente y ascendente. La trama descendente consta de bloque de control físico descendente (PCBd), partición ATM y partición GEM. La trama ascendente consta de múltiples ráfagas de transmisión. Cada ráfaga ascendente contiene como mínimo la tara de la capa física (PLOu, *physical layer overhead*). Además de la cabida útil, también puede contener las secciones PLOAMu, PLSu, y DBRu. La trama descendente proporciona la referencia de tiempo común para la PON, y proporciona la señalización de control común para el sentido ascendente.

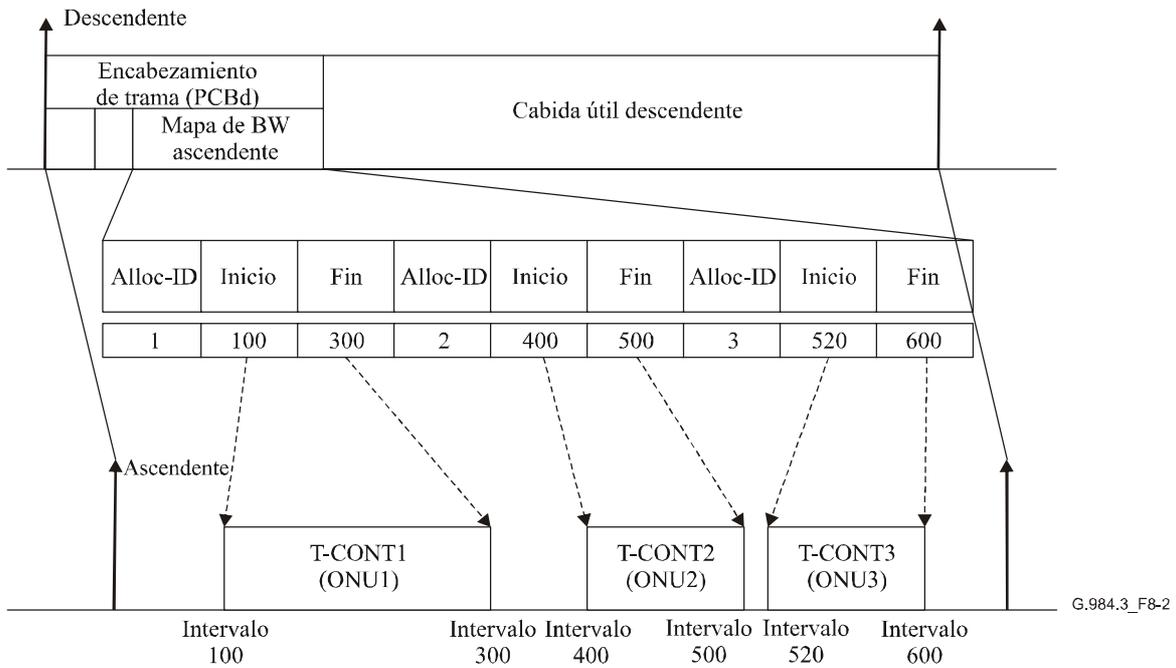


**Figura 8-1/G.984.3 – Estructura de la trama de convergencia de transmisión (TC) GTC**

En la figura 8-2 se ilustra el concepto de control de acceso al medio aplicable a este sistema.

NOTA – La disposición de los campos de la figura 8-2 se ha simplificado en aras de una mayor claridad. Para una descripción completa de los campos y de sus funciones véanse las figuras siguientes.

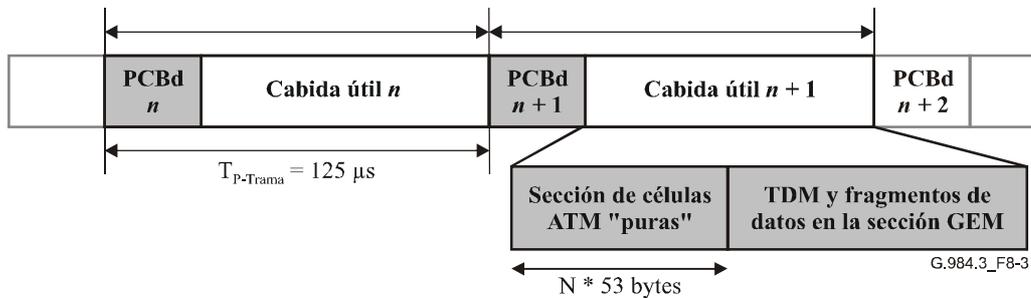
La OLT envía punteros en el PCBd que indican el momento en que cada ONU puede iniciar y terminar sus transmisiones en sentido ascendente. De esta forma, en un momento dado sólo una ONU accede al medio, no produciéndose contención en un funcionamiento normal. Las unidades de los punteros son bytes, lo cual permite que la OLT controle el medio con una granularidad de anchura de banda estática de 64 kbit/s. No obstante, algunas implementaciones de OLT pueden optar por fijar los punteros y el tamaño de los intervalos de tiempo con una granularidad mayor, consiguiendo un control de anchura de banda fino con una programación dinámica. Nótese que si bien la figura 8.2 muestra el caso en el que los punteros se transmiten en un orden ascendente ello no constituye un requisito del protocolo.



**Figura 8-2/G.984.3 – Concepto de control de acceso al medio de TC GTC**

### 8.1 Estructura de trama descendente

En la figura 8.3 se muestra la estructura de trama descendente. La trama es de 125  $\mu$ s tanto para las velocidades binarias descendentes de 1,24416 Gbit/s como de 2,48832 Gbit/s. Por tanto, la trama tiene una longitud de 19 440 bytes en el sistema de 1,24416 Gbit/s, y de 38 880 bytes en un sistema de 2,48832 Gbit/s. La gama de valores de longitud de la PCBd es la misma para ambas velocidades, y es función del número de estructuras de atribución por cada trama.



**Figura 8-3/G.984.3 – Trama descendente de TC GTC**

#### 8.1.1 Orden de bits y bytes

A lo largo de esta Recomendación se utiliza el convenio de que para todos los campos siempre se transmite en primer lugar el bit más significativo. Por ejemplo, el número 0xF0 indica una secuencia que comienza por uno y termina por cero.

#### 8.1.2 Aleatorización de la trama

La trama descendente se aleatoriza utilizando un polinomio de aleatorización con sincronismo de trama. El polinomio utilizado es  $x^7 + x^6 + 1$ . Dicho patrón de datos se suma módulo dos a los datos descendentes. Los bits del registro de desplazamiento utilizado para calcular este polinomio se ponen todos a uno cuando se recibe el primer bit después del campo Psync del PCBd, continuando su funcionamiento hasta el último bit de la trama descendente.

### 8.1.3 Bloque de control físico descendente (PCBd, *physical control block downstream*)

En la figura 8-4 se muestra un diagrama del PCBd. El PCBd contiene varios campos, cada uno de los cuales se describe a continuación. La OLT realiza una transmisión en difusión del PCBd, de forma que cada ONU recibe el PCBd completo. Las ONU actúan consecuentemente con la información relevante de dicho campo.

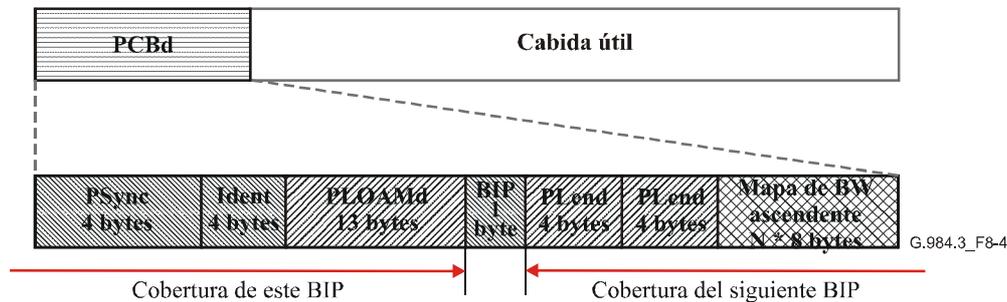


Figura 8-4/G.984.3 – Bloque de control físico descendente (PCBd) de TC de GTC

#### 8.1.3.1 Campo sincronización física (Psync, *physical synchronization*)

El campo sincronización física es un patrón fijo de 32 bits con el que comienza cada PCBd. La lógica de la ONU utiliza este patrón para identificar el comienzo de la trama. La codificación del campo Psync es 0xB6AB31E0. Nótese que el campo Psync no está aleatorizado.

La ONU implementa la máquina de estado de sincronización que se muestra en la figura 8-5. La ONU comienza en un estado de captura y busca el patrón Psync en todas las alineaciones posibles (de bit y de byte) mientras permanece en el estado de captura. Una vez que identifica un patrón Psync correcto, la ONU cambia al estado pre-sync (presincronismo) y arranca un contador, N, que toma el valor 1. La ONU busca otro patrón Psync que siga al anterior transcurridos 125  $\mu$ s. Con cada campo Psync correcto identificado, el contador se aumenta en uno. Si se detecta un campo Psync incorrecto, la ONU vuelve al estado de captura. Si estando en el estado pre-sync, el contador alcanza el valor  $M_1$ , la ONU pasa el estado sync (sincronismo). Una vez que la ONU alcanza el estado sync, declara que ha encontrado la estructura de trama descendente, y comienza el procesamiento de la información del PCBd. Si la ONU detecta  $M_2$  campos Psync incorrectos consecutivos, puede declarar que ha perdido la alineación de trama descendente y retorna al estado de captura.

El valor recomendado de  $M_1$  es 2. El valor recomendado  $M_2$  es 5.

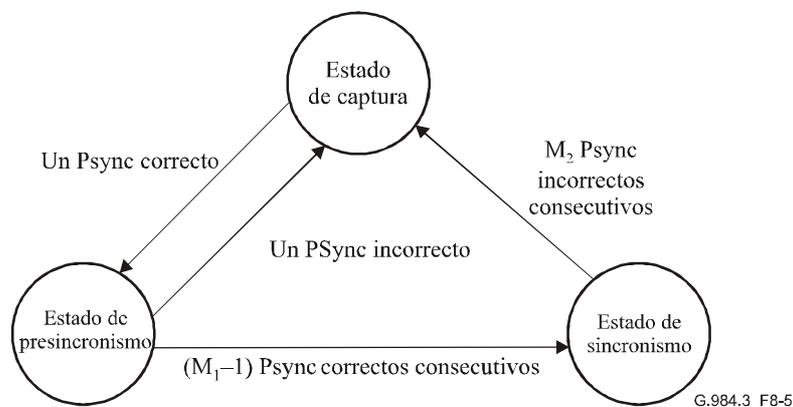


Figura 8-5/G.984.3 – Máquina de estados de sincronización de ONU descendente GTC TC

### 8.1.3.2 Campo Ident

El campo Ident de 4 bytes sirve para identificar estructuras de trama de mayor tamaño. Este contador de supertramas es utilizado por el sistema de criptación de datos de usuario y también puede ser utilizado para proporcionar señales de referencia síncronas de menor velocidad binaria. Los 30 bits menos significativos del campo Ident contienen un contador, y el valor de Ident de cada trama es superior en uno al anterior. Cuando el contador alcanza su valor máximo, se pone a cero en la trama siguiente.

Para permitir una cierta tolerancia frente a errores, la ONU debe implementar un contador de supertrama local y una máquina de estados de sincronización de supertrama. Esta máquina de estados es idéntica a la máquina de estados de sincronización descrita anteriormente. Cuando se encuentra en el estado de captura, la ONU carga el valor del contador de supertrama recibido en el campo Ident en su contador local. Cuando se encuentra en los estados Pre-sync y sync, la ONU compara su valor local con el valor de contador recibido. La concordancia significa una correcta sincronización, mientras que la discordancia indica un error de transmisión o una pérdida de sincronización.

El bit más significativo del campo Ident se utiliza para indicar si se utiliza FEC en sentido descendente. Existen otros bits del campo Ident que están reservados. En la figura 8-6 se muestra el campo Ident.

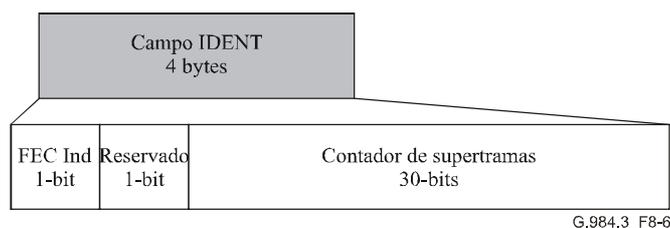


Figura 8-6/G.984.3 – Campo IDENT

### 8.1.3.3 Campo PLOAMd

El campo PLOAM descendente tiene 13 bytes y contiene el mensaje PLOAM. El formato de estos mensajes se describe en la cláusula 9.

### 8.1.3.4 Campo BIP

El campo BIP tiene 8 bits y contiene la paridad de entrelazado de bits (BIP, *bit interleaved parity*) de todos los bytes transmitidos desde el último BIP. El receptor calcula la paridad de entrelazado de bits y compara el resultado con el BIP transmitido a fin de medir el número de errores en el enlace.

### 8.1.3.5 Campo Plend

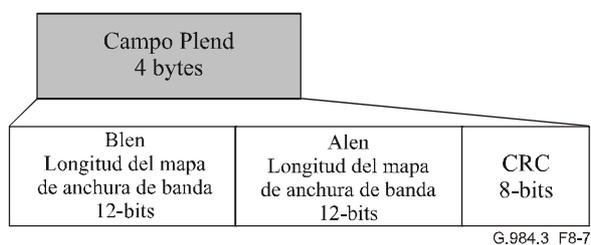
El campo longitud de la cabida útil descendente (Plend, *payload length downstream*) especifica la longitud del mapa de anchura de banda y la partición ATM. Se envía dos veces para conseguir robustez frente a errores, indicándose a continuación el procedimiento utilizado para asegurar dicha robustez.

La longitud del mapa de anchura de banda (Blen, *bandwidth length*) está incluido en los primeros 12 bits. Ello limita a 4095 el número de los ID de atribución (Alloc-ID) que pueden concederse durante un intervalo de tiempo de 125  $\mu$ s. La longitud real del mapa de anchura de banda (BW-MAP) medido en bytes es 8 veces el valor de Blen.

La longitud de la partición ATM (*Alen*, *ATM length*) viene dada por los 12 bits siguientes del campo Plend. Ello permite que existan hasta 4095 células ATM en una trama, lo cual es suficiente para velocidades de hasta 10 Gbit/s. La longitud de la partición ATM en bytes es, por tanto, 53 veces el valor de *Alen*.

Los últimos 8 bits del campo Plend consisten en un CRC-8, con el mismo polinomio que en la Rec. UIT-T I.432.1 ( $g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$ ). Sin embargo, a diferencia de la Rec. UIT-T I.432.1, no se realiza la operación OR exclusivo del CRC con 0x55. El receptor del campo Plend implementa las funciones de detección y corrección de errores del CRC-8. El receptor intenta decodificar las dos copias del campo Plend enviadas, y en función del resultado del proceso de detección CRC-8, utiliza el campo Plend de mayor calidad. A tal fin, la clasificación de la calidad, de superior e inferior, es la siguiente: 'libre de errores', 'con capacidad para corregir un error, y 'sin capacidad para corregir un error'. Si los dos campos Plend son incorregibles, o son de la misma calidad pero con diferentes valores, el receptor no puede realizar el análisis sintáctico de la trama, ya que lo más probable es que haya una combinación indetectable de errores. Con la transmisión dual, el número mínimo de errores que ocasionaría tal circunstancia es de cuatro bits.

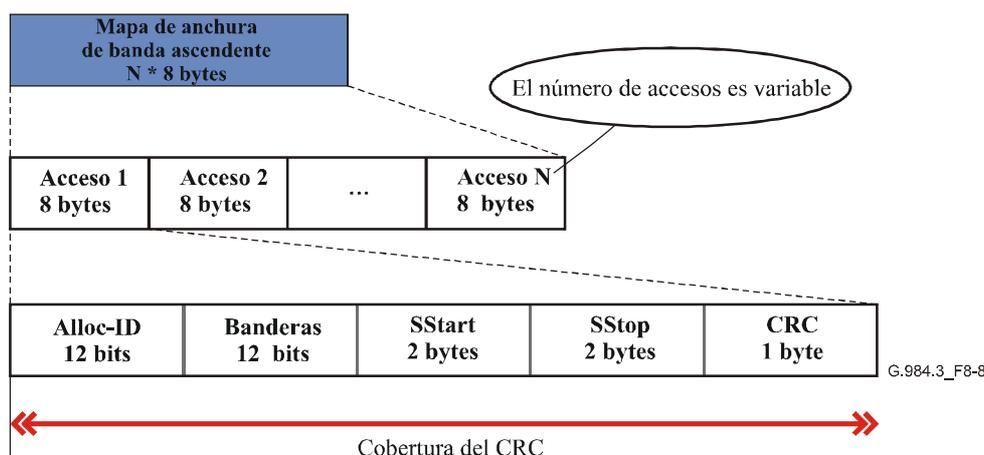
La figura 8-7 describe el campo Plend.



**Figura 8-7/G.984.3 – Campo Plend (longitud de la cabida útil descendente)**

### 8.1.3.6 Campos BWmap

El mapa de anchura de banda (*BWmap*, *bandwidth map*) es una matriz escalar de estructuras de atribución de 8 bytes. Cada entrada a dicha matriz representa una única atribución de anchura de banda a un T-CONT en concreto. El número de entradas del mapa viene dado por el campo Plend. El formato de cada entrada se indica a continuación, y se representa en la figura 8-8.



**Figura 8-8/G.984.3 – Estructura de atribución del mapa de anchura de banda GTC**

### 8.1.3.6.1 Campo ID de atribución

El campo ID de atribución (Alloc-ID) contiene un número de 12 bits que identifica el T-CONT específico al que se concede tiempo en sentido ascendente de la PON. En general, este campo de doce bits no está estructurado, pero se aplican algunas normas básicas. En primer lugar, los 254 valores inferiores del ID de atribución se utilizan para direccionar la ONU directamente. Durante el procedimiento de determinación de distancia, el primer Alloc-ID que se asigna a la ONU debe pertenecer a este rango. Si se necesitasen valores adicionales de Alloc-ID para dicha ONU, deben utilizarse valores superiores a 255. Asimismo, el valor Alloc-ID = 254 es el ID de activación de la ONU, que se utiliza para las ONU hasta entonces desconocidas, y el valor Alloc-ID = 255 es un valor de Alloc-ID que no se asigna. Se utiliza para indicar que ningún T-CONT puede utilizar la estructura de atribución asociada.

### 8.1.3.6.2 Campo banderas

El campo de banderas tiene 12 bits y contiene 4 indicaciones diferentes sobre como debe utilizarse la atribución. El significado de dichas indicaciones es el siguiente:

- Bit 11 (MSB): Envío de PLSu (secuencia de nivelación de potencia): Si este bit está puesto a uno, la ONU transmite su información de PLSu durante esta atribución. Si no lo está, la ONU no enviará la información de PLSu en la misma.
- Bit 10: Envío de PLOAMu: Si este bit está puesto a uno, la ONU transmite su información de PLOAMu durante esta atribución. Si no lo está, la ONU no transmite la información de PLOAMu en la misma.
- Bit 9: Utilización de FEC: Si este bit está puesto a uno, la ONU calcula e inserta la paridad FEC durante esta atribución. Nótese que debe ser el mismo durante toda la vida del ID de atribución, y es solamente una confirmación dentro de banda de datos previamente conocidos.
- Bits 8 y 7: Envío de DBRu (modo): En función del contenido de estos dos bits, la ONU transmite o no el DBRu correspondiente al ID de atribución. Los puntos de código definidos son los siguientes:
  - 00: No enviar ninguna DBRu.
  - 01: Enviar DBRu en 'modo 0' (dos bytes).
  - 10: Envía DBRu en 'modo 1' (tres bytes).
  - 11: Envía DBRu en 'modo 2' (cinco bytes).

La descripción de la sintaxis de los diferentes DBRu se presenta en 8.4. Nótese que la ONU debe responder con el número requerido de bytes, con independencia del modo que realmente soporta.

Bits 6-0: Reservados para utilización futura.

### 8.1.3.6.3 Campo hora de inicio

El campo hora de inicio (*StartTime*) contiene un número de 16 bits que indica el momento en el que se inicia la atribución. Este tiempo se mide en bytes, comenzando por cero al inicio de la trama ascendente. Con ello se limita el tamaño de la trama ascendente a 65 536 bytes, cantidad suficiente para velocidades binarias ascendentes de hasta 2,488 Gbit/s.

La hora de inicio señala el comienzo de la transmisión de datos válidos y no incluye el tiempo de tara de la capa física. Ello permite que el significado del puntero sea el mismo con independencia de su posición en una ráfaga de atribuciones para la misma ONU. El tiempo de tara de la capa física se define incluyendo el tiempo necesario para las tolerancias (tiempo de guarda), recuperación del receptor, recuperación del nivel de señal, recuperación de temporización, delimitador y los campos PLOu, tal como se define en 8.2.2. En la Rec. UIT-T G.984.2 se incluyen los valores recomendados para los tiempos de la capa física que varían en función de la velocidad binaria ascendente. La OLT

y la ONU deben estar ambas diseñadas para incluir el tiempo de la tara de la capa física. Es responsabilidad de la OLT disponer de una mapa de anchura de banda que permita contabilizar adecuadamente el tiempo de tara de la capa física.

#### **8.1.3.6.4 Campo hora de parada**

El campo instante de parada (*StopTime*) contiene un número de 16 bits que indica el momento en que se detiene la atribución. Este tiempo se mide en bytes, comenzando por cero al inicio de la trama ascendente. El instante de parada señala el último byte de datos válido asociado a esta atribución.

#### **8.1.3.6.5 Campo CRC**

La estructura de atribución está protegida mediante un CRC-8, que utiliza el mismo polinomio que el indicado en la Rec. UIT-T I.432.1 ( $g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$ ). No obstante, a diferencia de la Rec. UIT-T I.432.1, no se realiza un OR exclusivo del CRC con 0x55. El receptor del campo Bwmap implementa las funciones de detección y corrección de errores del CRC-8. Si el CRC-8 indica que se ha producido un error no corregible, se descarta la estructura de atribución.

### **8.1.4 Campos de cabida útil de TC**

Inmediatamente después del último dato del mapa de anchura de banda se encuentran las particiones de GTC. Tal como se describe a continuación, existen dos particiones.

#### **8.1.4.1 Partición ATM**

La partición ATM contiene un número de células ATM de 53 bytes. La longitud de esta partición (en células) viene dado por el campo Plend/Alen. Por tanto, el campo siempre tiene una longitud que es un entero múltiplo de 53 bytes, y las células siempre están alineadas con la partición. Por consiguiente, la delimitación de las células es trivial, y se confirma asegurando que el byte HEC verifica el resto del encabezamiento de la célula.

El flujo de células descendente se filtra en la ONU en función del VPI contenido en cada célula. Las ONT se configuran para poder reconocer los VPI que les pertenecen y las células que pertenecen a la ONU se transfieren al proceso cliente ATM.

#### **8.1.4.2 Partición GEM**

La partición GEM contiene cualquier número de tramas GEM delimitadas en modo trama. La longitud de la partición GEM es lo que queda después de haber sustraído las particiones PCBd y ATM de la longitud de trama completa. En 8.3 se describe el funcionamiento de la delimitación de trama en GEM.

El flujo de tramas descendente se filtra en la ONU sobre la base del valor del campo Port-ID de 12 bits de cada fragmento de trama. Las ONT se configuran para reconocer los Port-ID que les pertenecen, transfiriéndose al proceso cliente GEM las tramas que pertenecen a la ONU.

## **8.2 Estructura de trama ascendente**

En la figura 8-9 se muestra un diagrama de la estructura de trama ascendente. La longitud de la trama es la misma que en sentido descendente para todas las velocidades binarias. Cada trama contiene un conjunto de transmisiones procedentes de una o varias ONU. El BWmap determina la configuración adoptada para dichas transmisiones. De acuerdo con el control ejercido por la OLT, durante cada periodo de atribución la ONU puede transmitir uno de los cuatro tipos de taras de PON y datos de usuario. Los cuatro tipos de tara son los siguientes:

- 1) Tara de capa física ascendente (PLOu, *physical layer overhead*).
- 2) Operaciones de gestión y administración de capa física ascendente (PLOAMu, *physical layer operations, administration and management upstream*).

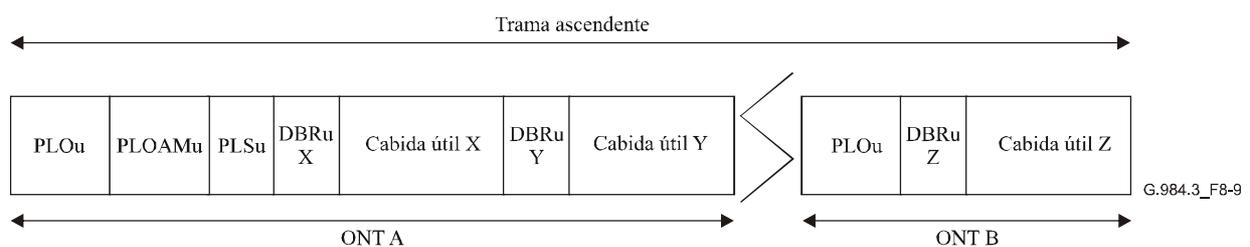
- 3) Secuencia de nivelación de potencia ascendente (PLSu, *power levelling sequence upstream*).
- 4) Informe de anchura de banda dinámica ascendente (DBRu, *dynamic bandwidth report upstream*).

En la figura 8-10 se muestra en detalle el contenido de dichas taras.

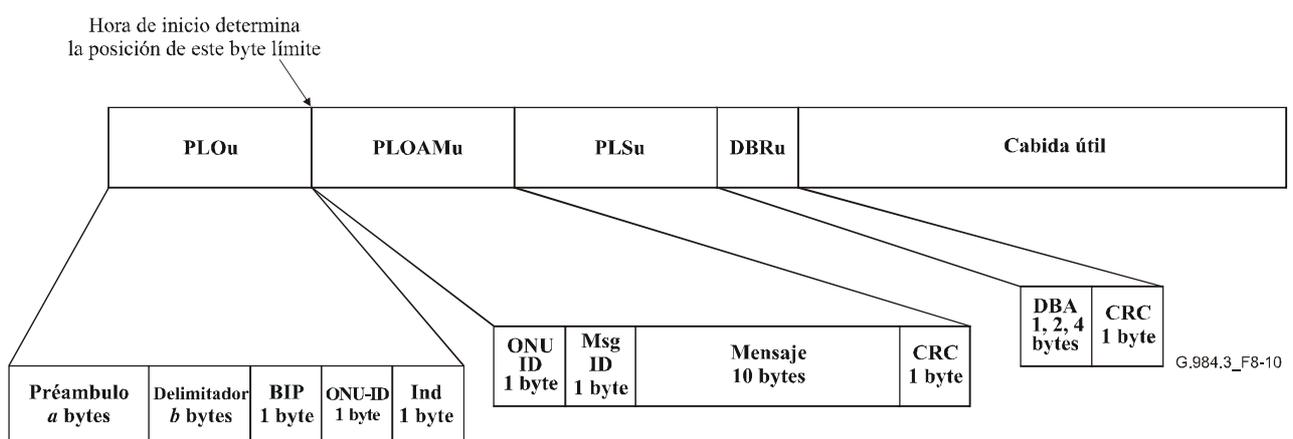
La OLT indica mediante el campo banderas del BWmap si en una atribución debe transmitirse la información de PLOAMu, PLSu, o DBRu. El mecanismo de programación de la OLT debe tener en cuenta las necesidades de anchura de banda y latencia de dichos canales auxiliares para fijar su frecuencia de transmisión.

El estado de la información PLOu está implícito en la configuración de las propias atribuciones. La regla es que cada vez que una ONU toma el medio de la PON en lugar de otra ONU, debe transmitir una nueva copia de los datos PLOu. Si la ONU recibe dos ID de atribución contiguos (la hora de parada de una atribución tiene un valor inferior en 1 a la hora de inicio de la siguiente), la ONU suprime la transmisión de los datos PLOu de la segunda atribución. Esta supresión tiene lugar para todos los ID de atribución contiguos que la ONU reciba de la OLT. Obsérvese que el requisito necesario para realizar atribuciones contiguas no permite que la OLT deje espacios entre las transmisiones de una misma ONU. Las atribuciones deben ser exactamente contiguas, o deben programarse como si procedieran de dos ONU diferentes.

Después de la transmisión de dichas taras, se transmiten los datos de la cabida útil de usuario existentes hasta la posición indicada por el puntero hora de parada.



**Figura 8-9/G.984.3 – Trama ascendente GTC**



**Figura 8-10/G.984.3 – Descripción detallada de las taras ascendentes GTC**

## 8.2.1 Aleatorización de la trama

La trama ascendente se aleatoriza mediante un polinomio de aleatorización sincronizado con la trama. El polinomio utilizado es  $x^7 + x^6 + 1$ . Este patrón se suma en módulo dos a los datos ascendentes. El registro de desplazamiento utilizado para el cálculo de este polinomio se reinicializa a todos unos cuando se recibe el primer bit después del campo delimitador de la PLOu de la primera atribución ascendente, y se sigue ejecutando hasta el último bit de la transmisión. Si la ONU transmite varias atribuciones contiguas, el aleatorizador ascendente no debe reiniciarse en ninguno de los límites internos.

## 8.2.2 Tara de la capa física ascendente (PLOu)

Los datos de la PLOu incluyen la tara de la capa física (preámbulo y delimitador), y tres campos de datos relativos a la ONU en su conjunto. Estos datos se transmiten al comienzo de cualquier transmisión de ráfaga de una ONU. Nótese que para mantener la conectividad con la ONU, la OLT debe intentar atribuir una transmisión ascendente a cada ONU con un intervalo mínimo entre ellas. La duración de dicho intervalo está determinado por parámetros de servicio de la ONU.

La capa GTC alimenta la PLOu. El preámbulo y el delimitador se forman tal como determina la OLT en el mensaje tara ascendente (*upstream\_overhead*). Nótese que estos bytes se transmiten en el instante inmediatamente anterior al byte que ha sido identificado por el puntero hora de inicio (*StartTime*).

### 8.2.2.1 Campo BIP

El campo BIP tiene 8 bits y contiene la paridad de entrelazado de todos los bytes transmitidos desde el último BIP de la ONU en cuestión, excluidos los bytes de preámbulo y delimitador. El receptor de la OLT calcula la paridad de entrelazado de bits de cada ráfaga de la ONU, y compara su resultado con el campo BIP recibido a fin de medir el número de errores del enlace.

### 8.2.2.2 Campo ONU-ID

El campo ONU-ID tiene 8 bits y contiene el ONU-ID específico de la ONU que está transmitiendo. El ONU-ID se asigna a la ONU durante el proceso de determinación de distancia. Antes de asignar el ONU-ID, la ONU pone en este campo el valor de ONU-ID no asignado (255). La OLT puede verificar este campo comparándolo con los registros de atribución de que dispone a fin de confirmar que en cada instante está transmitiendo la ONU correcta.

### 8.2.2.3 Campo Ind (Indicación)

El campo indicación proporciona a la OLT información de estado de la ONU en tiempo real. El formato del campo Ind es el que se indica a continuación.

Posición del bit	Función
7 (MSB)	PLOAMu urgente en espera (1= PLOAM en espera, 0 = no existe PLOAMs en espera)
6	Estado de FEC (1 = FEC ACTIVADO, 0 = FEC DESACTIVADO)
5	Estado de RDI (1 = Defectuoso, 0 = OK)
4	Tráfico en espera en las T-CONT de tipo 2
3	Tráfico en espera en las T-CONT de tipo 3
2	Tráfico en espera en las T-CONT de tipo 4
1	Tráfico en espera en las T-CONT de tipo 5
0 (LSB)	Reservado

Nótese que cuando la ONU ha indicado que una PLOAM urgente está en espera, la OLT debe transmitir una atribución ascendente que permita que la ONU transmita dicho mensaje PLOAM en el instante adecuado. El tiempo de respuesta debe ser inferior a 5 ms en funcionamiento normal.

Obsérvese asimismo que la ONU confirma el bit de PLOAMu en espera siempre que exista una o más células PLOAM en espera. El algoritmo de programación de la OLT debe tener en cuenta este hecho a la hora de determinar el momento en que debe transmitir las atribuciones PLOAMu.

La definición de las indicaciones de 'tráfico en espera' se dan en 8.4.

### **8.2.3 PLOAM ascendente (PLOAMu)**

El campo PLOAMu tiene 13 bytes y contiene el mensaje PLOAM tal como se define en la cláusula 9. Este campo se transmite cuando lo indique el campo banderas de la estructura de atribución.

### **8.2.4 Secuencia de nivelación de potencia ascendente (PLSu)**

El campo PLSu tiene 120 bytes y se utiliza para que la ONU realice medidas de control de potencia. Esta función sirve para ajustar los niveles de potencia de la ONU a fin de reducir el margen dinámico óptico recibido en la OLT. El contenido de este campo se fija localmente en la ONU, en función de su propio diseño. Este campo se transmite cuando lo indique el campo banderas de la estructura de atribución.

El mecanismo de control de potencia es útil en dos situaciones. Para determinar la potencia inicial y para modificar el modo de potencia del transmisor de la ONU. La primera sólo ocurre durante los procedimientos de activación de la ONU, mientras que la segunda tiene lugar durante el funcionamiento y durante la activación. Por lo tanto, el PLSu puede solicitarse en cualquier momento.

En numerosas ocasiones durante el proceso de activación, la OLT puede fijar el bit PLSu para la difusión de atribuciones destinadas a que las ONU configuren sus transmisores. Si la ONU no necesita utilizar el campo PLSu, en esos periodos desactiva su transmisor. Con ello se reducen las posibilidades de colisión.

En el caso de transmisión de PLSu durante el funcionamiento normal, la ONU debe, en general, transmitir según indique el campo PLSu. Por lo tanto, durante el funcionamiento normal la ONU debe transmitir el campo PLSu siempre que ello sea requerido, con independencia de la necesidad de realizar un ajuste del transmisor.

### **8.2.5 Informe de anchura de banda dinámica ascendente (DBRu)**

La estructura de DBRu contiene información vinculada con la entidad T-CONT, no con la ONU. Este campo se transmite cuando lo indique el campo banderas de la estructura de atribución.

#### **8.2.5.1 Campo asignación dinámica de anchura de banda (DBA)**

El campo DBA contiene el estado del tráfico de la T-CONT en cuestión. A tal fin se reserva un campo de 8, 16, ó 32 bits. La codificación de los requisitos de anchura de banda de este campo (es decir, la correspondencia entre células/tramas en espera y números) se describe en 8.4. Obsérvese que la ONU debe transmitir el campo DBA con la longitud adecuada, aunque no se soporte el modo DBA, a fin de mantener la alineación de los elementos de la estructura.

#### **8.2.5.2 Campo CRC**

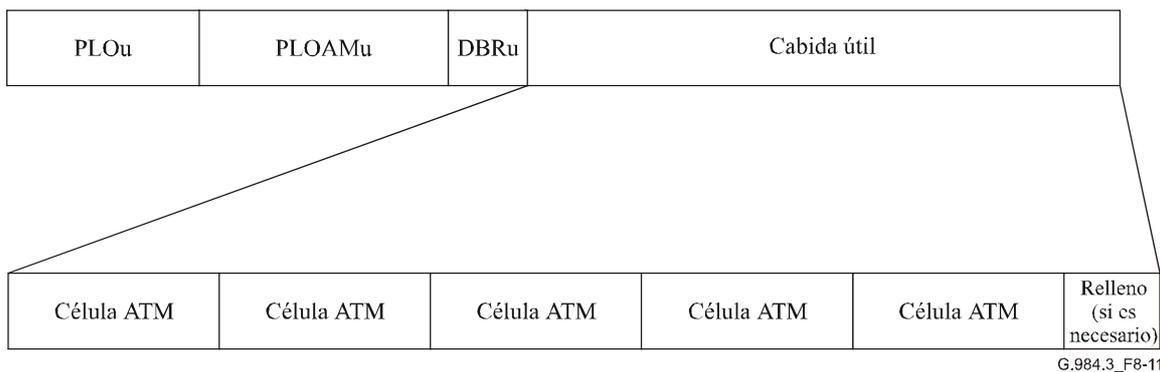
La estructura DBRu se protege utilizando un CRC-8, con el mismo polinomio que el indicado en la Rec. UIT-T I.432.1 ( $g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$ ). Sin embargo, a diferencia de la Rec. UIT-T I.432.1, no se realiza el OR exclusivo de la misma con 0x55. El receptor del campo DBRu implementa las funciones de detección y corrección de errores de CRC-8. Si el CRC-8 detecta la presencia de un error no corregible, se descarta la información de la DBRu.

## 8.2.6 Sección de cabida útil ascendente

Inmediatamente después del último campo de tara ascendente se encuentra la cabida útil ascendente GTC, que puede utilizarse para transportar células ATM, tramas GEM alineadas, o informes de DBA.

### 8.2.6.1 Cabida útil ATM ascendente

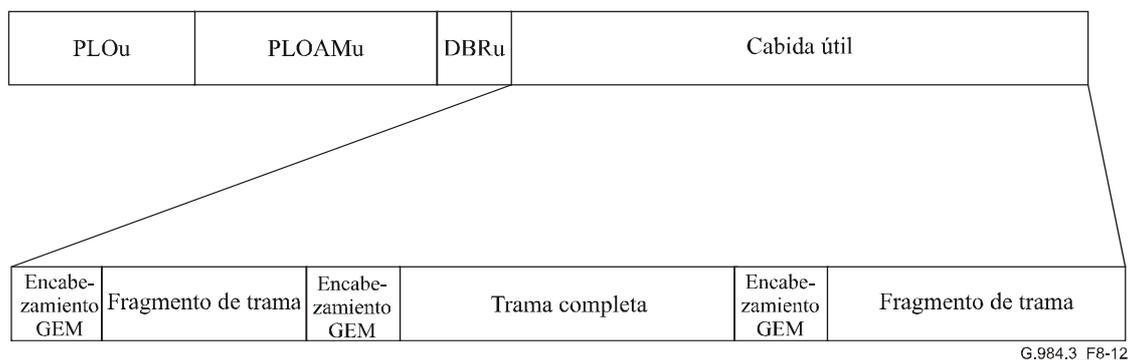
La cabida útil ascendente ATM contiene células ATM de 53 bytes. La longitud de esta cabida útil viene dada por la duración de la atribución menos el tamaño de las taras necesarias. La OLT debe intentar que los punteros se sitúen de tal forma que la cabida útil ATM sea siempre un entero múltiplo de 53 bytes. Si la cabida útil no contiene un número entero de células, la parte fraccional última está formada por bytes de relleno. En todo caso, las células están siempre alineadas con el inicio de la cabida útil (véase la figura 8-11).



**Figura 8-11/G.984.3 – Células ATM en sentido ascendente**

### 8.2.6.2 Cabida útil GEM ascendente

La cabida útil GEM contiene cualquier número de tramas en modo trama GEM alineadas (figura 8-12). La longitud de esta cabida útil viene dada por la duración de la atribución menos el tamaño de las taras necesarias. La OLT debe mantener varios ejemplares de la máquina de estado de alineación GEM, y almacenar temporalmente las tramas fragmentadas hasta que se completen. El funcionamiento de la alineación de trama en GEM se describe en la 8.3.

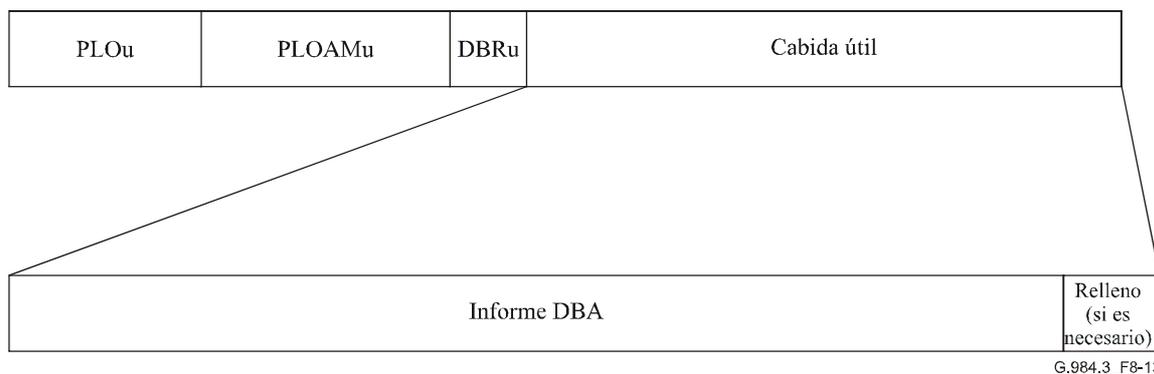


**Figura 8-12/G.984.3 – Tramas GEM en sentido ascendente**

### 8.2.6.3 Cabida útil DBA ascendente

La cabida útil DBA contiene un conjunto de informes de atribución dinámica de anchura de banda de la ONU en cuestión (figura 8-13). El primer informe DBA siempre está alineado de tal forma que su primer byte se encuentra al comienzo de la atribución. Todos los informes son contiguos. Si la longitud de la atribución no concuerda con la longitud total del informe, la ONU trunca el final

del último informe, o añade relleno de todos cero al final del último informe para compensar. La configuración, formato y utilización de estos informes se describe en 8.4. Obsérvese que la ONU debe responder a la atribución de cabida útil con DBA, aunque no se soporte el modo de DBA, a fin de mantener la alineación.



**Figura 8-13/G.984.3 – Informe DBA en sentido ascendente**

### 8.3 Correspondencia del tráfico en las cabidas útiles GTC

En la cabida útil GTC pueden transportarse diversos tipos de datos de usuario. Los protocolos portadores primarios son ATM y GEM. En cada uno de dichos protocolos portadores pueden transportarse varios servicios de usuario.

#### 8.3.1 Correspondencia de células ATM en la cabida útil GTC

El tráfico ATM se transporta en el protocolo GTC de forma transparente. En sentido descendente, las células se transmiten desde la OLT a las ONU utilizando la partición de cabida útil ATM. La OLT puede atribuir en sentido descendente el tiempo que sea necesario para que todas las células se incluyan en la trama descendente. La subcapa de entramado ONU filtra las células entrantes en función del VPI, y entrega las células pertinentes al cliente ATM de la ONU.

En el sentido ascendente, las células se transmiten desde la ONU a la OLT utilizando el tiempo de atribución ATM configurado. La ONU almacena las células ATM conforme le llegan y las transmite en ráfagas de conformidad con la atribución de tiempo realizado por la OLT. La OLT recibe las células y las multiplexa con ráfagas de otras ONU, pasándolas a su cliente ATM.

##### 8.3.1.1 Correspondencia de los servicios de usuario en ATM

Existen muchas Recomendaciones que describen la correspondencia de los servicios de usuario, tales como voz, servicios PDH, servicios Ethernet y otros, en un circuito virtual portador ATM.

#### 8.3.2 Correspondencia de tramas GEM en la cabida útil GTC

El tráfico GEM se transporta mediante el protocolo GTC de forma transparente. En sentido descendente, las tramas se transmiten desde la OLT a las ONU utilizando la partición de la cabida útil GEM. En sentido ascendente, las tramas se transmiten desde la ONU a la OLT de acuerdo con el esquema de atribución de tiempo para GEM.

El protocolo GEM tiene dos funciones: proporcionar la alineación de las tramas de datos de usuario, y proporcionar la identificación de puerto y la multiplexación. Obsérvese que el término 'tramas de datos de usuario' denota tramas que se envían o se reciben de un usuario. Para ello se utiliza el encabezamiento GEM, tal como se muestra en la figura 8-14. El encabezamiento GEM contiene el indicador de longitud de cabida útil (PLI, *payload length indicator*), el ID de puerto (*Port ID*), el indicador de tipo de cabida útil (PTI, *payload type indicator*) y un campo de 13 bits de control de errores en el encabezamiento (HEC, *header error control*).

PLI 12 bits	Port ID 12 bits	PTI 3 bits	HEC 13 bits	Fragmento de carga útil L bytes
----------------	--------------------	---------------	----------------	------------------------------------

G.984.3\_F8-14

*Indicador de longitud de carga útil*

*Indicador de tipo de carga útil*

**Figura 8-14/G.984.3 – Encabezamiento y estructura de trama GEM**

El PLI indica la longitud en bytes, L, del fragmento de cabida útil que va a continuación de dicha cabecera. El PLI se utiliza para encontrar el siguiente encabezamiento en el flujo de datos y conseguir así la alineación. El tamaño de 12 bits de este campo permite que los fragmentos puedan ser de hasta 4095 bytes. Si las tramas de datos de usuario son más grandes, deberán descomponerse en fragmentos de menos de 4095 bytes.

El Port ID se utiliza para proporcionar 4096 identificadores de tráfico en la PON y realizar así la multiplexación del tráfico.

El campo PTI se utiliza para indicar el tipo de contenido del fragmento de cabida útil y su tratamiento más adecuado. La codificación de este campo de tres bits es similar a la utilizada en el encabezamiento ATM. Nótese que puesto que el transporte GEM sólo tiene lugar sobre el segmento G-PON, no es necesaria una indicación OAM extremo-a-extremo. Esto podría cambiar en el futuro, estando reservado el punto de código que permite esta función. La codificación es la que se muestra en el cuadro siguiente.

Código PTI	Significado
000	Fragmento de datos de usuario, no ha habido congestión, no es final de trama
001	Fragmento de datos de usuario, no ha habido congestión, es final de trama
010	Fragmento de datos de usuario, ha habido congestión, no es final de trama
011	Fragmento de datos de usuario, ha habido congestión, es final de trama
100	OAM GEM
101	Reservado
110	Reservado
111	Reservado

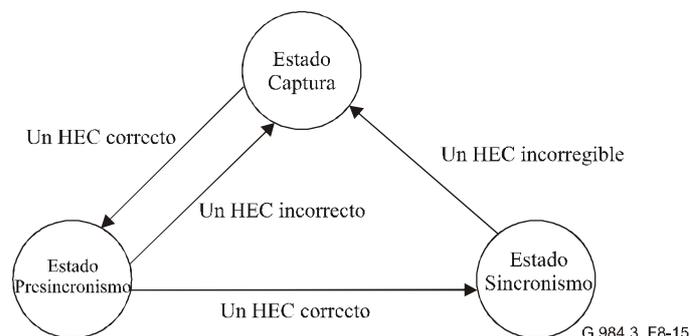
La información de congestión mediante los puntos de código 2 y 3 requiere estudios adicionales.

Para el punto de código 4, GEM reutiliza el formato de célula OAM especificado en la Rec. UIT-T I.610, es decir, soporta el fragmente de cabida útil de 48 bytes cuyo formato es el mismo que el descrito para las funciones OAM ATM.

Finalmente, el HEC proporciona funciones de detección y corrección de errores para el encabezamiento. El HEC que se utiliza es una combinación del código BCH(39, 12, 2) y un único bit de paridad. El polinomio generador para dicho código es  $x^{12}+x^{10}+x^8+x^5+x^4+x^3+1$ . El código BCH se calcula de tal forma que la división módulo 2 de los primeros 39 bits del encabezamiento (interpretado como un número de 39 bits, del que se transmite en primer lugar el bit más significativo) por el polinomio generador será cero en ausencia de errores. Si la división se implementa mediante un registro de desplazamiento, el valor de inicialización del mismo es todo ceros. El bit de paridad se fija en un valor tal que el número total de unos en todo el encabezamiento (40 bits) sea un número par. El proceso de decodificación del HEC de 13 bits se describe con más detalle en el apéndice III.

Una vez que el encabezamiento se ha ensamblado, el transmisor realiza el OR exclusivo del mismo con el patrón fijo: 0x0xB6AB31E055, y transmite el resultado. El receptor realiza el OR exclusivo de los bits recibidos con el mismo patrón fijo de bits a fin de recuperar el encabezamiento. Con ello se asegura que un conjunto de tramas sin servicio o de relleno tendrán el contenido suficiente como para permitir una alineación correcta.

El proceso de alineación que se realiza en G-PON requiere que exista un encabezamiento GEM al comienzo de cada partición GEM descendente y de cada cabida útil GEM ascendente. Así se garantiza que el receptor pueda encontrar el primer encabezamiento y encabezamientos ulteriores utilizando el PLI como puntero. En otras palabras, el receptor pasa inmediatamente al estado 'sync' (sincronismo) al comienzo de cada partición y cabida útil. Sin embargo, en el caso de que existan errores no corregibles en el encabezamiento, el proceso de alineación puede perder la sincronización con el flujo de datos. El receptor intentará volver a sincronizarse aplicando la máquina de estados que se muestra en la figura 8-15. En el estado captura, el receptor busca un HEC de encabezamiento GEM en todas las alineaciones (de bit y de byte). Cuando encuentra uno, pasa el estado pre-sync (presincronismo), en el que busca el HEC en el lugar indicado en el encabezamiento anteriormente detectado. Si existe concordancia con dicho HEC, pasa al estado Sync. Si no es así, pasa al estado captura. Obsérvese que las implementaciones específicas pueden opcionalmente tener varios ejemplares de estado Pre-sync, de forma que las discordancias de HEC no impidan que pueda detectarse el delimitador correcto. Asimismo, el proceso de recepción puede almacenar en una memoria intermedia los datos recibidos estando en el estado Pre-sync, y si finalmente el paso al estado sync es exitoso, puede asumirse que los datos almacenados constituyen un fragmento GEM válido.

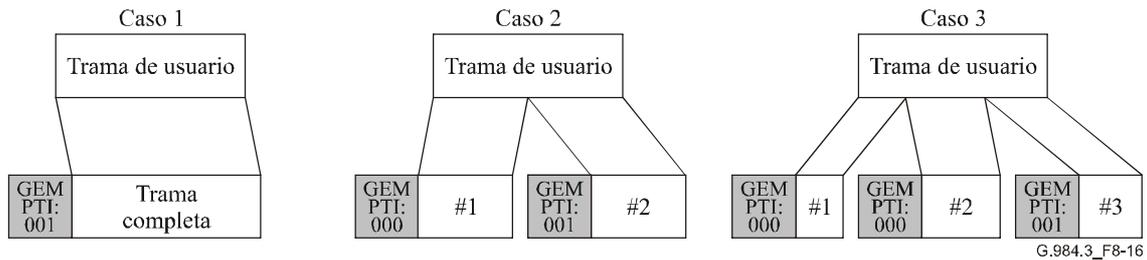


**Figura 8-15/G.984.3 – Máquina de estados de alineación GEM**

Para permitir el desacoplamiento de velocidad, se define una trama GEM sin servicio. Si no hay tramas de usuario para ser transmitidas, el proceso de transmisión genera dichas tramas sin servicio para rellenar los tiempos vacíos. El receptor las utiliza para mantener la sincronización y, por supuesto, no contienen datos que deban ser pasados al cliente GEM. El encabezamiento de trama GEM sin servicio se define como todo a ceros. Ello implica que el patrón realmente transmitido es 0xB6AB31E055, debido a la operación OR exclusivo (XOR) anterior a la transmisión.

Debido a la longitud aleatoria de las tramas de datos de usuario, el protocolo GEM debe soportar la fragmentación de las tramas de datos de usuario para permitir la inserción del encabezamiento GEM al comienzo de cada partición o cabida útil. Nótese que la fragmentación puede producirse en ambos sentidos, ascendente y descendente. Para este fin se utiliza el bit menos significativo del campo PTI del encabezamiento GEM. Cada trama de datos de usuario puede dividirse en un

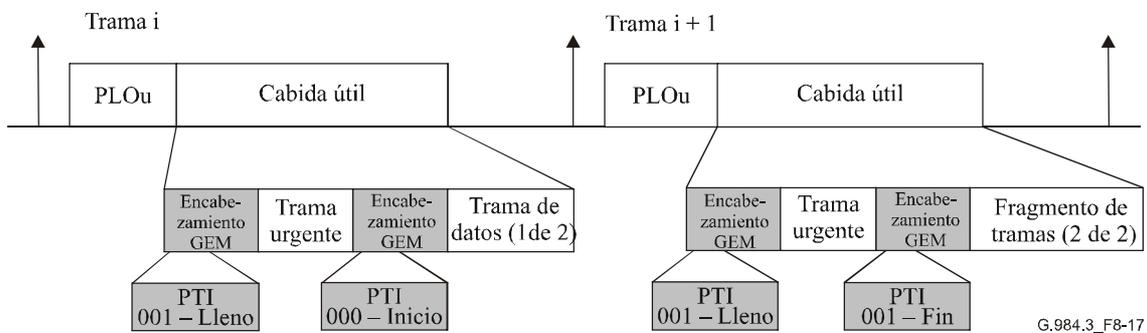
conjunto de fragmentos. A cada fragmento se le antepone un encabezamiento, indicando el campo PTI el fragmento que contiene el final de la trama de datos de usuario. En la figura 8-16 se ilustran algunos casos de utilización del PTI.



**Figura 8-16/G.984.3 – Casos de utilización del campo fragmento**

Es importante señalar que cada fragmento se transmite íntegramente en bloque. Es decir, un fragmento no puede superar los límites de una trama. Ello es una consecuencia natural del requisito de que cada partición o cabida útil GEM debe iniciarse con un encabezamiento. Por lo tanto, el proceso de fragmentación debe conocer la cantidad de tiempo que resta a la partición o cabida útil en curso de modo que fragmente adecuadamente sus tramas de datos de usuario. Otra implicación de ello es la transmisión de tramas sin servicio. En algunos casos, completar una trama de usuario previa puede dejar pendientes cuatro o menos bytes en la partición o cabida útil GTC, que es un tamaño inferior al tamaño mínimo de una trama GEM. En este caso, el proceso de transmisión envía un patrón de encabezamiento GEM de naturaleza descartable. El proceso de recepción reconoce que dicho encabezamiento es descartable y no lo tiene en cuenta. En cualquier caso, el alineamiento GEM se restaura correctamente al comienzo de la siguiente partición o cabida útil.

El proceso de fragmentación inherente de GEM puede utilizarse en el sistema GTC para dos fines. El primero ya se ha mencionado, es decir, para insertar un encabezamiento al principio de cada partición o cabida útil. Adicionalmente, la fragmentación permite que datos sensibles al tiempo, como por ejemplo el tráfico de voz, puedan descartar la transmisión de tráfico no sensible. En general, ambas utilidades de la fragmentación pueden implementarse en dos etapas de procesamiento diferentes, la primera para insertar el tráfico de carácter urgente, y la segunda para incluir encabezamientos que permitan acoplar a los mismos la partición/cabida útil GTC. Sin embargo, un método más sencillo es realizar una única etapa de fragmentación para ambas funciones. En esta situación, los fragmentos GEM de datos urgentes se envían siempre al comienzo de cada partición o cabida útil. Debido a que la trama GTC tiene una periodicidad de 125  $\mu$ s, ello debería proporcionar una latencia suficientemente baja para los datos urgentes. En la figura 8-17 se ilustra esta configuración.



**Figura 8-17/G.984.3 – Relación entre el entramado GEM y el entramado GTC**

### **8.3.2.1 Correspondencia de señales de usuario en GEM**

En el apéndice I se describe como se realiza la correspondencia de señales de usuario en el GEM.

## **8.4 Señalización y configuración de la atribución dinámica de anchura de banda**

El sistema G-PON soporta la atribución dinámica de anchura de banda mediante el proceso de información de estado y de supervisión de tráfico de la OLT (es decir, sin información de estado). Todas las OLT proporcionan DBA de supervisión de tráfico, de forma que las ONU que no informan de estado dispongan de alguna funcionalidad DBA básica. En la DBA sin información, no son necesarias características de protocolo específicas y todo el mecanismo DBA está incluido en la OLT. Como tal, la DBA sin información de estado no se describe más en esta Recomendación; sin embargo, ello no le resta importancia. En caso de DBA con información de estado, existen tres mecanismos para la señalización de informes de DBA de la G-PON: las indicaciones de estado en el PLOu, los informes anexos o informes adosados a la DBRu y los informes ONU en la cabida útil de DBA. Estos mecanismos se describen a continuación.

Las indicaciones de estado proporcionan una indicación rápida pero sencilla del tráfico en espera en la ONU. La indicación se transporta en el campo Ind de PLOu. Existen cuatro informes de un único bit, uno para cada tipo de T-CONT. Con ello se pretende dar a la OLT una alerta rápida sobre la necesidad de supervisión DBA en dicha ONU, pero no se identifican las T-CONT específicas ni se proporciona información detallada, como por ejemplo, la anchura de banda.

Los informes adosados actualizan continuamente el estado del tráfico de un T-CONT específico. Este informe se transporta en el DBRu asociado a dicho T-CONT. Existen tres formatos para este tipo de informe (tipos 0, 1 y 2). El formato de informe de tipo 0 es el método soportado por defecto, siendo opcionales los demás métodos.

El informe de la ONU permite que ésta pueda transmitir un informe DBA en cualquiera de sus T-CONT, o en todos ellos, en una única transmisión. Ésta se transporta en una partición de cabida útil DBA dedicada en sentido ascendente atribuida por la OLT. Es opcional soportar este método.

Debido a que algunas de las funciones de información de DBA son opcionales, la OLT y la ONU deben realizar en el momento inicial un procedimiento de toma de contacto para negociar el tipo de informes DBA que serán utilizados. A tal fin, se utiliza el canal OMCI G-PON. Hasta que no finalice la toma de contacto no debe hacerse uso de las prestaciones que ofrece la DBA. No obstante, se consigue que el sistema de transporte sea resistente a fallos estableciendo el requisito de que la ONU siempre genere el formato correcto del informe solicitado por la OLT, con independencia de las posibilidades que ofrezca su DBA. A continuación se describen con detalle las opciones, su gestión y las condiciones de fallo.

### **8.4.1 DBA de indicación de estado**

#### **8.4.1.1 Definición del mensaje**

El informe DBA de indicación de estado consta de cuatro bits en el campo Ind de PLOu. Se transmite en todas las transmisiones ascendentes de la ONU. Cada bit corresponde a un tipo diferente de T-CONT. Si el bit se pone a uno para el tipo X de T-CONT, la OLT asume que existen datos en espera en al menos una de las memorias intermedias de T-CONT de tipo X. Si la ONU tiene más de un T-CONT de dicho tipo, el bit es el resultado de aplicar la función lógica OR del estado de todas las memorias intermedias. En tal caso, la OLT no conocerá cuál es el T-CONT que tiene datos en espera, y necesitará tomar acciones adicionales.

Para los tipos 2 a 4 de T-CONT, el contrato no incluye una componente de anchura de banda fija. Por lo tanto, si en dichos T-CONT hay datos en espera, el bit correspondiente se pone a uno. Sin embargo, el tipo 5 de T-CONT es especial en el sentido que su memoria intermedia puede contener datos que pertenezcan a la parte de anchura de banda fija de su contrato. Los datos de anchura de banda fija no deben hacer producir una indicación de estado, ya que ello haría que la indicación

estuviera siempre puesta a uno. Por lo tanto, para los T-CONT de tipo 5, sólo la presencia de datos de anchura de banda no fija hace que el bit de indicación se ponga a uno.

Estas indicaciones de estado están destinadas a proporcionar a la OLT un aviso rápido de que existen datos en espera. Sin embargo, el algoritmo DBA de la OLT no necesita dichas indicaciones para conceder anchura de banda a las ONU, pues dicho requisito podría añadir retardos a la provisión de anchura de banda inicial a las ONU.

#### **8.4.1.2 Opciones de la ONU y la OLT**

Las ONU y las OLT pueden soportar o no esta forma de información de la DBA. Si la ONU no soporta este modo de información, debe tener siempre los bits puestos a cero. Nótese que si una ONU no soporta un tipo determinado de T-CONT, el bit puede estar siempre puesto a cero. El diseño de la OLT debe tener en cuenta el hecho de que algunas implementaciones de la ONU pueden tener todos sus indicaciones de estado puestas a cero durante todo el tiempo. Si la OLT no soporta este modo, se ignoran los bits de estado.

#### **8.4.1.3 Tratamiento de casos excepcionales**

Debido a que este modo de información utiliza bits en posiciones fijas de una estructura existente, los desacuerdos en relación con el soporte de este modo no dan lugar a errores de alineación. El algoritmo de la OLT debe diseñarse de forma que pueda tratar ambos tipos de ONU.

### **8.4.2 Informes DBA adosados del DBRu**

#### **8.4.2.1 Definición del mensaje**

El informe DBA adosado consta de un mensaje de 1, 2 ó 4 bytes que especifica el volumen de datos en espera en la memoria intermedia del T-CONT correspondiente al Alloc-ID que ha generado la transmisión del DBRu. La OLT genera la transmisión del DBRu fijando el punto de código adecuado en el campo banderas de la estructura de atribución del mapa de anchura de banda. El CRC-8 del DBRu abarca el informe.

El mensaje informe utiliza como unidad básica el número de células ATM o de bloques GEM en espera en la memoria intermedia del T-CONT. Tal como se describe en el apéndice II/G.983.4, se permiten los tres formatos G.983.4 siguientes:

- Modo 0: con un único campo que informa de la cantidad total de datos en la memoria intermedia T-CONT.
- Modo 1: con dos campos, el primero informa de la cantidad de datos con "testigos PCR" (1 byte), y el segundo informa de la cantidad de datos con "testigos SCR" (1 byte) en la memoria intermedia T-CONT. Este tipo de informe es adecuado para los T-CONT de tipo 3 y 5.
- Modo 2: con cuatro campos, el primero contiene la codificación no lineal del número total de células de clase T-CONT#2 que tienen testigos PCR (anchura de banda garantizada) (1 byte). El segundo campo contiene la codificación no lineal del número total de células de clase T-CONT#3 que tienen testigos SCR (anchura de banda garantizada) (1 byte). El tercer campo contiene la codificación no lineal del número total de células de clase T-CONT#3 que tienen testigos PCR (anchura de banda no garantizada) (1 byte). El cuarto campo contiene la codificación no lineal del número total de células de clase T-CONT#4 que tienen testigos PCR (la anchura de banda posible, "*best effort*") (1 byte). Este tipo de informe utiliza cuatro bytes en total. Es adecuado para la información de T-CONT de tipo 5, o para que las ONU proporcionen información resumida de todos los T-CONT incluidos en un único mensaje.
- En los modos 1 y 2, "PCR" y "SCR" representan la anchura de banda máxima y la anchura de banda garantizada de las conexiones subyacentes, respectivamente. Éstas se especifican

en células para conexiones ATM o en bloques de información de longitud fija en el caso de conexiones GEM.

Todos los tipos de informes utilizan un campo común de un byte de longitud para transmitir el número de células o de bloques que se encuentran en la memoria intermedia. El campo información se configura en base a este campo en mini-intervalos tal como se especifica en la Rec. UIT-T G.983.4. Sin embargo, se especifica un código no válido en lugar de un código de reserva de la Rec. UIT-T G.983.4 de forma que la ONU pueda indicar que no puede informar del valor real. En el cuadro 8-1 se incluyen los puntos de código revisados.

**Cuadro 8-1/G.984.3 – Puntos de código en los campos de información de DBA**

Longitud de la cola	Entrada binaria (ONU)	Codificación del octeto	Salida binaria (OLT)
0-127	00000000abcdefg	0abcdefg	00000000abcdefg
128-255	00000001abcdefx	10abcdef	00000001abcdef1
256-511	00000010abcdexxx	110abcde	00000010abcde111
512-1023	000001abcdxxxxx	1110abcd	000001abcd11111
1024-2047	00001abcxxxxxxxx	11110abc	00001abc1111111
2048-4095	0001abxxxxxxxxxxx	111110ab	0001ab111111111
4096-8191	001axxxxxxxxxxxxx	1111110a	001a11111111111
>8191	01xxxxxxxxxxxxxxxx	11111110	011111111111111
No válido	N/A	11111111	N/A

La longitud de la cola del cuadro 8-1 refleja el número de células en el caso de ATM y el número de bloques de información, que por defecto es de 48, en el caso de GEM, que existen en la memoria intermedia T-CONT. Aunque la estructura de la cola depende de la implementación específica, el concepto de memoria intermedia T-CONT es el mismo que el indicado en 1.3/G.983.4.

NOTA – Información en GEM.

En el caso de GEM, la longitud del paquete se normaliza con respecto al número de bloques de información. El número de bloques de información de longitud  $B$  se obtiene mediante un proceso de redondeo al alza. En resumen, si en la memoria intermedia T-CONT se almacenan  $k$  paquetes de longitud  $L_i$  ( $i = 1, \dots, k$ ), el valor del que se informa,  $R$ , se calcula de la forma siguiente.

$$R = \text{int} \left( 0,99 + \frac{1}{B} \sum_{i=1}^k L_i \right)$$

donde  $\text{int}()$  es una función que devuelve la parte entera de su argumento.

#### 8.4.2.2 Opciones disponibles en la ONU y la OLT

Es opcional que la ONU soporte la información de DBA adosada. Si no la soporta, debe soportar el formato de información modo 0. Opcionalmente puede soportar los modos 1 y 2, o ambos. La OLT debe soportar el modo 0 de DBA adosada y, opcionalmente, puede soportar los modos 1 y 2.

La OLT conoce las capacidades de la ONU a través del OMCI. En función de las capacidades de la ONU y de las suyas propias, la OLT puede fijar el modo de información de cada T-CONT. La ONU puede así responder de la forma normal a la atribución de DBRu (estando fijado el valor del bit bandera).

### 8.4.2.3 Tratamiento de casos excepcionales

La OLT no debe transmitir una atribución DBRu que solicite un formato incorrecto de DBRu. La OMCI controla el formato del DBRu. Sin embargo, debido a desconfiguraciones o transitorios de conmutación, la OLT puede solicitar un DBRu de un tipo que la ONU no espera o que no soporta. En ese caso, la ONU debe responder con el formato del DBRu solicitado en la atribución, pero debe rellenar todos los campos en el formato erróneamente solicitado con el código no válido. La OLT interpreta entonces que se trata de un error e ignora el DBRu. Es importante señalar que la OLT debe mantener la alineación de la ráfaga, ya que la longitud del DBRu transmitido por la ONU siempre concuerda con el valor esperado por la OLT.

### 8.4.3 DBA con informe de ONU completa

#### 8.4.3.1 Definición del mensaje

El informe de DBA de ONU completa permite a la ONU transmitir informes de DBA para cualquiera de sus T-CONT. A diferencia del método adosado, el método de ONU completa da a la ONU libertad para seleccionar los T-CONT de los que desea informar. En general, esto permite que la OLT prepare una cabida útil DBA considerablemente más pequeña que la necesaria para informar de todos los T-CONT de la ONU. Los T-CONT puede disputarse entonces el tiempo de información, pudiendo la ONU tomar las decisiones de planificación más adecuadas.

Los formatos de los informes son similares a los utilizados en el DBRu, añadiéndose a los informes dos bytes que transportan el Alloc-ID correspondiente al informe T-CONT, y dos copias de la indicación del modo DBRu (utilizando los mismos puntos de código definidos para el campo bandera del Alloc-ID), tal como se muestra en la figura 8-18. Puesto que la OLT no conoce el formato del informe, debe haber una tolerancia adicional frente a errores en la indicación del modo del DBRu. En el formato que se muestra en la figura 8-18, esta información se expresa tres veces. Existen dos copias explícitas en las indicaciones del modo DBRu, y una copia implícita en el Alloc-ID, ya que cada Alloc-ID tiene un modo asociado. Por tanto, la OLT puede comparar las tres indicaciones de formato y tomar una decisión por voto mayoritario para determinar la longitud del informe. Este resultado puede ser confirmado por la presencia del CRC-8 en la ubicación predicha. Si la OLT pierde la alineación, ya sea por una decisión de formato DBRu incompleto o por un error no corregible por el CRC, en general, la OLT descarta el resto del informe de DBA. Nótese que para ello es necesario que se produzcan dos bits erróneos.

Modo 0:

Alloc-ID 12 bits	MI 2b	MI 2b	Campo 1 8 bits	CRC-8 8 bits
---------------------	----------	----------	-------------------	-----------------

Modo 1:

Alloc-ID 12 bits	MI 2b	MI 2b	Campo 1 8 bits	Campo 2 8 bits	CRC-8 8 bits
---------------------	----------	----------	-------------------	-------------------	-----------------

Modo 2:

Alloc-ID 12 bits	MI 2b	MI 2b	Campo 1 8 bits	Campo 2 8 bits	Campo 3 8 bits	Campo 4 8 bits	CRC-8 8 bits
---------------------	----------	----------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-----------------

G.984.3\_F8-18

**Figura 8-18/G.984.3 – Formatos de los tres informes para la función DBA de ONU completa**

Las estructuras del informe de DBA de ONU completa se protegen con un CRC-8 que utiliza el mismo polinomio que el indicado en la Rec. UIT-T I.432.1 ( $g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$ ). Sin embargo, a diferencia de la Rec. UIT-T I.432.1, no se realiza el OR exclusivo del polinomio CRC con 0x55. La OLT implementa las funciones de detección y corrección de errores del CRC-8. Si el CRC-8 indica que ha ocurrido un error no corregible, se descarta la información de la estructura.

#### **8.4.3.2 Opciones disponibles en la ONU y la OLT**

La capacidad de información de ONU completa es opcional para la ONU y la OLT. La OLT detecta las capacidades de la ONU a través del OMCI. Conocidas éstas, la OLT puede asignar un nuevo Alloc-ID y configurarlo para la información de DBA de ONU completa. La ONU debe ser capaz de responder al Alloc-ID de una forma normal.

#### **8.4.3.3 Tratamiento de casos excepcionales**

La OLT no debería intentar configurar un Alloc-ID para la información de DBA completa si la ONU no soporta dicha función. No obstante, si lo hace, la ONU responde a la atribución, pero rellena la cabida útil con todos cero, tal como haría si no tuviera informes que transmitir. La OLT recibe esta transmisión sin incidentes y la descarta.

### **9 Mensajes GTC**

Esta cláusula se centra en los mensajes de OAM de la capa física.

Existen tres métodos para transportar información entre la estación de gestión de red, la OLT y las ONU:

Canales OAM integrados. Se definen varios campos en las estructuras de trama en sentido descendente y ascendente. Estos campos transportan información en tiempo real tal como intercambio de seguridad, DBA y supervisión de la BER del enlace. Se describen en la cláusula 8.

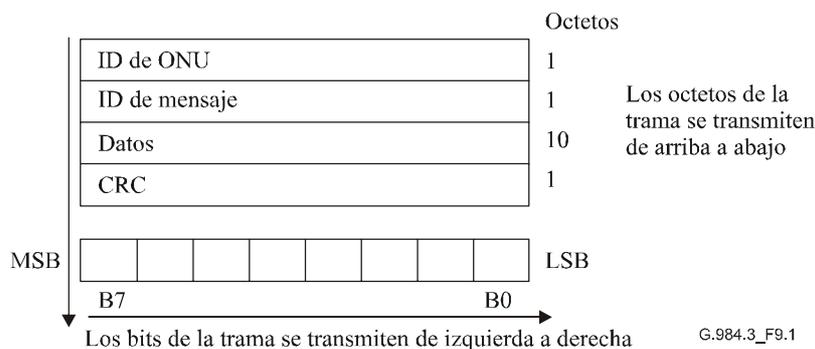
Mensajes PLOAM. La OLT puede mandar a las ONU un mensaje dedicado de 13 bytes en sentido descendente, y las ONU enviar otro en sentido ascendente a la OLT con las funciones OAM de que disponen. Se describen en esta cláusula.

Información OAM con OMCI transportada en un canal GEM dedicado o en un VPI/VCI ATM dedicado. El método exacto de transporte se describe en la cláusula 14. La sintaxis del OMCI se describe en la Recomendación relativa a la OMCI de G-PON.

#### **9.1 Formato del mensaje PLOAM**

Las alarmas de OAM o alertas producidas por haberse superado determinados umbrales, se transportan en mensajes incluidos en el campo PLOAM de 13 bytes. Asimismo, todos los mensajes sobre las activaciones se mapean en el campo mensaje del campo PLOAM.

La estructura del mensaje GTC se muestra en la figura 9-1, y se define sobre la base de las definiciones siguientes.



**Figura 9-1/G.984.3 – Estructura genérica de mensaje**

### 9.1.1 ID de ONU (ONU-ID)

Direcciona una ONU en concreto. Durante el protocolo de determinación de distancia, se asigna un número a la ONU, el ONU-ID. Este ONU-ID puede tener un valor entre 0 y 253. Para difundir un mensaje a todas las ONU, este campo toma el valor 0xFF.

### 9.1.2 ID de mensaje

Indica el tipo de mensaje.

### 9.1.3 Datos del mensaje

Estos octetos se utilizan para la cabida útil de los mensajes GTC.

### 9.1.4 CRC

Este campo es la secuencia de verificación de trama. Cuando el CRC es incorrecto, el mensaje se descarta en recepción.

El CRC es el resto de la división (módulo 2) por el polinomio generador  $x^8 + x^2 + x + 1$  del producto de  $x^8$  por el polinomio cuyos coeficientes son los bits del campo de mensaje, excluido el campo CRC.

En el transmisor, el contenido inicial del registro del dispositivo que calcula el resto de la división se pone todos a cero, siendo modificado a continuación con el resultado de la división entre el campo del mensaje, excluyendo el campo CRC, y el polinomio generador (tal como se ha descrito anteriormente); el resto de dicha división se transmite como CRC de 8 bits.

## 9.2 Mensajes de control

El tiempo de procesamiento de todos los mensajes en sentido descendente es como máximo de 750  $\mu$ s, que es el tiempo que necesita la ONU para procesar el mensaje descendente y preparar cualquier acción en sentido ascendente que sea necesaria como consecuencia del mismo.

## 9.2.1 Definición de mensajes descendentes

En el cuadro siguiente se recopilan las definiciones de los mensajes descendentes.

	Nombre del mensaje	Función	Disparo	Veces que se envía	Efecto de la recepción
1	Tara ascendente ( <i>Upstream_Overhead</i> )	Indica a la ONU cuál es el retardo de ecualización preasignado y el número de bytes del preámbulo que deben utilizarse en sentido ascendente. Además, se definen la potencia óptica de la ONU y el número de transmisiones de SN por cada solicitud de SN	Cada vez que arranca un proceso de activación	3	La ONU fija el retardo de ecualización (EqD) preasignado
2	Máscara de número de serie ( <i>Serial_number_mask</i> )	Proporciona un número de serie y una máscara que oculta parte del mismo	Cuando es preciso conocer el número de serie de una ONU específica	1	Si el número de serie y la máscara concuerdan con el número de serie de la ONU, ésta queda autorizada para reaccionar al ajuste de potencia y a las peticiones de SN
3	Asignación de ONU-ID ( <i>Assign_ONU-ID</i> )	Vincula un número ONU-ID libre con el número serie que también se facilita en este mensaje	Cuando la OLT ha encontrado el número serie de una ONU específica	3	La ONU con dicho número serie utiliza este ONU-ID que se utiliza para direccionarla
4	Tiempo de determinación de distancia ( <i>Ranging_Time</i> )	Indica el valor (expresado en número de bits ascendentes) que debe rellenar una ONU en su registro de ecualización de retardo (EqD)  El correspondiente campo indica si este EqD es aplicable al trayecto principal o al de protección	Cuando la OLT decide que el retardo debe ser actualizado, véase el protocolo de determinación de distancia	3	La rellena con este valor el registro de ecualización de retardo
5	Desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> )	Ordena a la ONU con dicho ONU-ID que detenga la transmisión de tráfico ascendente y se reinicialice. También puede ser un mensaje de difusión	Cuando se detectan las alarmas LOS, LOF, LCD, LOA, y SUF de dicha ONU	3	La ONU con este ONU-ID desconecta el láser y se descarta dicho ONU-ID. La ONU pasa al estado inicial
6	Inhabilitar número de serie ( <i>Disable_serial_number</i> )	Inhibe/deshinhibe una ONU con este número serie	Por orden del OpS	3 o hasta que no se detecta ninguna ráfaga	Hace que la ONU pase al estado parada de emergencia. La ONU no puede responder a los punteros descendentes  Hace que la ONU pase al estado inicial. La ONU puede responder a las peticiones descendentes
7	Configuración de VP/VC ( <i>Configure_VP/VC</i> )	Este mensaje activa o desactiva un VP/VC descendente y ascendente para comunicación a nivel de capa ATM, es decir, para transportar el OMCC	Cuando la OLT desea establecer o deshacer una conexión con la ONU	3	La ONU activa/desactiva dichos VP/VC para el canal de comunicación  Envía un acuse de recibo después de cada mensaje correctamente recibido
8	Port-ID/VPI Criptado ( <i>Encrypted_Port-ID/VPI</i> )	Indica a las ONU qué canales se criptan y cuales no	Cuando un canal nuevo debe ser o no criptado	3	Marca/borra este canal como criptado. Envía un acuse de recibo después de cada mensaje correctamente recibido

	<b>Nombre del mensaje</b>	<b>Función</b>	<b>Disparo</b>	<b>Veces que se envía</b>	<b>Efecto de la recepción</b>
9	Solicitud de contraseña ( <i>Request_password</i> )	Solicita la contraseña de una ONU para verificarla. La OLT tiene un cuadro local con las contraseñas de las ONU conectadas. Si después de haber determinado de nuevo la distancia, la contraseña ha cambiado, no activa dicha ONU	Después de haber determinado la distancia a una ONU. Es opcional	1	Transmite 3 veces el mensaje de contraseña
10	Asignación de Alloc-ID ( <i>Assign_Alloc-ID</i> )	Asigna un Alloc-ID a una ONU con un ONU-ID específico	Cuando se crea un T-CONT en el ONU-ID	3	Los T-CONT de las ONU se direccionan con este AllocID
11	Ningún mensaje ( <i>No message</i> )	No hay mensaje disponible cuando se transmite una célula PLOAM	Cola de mensajes vacía	–	
12	POPUP	La OLT hace que todas las ONU que estén en el estado POPUP y no en el estado LOS/LOF pasen al estado determinación de distancia (O5) o se ordena a una ONU específica que pase directamente al estado Operación (O6)]	Para acelerar la activación de las ONU en un estado LOS	3	La ONU pasa al estado Determinación de distancia (O5), (o al estado Operación (O6)
13	Solicitud de clave ( <i>Request_Key</i> )	La OLT hace que la ONU genere una nueva clave de criptación y la envía en sentido ascendente	Con una frecuencia que determina el OpS	1	Transmite tres veces el mensaje con la clave de criptación
14	Configuración de Port-D ( <i>Configure_Port-Id</i> )	Este mensaje vincula el canal OMCI procesado internamente en la ONU con un Port-ID de 12 bits. El Port-ID se añade a la tara GEM y se utiliza como mecanismo de direccionamiento para encaminar el OMCI sobre el canal GEM	Por orden del OpS	3	Se asigna el puerto de gestión lógica al Port-ID
15	Error de quipo físico – PEE ( <i>PEE – Physical Equipment Error</i> )	Indica a las ONU que la OLT no puede enviar células ATM, tramas GEM ni células OMCC	Cuando la OLT detecta que no puede enviar células ATM, tramas GEM ni células OMCC	1 vez/ segundo	Se confirma la alarma PEE en la ONU
16	Modificar nivel de potencia	La OLT hace que la ONU aumente o disminuya su nivel de potencia transmitida	Cuando la OLT detecta que la potencia de la ONU es menor/mayor que un umbral predefinido	1	La ONU ajusta consecuentemente su nivel de potencia transmitida
17	PST	Verifica la conectividad ONU-OLT en una configuración PON con capacidad de supervivencia y realiza APS	Periódicamente, y después de la detección de fallos	1 vez/ segundo	La ONU verifica el número de enlace y actúa en respuesta a las instrucciones APS
18	Intervalo de BER	Define el intervalo de acumulación de cada ONU expresado como número de tramas descendentes de la ONU durante las que se contabilizan los bits erróneos en sentido descendente	OpS define este intervalo y puede centrarse en una ONU en particular	3	La ONU arranca un temporizador, y acumula los errores en sentido descendente. Se transmite un acuse de recibo por cada mensaje correcto.
19	Hora de cambio de clave	La OLT indica a la ONU cuando debe comenzar a utilizar una nueva clave de criptación	Cuando la OLT está lista para cambiar la clave	3	La ONU realiza el cambio de clave en el momento indicado.

## 9.2.2 Definición de mensajes ascendentes

En el cuadro siguiente se recopilan las definiciones de los mensajes ascendentes.

	Nombre del mensaje	Función	Disparo	Veces que se envía	Efecto de la recepción
1	Número de serie de ONU ( <i>Serial_number_ONU</i> )	Contiene el número de serie de una ONU	La ONU envía este mensaje cuando se encuentra en el modo determinación de distancia y al recibir un AllocID de determinación de distancia (254)	X puede ser enviada varias veces durante la determinación de la distancia	La OLT extrae el número de serie y puede asignar un ONU-ID libre a dicha ONU. En el mensaje se incluye el retardo aleatorio utilizado para permitir la primera medición del RTD durante la adquisición de SN
2	Contraseña ( <i>Password</i> )	Verifica una ONU en base a su contraseña	Cuando la OLT solicita la contraseña mediante "request_password"	3	Si la OLT recibe 3 claves idénticas, se declara válida. En función del sistema específico se podrá realizar un procesamiento adicional
3	Extinción ( <i>Dying_Gasp</i> )	Informa a la OLT de que la ONU se apagará normalmente. Con ello se evita que la OLT genere informes de alarma innecesarios	La ONU genera este mensaje cuando se realiza un apagado en funcionamiento normal	Al menos 3 veces	Descarta cualesquiera alarmas ulteriores de dicha ONU Informa al OpS
4	Ningún mensaje ( <i>No message</i> )	Desacoplamiento de velocidad de un canal PLOAM, oportunidad de control de potencia para la ONU	Cola de mensajes vacía		Ninguno
5	Clave de criptación ( <i>encryption key</i> )	Transmite un fragmento de la nueva clave de criptación a la OLT	La OLT transmite el mensaje de solicitud de clave	3 por cada fragmento	La OLT verifica cada fragmento buscando errores, y almacena la clave resultante, si se valida. La OLT puede programar un evento de cambio de clave
6	Error de equipo físico ( <i>PEE -Physical Equipment Error</i> )	Indica a la OLT que la ONU no puede transmitir células ATM, tramas GEM ni células/tramas OMCC desde las capas ATM/GEM a la capa de TC	Cuando la ONU detecta que no puede transmitir células ATM, tramas GEM ni células OMCC desde las capas ATM/GEM a la capa TC	1 vez/segundo	La OLT confirma la alarma PEE
7	PST	Verificar la conectividad ONU-OLT en una configuración de PON con capacidad de supervivencia para realizar APS	Periódicamente, y después de la detección de fallos	1 vez/segundo	La ONU verifica el número de enlace, y actúa en respuesta a las instrucciones APS
8	Indicación de error distante	Contiene el número de errores BIP detectados durante el intervalo BER	Cuando ha expirado el intervalo BER	1 vez/intervalo BER	La OLT puede determinar la BER en función del tiempo para cada ONU
9	Acuse de recibo ( <i>Acknowledge</i> )	La ONU lo utiliza para indicar la recepción de mensajes descendentes	Después de recibir mensajes descendentes correctos	1 vez	Este mensaje proporciona un transporte fiable de mensajes descendentes

### 9.2.3 Formato de los mensajes descendentes

#### Mensaje tara ascendente (*Upstream\_Overhead*)

Mensaje "Upstream_Overhead"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	11111111	Mensaje difundido a todas las ONU
2	00000001	Identificación del mensaje "Upstream_Overhead"
3	gggggggg	gggggggg = Número de bits de guarda.
4	xxxxxxx	xxxxxxx = Número de bits del preámbulo de tipo 1. Los bits del preámbulo de tipo 1 contienen el patrón 'todos unos'. Éste puede ponerse a cero.
5	yyyyyyyy	yyyyyyyy = Número de bits del preámbulo de tipo 2. Los bits del preámbulo de tipo 2 contienen el patrón 'todos ceros'. Éste puede ponerse a cero.
6	ccccccc	ccccccc = patrón utilizado para los bits del preámbulo de tipo 3 (nota 1).
7	bbbbbbb	Datos a programar en el byte 1 del delimitador (notas 2, 3).
8	bbbbbbb	Datos a programar en el byte 2 del delimitador
9	bbbbbbb	Datos a programar en el byte 3 del delimitador
10	xxemsspp	<p>xx = Reservado</p> <p>e = Estado del mecanismo de pre-ecualización: "0" = sin retardo de pre-ecualización, "1" = utiliza el retardo de pre-ecualización indicado más abajo.</p> <p>m = estado del mecanismo SN_Mask (máscara de SN): "0" =SN_Mask inhabilitado, "1" = SN_Mask habilitado</p> <p>ss = número máximo de transmisiones extras de SN en respuesta a una única petición de SN. Por ejemplo, ss=10 significa que una ONU hará 3 transmisiones de SN para responder a una petición de SN.</p> <p>Nivel de potencia de transmisión de la ONU por defecto</p> <p>pp = "00" – Modo 0: Normal</p> <p>pp = "01" – Modo 1: Normal – 3 dB</p> <p>pp = "10" – Modo 2: Normal – 6 dB</p> <p>pp = "11" – reservado</p>
11	ddddddd	MSB del retardo de ecualización preasignado (unidades de 32 bytes)
12	ddddddd	LSB del retardo de ecualización preasignado (unidades de 32 bytes)

Mensaje "Upstream_Overhead"		
Octeto	Contenido	Descripción
<p>NOTA 1 – La longitud del preámbulo de tipo 3 puede calcularse restando los tiempos atribuidos al tiempo de guarda, preámbulo de tipo 1, preámbulo de tipo 2, y tres bytes para el delimitador de la hora de la tara de la capa física especificada en la Rec. UIT-T G.984.2. El patrón que especifica este campo debería repetirse tantas veces como fuera necesario, y mantenerse justificado a izquierdas de forma que junto al delimitador se encuentre un byte de patrón parcial.</p> <p>NOTA 2 – El patrón delimitador ocupa los tres últimos bytes de la hora de la capa física. En muchas ocasiones, la función que se implemente como delimitador no utiliza los tres bytes, de forma que el patrón de los bits más significativos del campo delimitador sirve realmente como última parte del preámbulo. En el caso excepcional de que el tiempo de guarda se solape con el campo delimitador, tiene preferencia el tiempo de guarda.</p> <p>NOTA 3 – Para delimitadores de 16 bits, se proponen los valores: 0x85B3, 0x8C5B, 0xB433, 0xB670, y 0xE6D0. Para un delimitador de 20 bits, se propone 0xB5983.</p>		

### 9.2.3.2 Mensaje máscara de número de serie (*Serial\_Number\_Mask*)

Mensaje "Serial_Number_Mask "		
Octeto	Contenido	Descripción
1	11111111	Mensaje difundido a todas las ONU
2	00000010	Identificación del mensaje "Serial_Number_Mask"
3	nnnnnnnn	Número de bits válidos, contados desde el LSB del byte 4 hasta el MSB del byte 11
4	abcdefgh	Byte 1 del número de serie
5-10	.....	
11	stuvwxyz	Byte 8 del número de serie
12	No especificado	
<p>NOTA – Este mensaje es opcional en la OLT si se utiliza el método 'Retardo aleatorio'. La ONU debe poder interpretar este mensaje.</p>		

### 9.2.3.3 Mensaje asignación de ONU-ID (*Assign\_ONU-ID*)

Mensaje "Assign_ONU-ID "		
Octeto	Contenido	Descripción
1	11111111	Mensaje difundido a todas las ONU
2	00000011	Identificación de mensaje "Assign_ONU-ID"
3	pppppppp	ONU-ID
4	abcdefgh	Byte 1 del número de serie
5-10	.....	
11	stuvwxyz	Byte 8 del número de serie
12	No especificado	
<p>NOTA – Este mensaje se utiliza para asignar un ONU-ID a una ONU física. Más tarde, se asignan los Alloc-ID a cada T-CONT de la ONU específica de acuerdo con su ONU-ID.</p>		

### 9.2.3.4 Mensaje tiempo de determinación de distancia (*Ranging\_Time*)

Mensaje "Ranging_Time"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Mensaje dirigido a una ONU
2	00000100	Identificación del mensaje "Ranging_Time"
3	0000000b	'0' – EqD del trayecto principal '1' – EqD del trayecto de protección
4	dddddddd	MSB del retardo
5	dddddddd	
6	dddddddd	
7	dddddddd	LSB del retardo
8-12	No especificado	

NOTA 1 – La unidad del parámetro retardo de equalización es el bit.

NOTA 2 – Tanto el EqD del trayecto principal como el EqD del trayecto de protección pueden asignarse a la ONU utilizando este mensaje.

### 9.2.3.5 Mensaje desactivación de ONU-ID (*Deactivate\_ONU-ID*)

Mensaje "Deactivate ONU-ID"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID o 11111111	Mensaje dirigido a una ONU o a todas las ONU. En caso de difusión a todas las ONU, ONU-ID = 0xFF.
2	00000101	Identificación del mensaje "Deactivate_ONU-ID"
3-12	No especificado	

### 9.2.3.6 Mensaje inhabilitar número de serie (*Disable\_serial\_number*)

Mensaje "Disable_Serial_Number"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	11111111	Mensaje difundido a todas las ONU
2	00000110	Identificación del mensaje "Disable_Serial_Number"
3	Inhibe/deshinhibe	0xFF: a la ONU con este número de serie se le deniega el acceso en sentido ascendente 0x0F: todas las ONU a las que se les niega el acceso ascendente pueden participar en el proceso de determinación de distancia. El contenido de los bytes 4-11 es irrelevante. 0x00: la ONU con este número de serie puede participar en el proceso de determinación de distancia.
4	abcdefgh	Byte 1 del número de serie
5-10	.....	
11	stuvwxyz	Byte 8 del número de serie
12	No especificado	

### 9.2.3.7 Mensaje configuración de VP/VC (*Configure\_VP/VC*)

Mensaje "Configure_VP/VC"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Mensaje dirigido a una ONU
2	00000111	Identificación del mensaje "Configure_VP/VC"
3	0000000a	Los byte 4-11 definen VP/VC descendentes y ascendentes a: 1 activa este VP/VC a: 0 desactiva este VP/VC
4	ENCABEZAMIENTO 1	Byte 1 del encabezamiento ATM (MSB)
5	ENCABEZAMIENTO 2	Byte 2 del encabezamiento ATM
6	ENCABEZAMIENTO 3	Byte 3 del encabezamiento ATM
7	ENCABEZAMIENTO 4	Byte 4 del encabezamiento ATM (LSB) Los 4 bits menos significativos (PTI y CLP) son transparentes a la capa TC.
8	MÁSCARA 1	Todos los bits de la MÁSCARA que se ponen a 1 definen los correspondientes bits en el ENCABEZAMIENTO que deben utilizarse para la terminación o generación de células en la capa ATM
9	MÁSCARA 2	
10	MÁSCARA 3	
11	MÁSCARA 4	Sólo se utilizan los 4 bits más significativos.
12	No especificado	

### 9.2.3.8 Mensaje VPI/Port\_ID criptado (*Encrypted\_VPI/Port-ID*)

Mensaje "Encrypted_VPI/Port-ID"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Mensaje dirigido a una ONU
2	00001000	Identificación del mensaje "Encrypted_VPI/Port-ID"
3	xxxxxxba	a = 1: Criptado a = 0: No criptado b = 0: VPI (se ignoran los bytes 4 y 5) b = 1: Port-ID de GEM (se ignoran los bytes 6 y 7)
4	abcdefgh	abcdefgh=Port-ID[11..4]
5	ijkl0000	ijklmnop = Port-ID[3..0]
6	abcdefgh	abcdefgh=VPI[11..4]
7	ijkl0000	ijkl=VPI[3..0]
8-12	No especificado	

### 9.2.3.9 Mensaje petición de contraseña (*Request\_Password*)

Mensaje "Request_Password"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Mensaje dirigido a una ONU
2	00001001	Identificación del mensaje "Request_Password"
3-12	No especificado	

### 9.2.3.10 Mensaje asignación de ID de atribución (*Assign\_AllocID*)

Mensaje "Assign_AllocID"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Mensaje dirigido a una ONU
2	00001010	Identificación del mensaje "Assign_AllocID"
3	pppppppp	AllocID[11-4].
4	pppp0000	AllocID[3-0].
5	Tipo de Alloc-ID	Indica el tipo de cabida útil para la que se utilizará este Alloc-ID 0: cabida útil ATM 1: cabida útil GEM 2: cabida útil DBA 3-255: Reservado
6-12	No especificado	

### 9.2.3.11 Mensaje ningún mensaje (*No message*)

Mensaje "No message"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	11111111	Mensaje difundido a todas las ONU
2	00001011	Identificación del mensaje "no message"
3-12	No especificado	

### 9.2.3.12 Mensaje POPUP

Mensaje "POPUP"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID o 11111111	Mensaje dirigido a una ONU o a todas las ONU. En caso de difusión a todas las ONU, ONU-ID = 0xFF.
2	00001100	Identificación del mensaje "POPUP"
3-12	No especificado	

NOTA – Todas las ONU en el estado POPUP que reciben un mensaje POPUP difundido, vuelven al estado Determinación de distancia. Una ONU que reciba un mensaje POPUP específico (con su ONU-ID) pasa directamente al estado Operación y mantiene su retardo de ecualización, su ONU-ID y sus Alloc-ID.

### 9.2.3.13 Mensaje solicitud de clave (*Request\_Key*)

Mensaje "Request_Key"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Mensaje dirigido a una ONU
2	00001101	Identificación del mensaje "Request_Key"
3-12	No especificado	

### 9.2.3.14 Mensaje configuración de Port-ID (*Configure-Port-ID*)

Mensaje "Configure Port-ID"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Mensaje dirigido a una ONU
2	00001110	Identificación del mensaje "Configure Port-ID"
3	0000000a	Los bytes 4-5 definen el Port-ID ascendente y descendente a: 1 activa este Port-ID a: 0 desactiva este Port-ID
4	abcdefgh	abcdefgh=Port-ID[11..4]
5	ijkl0000	ijklmnop = Port-ID[3..0]
6-12	No especificado	

### 9.2.3.15 Mensaje error del equipo físico (*PEE, physical equipment error*)

Mensaje "Physical_equipment_error"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	11111111	Mensaje difundido a todas las ONU
2	00001111	Identificación del mensaje "Physical_equipment_error"
3-12	No especificado	

### 9.2.3.16 Mensaje modificar nivel de potencia (*CPL, change power level*)

Mensaje "CPL"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID o 11111111	Mensaje dirigido a una ONU o a todas las ONU. En caso de difusión a todas las ONU, ONU-ID = 0xFF.
2	00010000	Identificación del mensaje "Change Power level"
3	000000ID	ID = '10': Aumenta la potencia de transmisión de la ONU ID = '01': Disminuye la potencia de transmisión de la ONU ID = '00' o '11': Ninguna actuación
4-12	No especificado	

### 9.2.3.17 Mensaje PST

Mensaje "PST"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID o 11111111	Mensaje dirigido a una ONU o a todas las ONU. En caso de difusión a todas las ONU, ONU-ID = 0xFF.
2	00010001	Identificación del mensaje "PST"
3	Número de línea	Puede ser 0 o 1
4	Control	Éste es el byte K1 especificado en la Rec. UIT-T G.841
5	Control	Éste es el byte K2 especificado en la Rec. UIT-T G.841
6-12	No especificado	

### 9.2.3.18 Mensaje intervalo de BER (*BER Interval*)

Mensaje "BER Interval"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID o 11111111	Mensaje dirigido a una ONU o a todas las ONU. En caso de difusión a todas las ONU, ONU-ID = 0xFF.
2	00010010	Identificación del mensaje "BER Interval"
3	Intervalo1	Los MSB del intervalo BER de 32 bits, en unidades de tramas descendentes
4	Intervalo2	
5	Intervalo3	
6	Intervalo4	Los LSB del intervalo BER de 32 bits, en unidades de tramas descendentes.
7-12	No especificado	

### 9.2.3.19 Mensaje momento de cambio de clave (*Key\_Switching\_Time*)

Mensaje "Key_Switching_Time"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID o 11111111	Mensaje dirigido a una ONU o a todas las ONU. En caso de difusión a todas las ONU, ONU-ID = 0xFF.
2	00010011	Identificación del mensaje "Key_Switching_Time"
3	Contador de trama1	Los MSB del contador de supertrama de 30 bits de la primera trama que utiliza la nueva clave.
4	Contador de trama2	
5	Contador de trama3	
6	Contador de trama4	Los LSB del contador de supertrama de 30 bits de la primera trama que utiliza la nueva clave.
7-12	No especificado	

## 9.2.4 Formatos de mensajes ascendentes

### 9.2.4.1 Mensaje número de serie de la ONU (*Serial\_Number\_ONU*)

Mensaje "Serial_Number_ONU"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	11111111 ONU-ID	No se ha asignado aún ningún ONU-ID Si el ONU-ID se ha asignado a esta ONU
2	00000001	Identificación del mensaje "Serial_Number_ONU"
3	VID1	Byte 1 de Vendor_ID
4	VID2	Byte 2 de Vendor_ID
5	VID3	Byte 3 de Vendor_ID
6	VID4	Byte 4 de Vendor_ID
7	VSSN1	Byte 1 del número de serie específico del vendedor
8	VSSN2	Byte 2 del número de serie específico del vendedor
9	VSSN3	Byte 3 del número de serie específico del vendedor
10	VSSN4	Byte 4 del número de serie específico del vendedor
11	RRRRRRRR	Retardo aleatorio (MSB) (en unidades de 32 bytes) utilizado por la ONU cuando transmite este mensaje.
12	RRRRAGTT	RRRR = retardo aleatorio (LSB) (en unidades de 32 bytes) utilizado por la ONU cuando transmite este mensaje. A = Esta ONU soporta el transporte ATM (A = 1 – soportado) G = Esta ONU soporta el transporte GEM (G = 1 – soportado) TT = Modo de nivel de potencia de TX empleado por esta ONU TT = 00 – potencia baja TT = 01 – potencia media TT = 10 – potencia alta TT = 11 – Reservado

NOTA – El código utilizado para el identificador de fabricante (Vendor\_ID) se especifica en ANSI T1.220. Los cuatro caracteres se corresponden en el campo de 4 bytes tomando el código de cada carácter ASCII/ANSI y concatenándolos. Por ejemplo: Vendor\_ID = ABCD → VID1 = 0x41, VID2 = 0x42, VID3 = 0x43, VID4 = 0x44.

### 9.2.4.2 Mensaje contraseña (*Password*)

Mensaje "Password"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Indica la ONU que genera este mensaje
2	00000010	Identificación del mensaje "Password"
3	pppppppp	Contraseña1
4-11	.....	...
12	pppppppp	Contraseña10

### 9.2.4.3 Mensaje extinción (*Dying\_Gasp*)

Mensaje "Dying-Gasp"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Indica la ONU que genera este mensaje
2	00000011	Identificación del mensaje "Dying_Gasp"
3..12	No especificado	

NOTA – El nombre de este mensaje en G.983.1 es R-INH.

### 9.2.4.4 Mensaje ningún mensaje (*No message*)

Mensaje "No message"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Indica la ONU que genera este mensaje
2	00000100	Identificación del mensaje "no message"
3..12	No especificado	Los datos que la ONU coloca en este mensaje pueden utilizarse como un patrón conocido fijo para la medición y control de su transmisor. La ONU debe conformar los datos de forma que cuando se aleatorizan, se produce el patrón deseado. Además, debe tenerse especial cuidado en no producir más de 72 dígitos idénticos consecutivos, pues en ese caso el receptor de la OLT puede pasar a LOS.

### 9.2.4.5 Mensaje clave de criptación (*Encryption\_Key*)

Mensaje "Encryption_Key"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Indica la ONU que genera este mensaje
2	00000101	Identificación del mensaje "Encryption_Key message"
3	Índice de clave (Key_Index)	Índice que indica la clave de ONU que transporta este mensaje
4	Índice de clave (Frag_Index)	Índice que indica que parte de la clave transporta este mensaje (Nota)
5	Byte 0 de la clave (KeyBYTE0)	Byte 0 del fragmento (Frag_Index) de la clave (Key_Index)
6	Byte 1 de la clave (KeyBYTE1)	Byte 1 del fragmento (Frag_Index) de la clave (Key_Index)
7	Byte 2 de la clave (KeyBYTE2)	Byte 2 del fragmento (Frag_Index) de la clave (Key_Index)
8	Byte 3 de la clave (KeyBYTE3)	Byte 3 del fragmento (Frag_Index) de la clave (Key_Index)
9	Byte 4 de la clave (KeyBYTE4)	Byte 4 del fragmento (Frag_Index) de la clave (Key_Index)
10	Byte 5 de la clave (KeyBYTE5)	Byte 5 del fragmento (Frag_Index) de la clave (Key_Index)
11	Byte 6 de la clave (KeyBYTE6)	Byte 6 del fragmento (Frag_Index) de la clave (Key_Index)

Mensaje "Encryption_Key"		
Octeto	Contenido	Descripción
12	Byte 7 de la clave (KeyBYTE7)	Byte 7 del fragmento (Frag_Index) de la clave (Key_Index)

NOTA – El primer fragmento de la clave tendrá Frag\_Index = 0, el segundo tendrá Frag\_Index = 1, y así sucesivamente, para tantos fragmentos como se requiera para transportar la clave. Actualmente sólo se requieren dos fragmentos para AES-128.

#### 9.2.4.6 Mensaje error del equipo físico (PEE, Physical Equipment Error)

Mensaje "Physical_equipment_error"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Indica la ONU que genera este mensaje
2	00000110	Identificación del mensaje "Physical_equipment_error"
3-12	No especificado	

#### 9.2.4.7 Mensaje PST

Mensaje "PST"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Indica la ONU que genera este mensaje
2	00000111	Identificación del mensaje "PST"
3	Número de línea	Puede ser 0 ó 1
4	Control	Este es el byte K1 que se especifica en la Rec. UIT-T G.841
5	Control	Este es el byte K2 que se especifica en la Rec. UIT-TG.783
6-12	No especificado	

#### 9.2.4.8 Mensaje REI

Mensaje "REI"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Indica la ONU que genera este mensaje
2	00001000	Identificación del mensaje "REI Message"
3	Cómputo del error1 (Error_count1)	Los MSB de contador REI de 32 bits
4	Cómputo del error2 (Error_count2)	
5	Cómputo del error3 (Error_count3)	
6	Cómputo del error4 (Error_count4)	Los LSB de contador REI de 32 bits.
7	0000SSSS	Número de secuencia: con cada mensaje REI transmitido, los bits de SSSS se incrementan en 1.
8-12	No especificado	

#### 9.2.4.9 Mensaje acuse de recibo (*Acknowledge*)

Mensaje "Acknowledge"		
Octeto	Contenido	Descripción
1	ONU-ID	Indica la ONU que genera este mensaje
2	00001001	Identificación de mensaje "Acknowledge"
3	DM_ID	Identificación de mensaje, mensaje descendente
4	DMBYTE1	Byte 1 del mensaje descendente
5	DMBYTE2	Byte 2 del mensaje descendente
6	DMBYTE3	Byte 3 del mensaje descendente
7	DMBYTE4	Byte 4 del mensaje descendente
8	DMBYTE5	Byte 5 del mensaje descendente
9	DMBYTE6	Byte 6 del mensaje descendente
10	DMBYTE7	Byte 7 del mensaje descendente
11	DMBYTE8	Byte 8 del mensaje descendente
12	DMBYTE9	Byte 9 del mensaje descendente

## 10 Método de activación

### 10.1 General

El sistema PON debe utilizar un método de activación dentro de banda digital para medir la distancia lógica entre cada ONU y la OLT. Una vez que se ha medido la distancia a cada ONU, ésta puede pasar a ser operativa en la PON.

El alcance máximo de la PON es de al menos 20 km. La medición del retardo de transmisión de cada ONU se debe poder hacer con la PON en servicio, sin interrumpir el funcionamiento normal de otras ONU.

Mientras se realiza la medición de la distancia de nuevas ONU, las ONU que estén en servicio deben detener temporalmente sus transmisiones, abriéndose una ventana de tiempo para la determinación de distancias. La información previa sobre la posición de las nuevas ONU puede minimizar la duración de dicha ventana, pero en el caso de una ONU cuya distancia no haya sido previamente medida, la duración es función de la máxima distancia diferencial de la PON.

Se especifica el protocolo de activación, que es aplicable a diversos tipos de métodos de instalación de las ONU.

#### 10.1.1 Método de instalación de las ONU

Existen dos métodos para la instalación de la ONU:

– Método A:

El sistema de operaciones (OpS) ha registrado previamente el número de serie de la ONU en la OLT. Si se detecta una ONU con un número de serie que no haya sido registrado previamente en la OLT, se declara *ONU inesperada*.

– Método B:

El sistema OpS no ha registrado previamente el número de serie de la ONU en la OLT. Requiere un mecanismo de detección automático del número de serie de la ONU. Si se detecta una nueva ONU, se asigna un ONU-ID y se activa la ONU.

Existen tres eventos que inician la activación de una ONU:

- El operador de red permite que se inicie el proceso de activación cuando se sabe que se ha conectado una nueva ONU.
- La OLT inicia automáticamente el proceso de activación, cuando una o más de las ONU que previamente estaban en servicio quedan 'perdidas', a fin de intentar volver a poner en servicio dichas ONU. La frecuencia de sondeo es programable mediante instrucciones del sistema OpS.
- La OLT inicia periódicamente el proceso de activación, realizando pruebas para comprobar si se han conectado nuevas ONU. La frecuencia de sondeo es programable mediante instrucciones del sistema OpS.

### **10.1.2 Tipo de proceso de activación**

A continuación se describen diversas situaciones en las que puede tener lugar el proceso de activación. Existen tres categorías de tales situaciones.

#### **10.1.2.1 PON fría, ONU fría**

Esta situación se caracteriza porque la PON no está cursando tráfico y las ONU no han recibido aún los ONU-ID de la OLT.

#### **10.1.2.2 PON caliente, ONU fría**

Esta situación se caracteriza por la adición de una o varias ONU nuevas cuya distancia no ha sido previamente determinada, o por la adición de una o varias ONU que previamente habían estado activas, pero cuya alimentación de energía se ha restaurado y han sido reintegradas en la PON, al tiempo que se cursa tráfico a través de la misma.

#### **10.1.2.3 PON caliente, ONU caliente**

Esta situación se caracteriza por la existencia de una ONU previamente activa que permanece alimentada y conectada a una PON activa, pero que debido a un estado de alarma prolongado, ha vuelto al estado inicial (O1).

## **10.2 Procedimiento de activación en la ONU**

### **10.2.1 Procedimiento de activación general**

El proceso de activación se realiza bajo el control de la OLT. La ONU responde a los mensajes que inicia la OLT.

La descripción general del proceso de activación es la siguiente:

- La ONU ajusta el nivel de potencia óptica de transmisión en base a los requisitos de la OLT.
- La OLT detecta el número de serie de una ONU recién conectada.
- La OLT asigna un ONU-ID a la ONU.
- La OLT mide la fase de llegada de la transmisión ascendente procedente de la ONU.
- La OLT notifica a la ONU el retardo de ecualización (*equalization\_delay*).
- La ONU ajusta la fase de transmisión al valor notificado.

Este procedimiento se realiza mediante el intercambio de banderas y mensajes PLOAM ascendentes y descendentes.

En el estado normal de funcionamiento, todas las transmisiones pueden utilizarse para supervisar la fase de la transmisiones de llegada. En base a dicha supervisión, puede actualizarse el retardo de ecualización.

## 10.2.2 Estados de la ONU

El procedimiento de activación viene especificado por el comportamiento funcional en los estados y por las transición de estado, tal como se muestra a continuación.

### 10.2.2.1 Estados de la ONU

La ONU tiene 8 estados:

a) *Estado Inicial (O1)*

En este estado se conecta la alimentación de energía de la ONU. Se confirma la situación LOS/LOF. Una vez que comienza a recibirse tráfico descendente, se eliminan LOS y LOF, y la ONU pasa al estado Espera (*Standby*) (O2).

b) *Estado Espera (O2)*

La ONU recibe tráfico descendente y queda a la espera de los parámetros de red globales. Una vez que se recibe el mensaje *tara ascendente (Upstream\_Overhead)*, la ONU pasa al estado *Ajuste de potencia (Power-Setup)* (O3).

c) *Estado Ajuste de potencia (O3)*

En base al mensaje *Upstream\_Overhead* recibido, la ONU ajusta su nivel de potencia de transmisión. Una vez que ha ajustado el nivel de potencia óptica, la ONU pasa al estado *Número-de-serie (Serial-Number)* (O4).

El estado ajuste de potencia (O3) se divide en los subestados siguientes:

- *Estado Ajuste de potencia inicial (O3a)*

Estado de preparación para el procedimiento de ajuste de potencia. Se aplica el mecanismo de la máscara-SN (*SN-Mask*). No se permite que la ONU responda a la petición *número-de-serie*.

Obsérvese que en algunas implementaciones, la ONU puede ajustar su nivel de potencia de transmisión sin activar el transmisor. En tales casos, la ONU fija su nivel de potencia de transmisión (Tx) durante este estado y pasa directamente al estado O4a.

- *Estado Ajuste de potencia (O3b)*

La ONU fija su nivel de potencia de Tx en función del valor especificado en el mensaje *tara ascendente*. La ONU realiza el proceso de fijación de la potencia respondiendo a la petición *número de serie*, y transmitiendo un campo ajuste de potencia con una serie de ceros y unos.

d) *Estado Número-de-serie (O4)*

La OLT conoce la existencia de nuevas ONU y sus respectivos números de serie, enviando una petición *número-de-serie* a todas las ONU que se encuentren en el estado Número de serie.

Una vez detectada la existencia de la ONU, ésta espera la asignación de un ONU-ID específico desde la OLT. El ONU ID se asigna utilizando el mensaje *asignación de ONU-ID (Assign\_ONU-ID)*. Cuando se asigna el ONU-ID, la ONU pasa al estado determinación de distancia (O5).

El estado Número-de-serie (O4) se divide en los subestados siguientes:

- *Estado Número-de-serie inicial (O4a)*

Estado de preparación para el procedimiento número de serie. Se aplica el mecanismo de máscara-SN. No se permite que la ONU responda a la petición *número-de-serie*.

- *Estado Número-de-serie (O4b)*

La ONU responde a la petición **número-de-serie**. Cuando la OLT detecta la existencia de la ONU y su número de serie, le asigna un ONU-ID utilizando el mensaje **asignación de ONU-ID**.

- *Estado Nivelación-de-potencia-SN (O4c)*

En algunos casos, y debido a la gran distancia entre la ONU y la OLT, su nivel de potencia de transmisión puede ser demasiado bajo. En este estado, la ONU puede recibir el mensaje difundido desde la OLT modificar nivel de potencia (*Change\_Power\_Level*), y consiguientemente recalibrar su transmisor para que trabaje a un nivel de potencia superior.

- e) *Estado Determinación de distancia (O5)*

La transmisión ascendente desde distintas ONU debe sincronizarse con la trama ascendente. Para que las ONU que se encuentran a distancias diferentes de la OLT parezcan estar a la misma distancia de ésta, se necesita un retardo-de-ecualización para cada ONU.

El factor retardo-de-ecualización de cada ONU se calcula durante el proceso de determinación de distancia, que se inicia con la transmisión de una petición de determinación de distancia por parte de la OLT hacia la ONU de interés. Dicha ONU responde con una transmisión en sentido ascendente.

En base al retardo de ida y vuelta, la OLT calcula el retardo de ecualización de la ONU y lo envía a ésta mediante un mensaje '*tiempo de determinación de distancia*' (*Ranging Time*).

Además, la transmisión de determinación de distancia contiene el SN de la ONU. Durante el ciclo de determinación de distancia, la OLT verifica que el ONU-ID concuerda con el SN, es decir, que la asignación de ONU-ID realizado en el estado número-de-serie (O4) fue correcta.

Una vez que la ONU recibe el mensaje **tiempo de determinación de distancia** (*Ranging Time*), pasa al *estado Operación (O6)*.

- f) *Estado Operación (O6)*

Una vez que se ha realizado la medición de distancias de la red, y todas las ONU están en funcionamiento con su retardo-de-ecualización correcto, las tramas ascendentes de todas las ONU están sincronizadas de forma que las transmisiones ascendentes llegan separadas entre sí, cada una en su posición correcta en la trama.

*Parada de ONU en funcionamiento:* en algunos casos, y debido a los procesos de número de serie o de determinación de distancia de otras ONU, la OLT debe detener una ONU que se encuentra en funcionamiento. Esto puede realizarse poniendo a cero los punteros inicio de intervalo y final de intervalo de todos los identificadores de atribución (*Alloc-ID*) correspondientes a dicha ONU. Alternativamente, la OLT puede simplemente no transmitir a la ONU ninguna estructura de atribución en el mapa de anchura de banda (BW). La ONU procesará normalmente cualquiera de los métodos de atribución, lo que hará que la ONU no transmita durante un cierto tiempo.

- g) *Estado POPUP (O7)*

La ONU pasa a este estado desde el estado Operación (O6) tras la detección de las alarmas LOS (pérdida de señal) o LOF (pérdida de trama). Cuando entra en dicho estado POPUP (O7), la ONU detiene inmediatamente la transmisión ascendente. Como consecuencia de ello, la OLT detectará la alarma LOS de dicha ONU. En base al esquema de supervivencia utilizado en la red, se implementa una de las opciones siguientes:

- En caso de que la OLT conmute todas las ONU a las fibras de protección, debe volver a medirse la distancia de cada ONU. Por lo tanto, la OLT *difunde un mensaje POPUP*, pasando la ONU, en consecuencia, el estado Determinación de distancia (O5).

- En caso de que se produzca una breve alarma de LOS o LOF, o si la ONU conmuta por sí misma a la fibra de protección (en la que ya se ha determinado su distancia), la ONU puede volver al estado de Operación (O6). La OLT prueba la ONU ordenando que transmita una única ráfaga en sentido ascendente. La OLT confirma el valor de los campos siguientes (los punteros para todas las demás ONU en funcionamiento se ponen a cero):
  - ONU-Id = ONU-Id probado
  - PLOAMu = '1'
  - Punteros – Valores elegidos para que las transmisiones de la ONU en prueba se inserten entre las de las restantes ONU, tal como ocurre en el estado normal de Operación.

La ONU responde, en base a sus punteros confirmados, con los campos POPUP ascendentes siguientes: PLOu y PLOAMu que contienen el mensaje número-de-serie-de-ONU (*Serial-Number-ONU*).

El objetivo de esta prueba es verificar que la ONU funciona con los valores correctos de *retardo de ecualización* y de *parámetros*. Si la OLT recibe la transmisión en su posición correcta, envía a la ONU un mensaje *ONU-ID (Unidifusión) POPUP (ONU-ID (Unicast) POPUP)*, retornando la ONU al estado Operación (O6).

Obsérvese que si la ONU no conoce los valores de *retardo de ecualización* y de *parámetros*, ignora la petición de prueba de llegada y la prueba termina con un fallo.

- Si transcurrida la temporización (TO2), la ONU no ha recibido ningún mensaje POPUP, pasa al estado Inicial (O1).

#### h) *Estado Parada-de-emergencia (O8)*

Estando en Parada de emergencia, la ONU no transmite datos en sentido ascendente.

Cuando se recibe un mensaje *inhabilitación de número de serie (Disable\_Serial\_Number)* con la opción 'Inhabilitar' ('Disable'), la ONU pasa al estado Parada-de-emergencia (O8) y apaga su láser.

Si la ONU no consigue pasar al estado *Parada-de-emergencia*, la OLT continua recibiendo la transmisión ascendente desde la ONU (no se confirma la alarma LOS), la OLT confirma una alarma *Dfi*.

Cuando se repara la avería de la ONU que había sido desactivada, la OLT puede reactivar la ONU para que vuelva a estar en situación de funcionamiento. La activación se realiza enviando a la ONU un mensaje *inhabilitación de número de serie (Disable\_Serial\_Number)* con la opción 'habilitar' ('Enable'). Como consecuencia de ello, la ONU vuelve al estado Espera (O2) y se vuelven a examinar todos los parámetros (incluido el número de serie, PSU y ONU-ID).

### 10.2.2.2 Diagramas de estado de la ONU

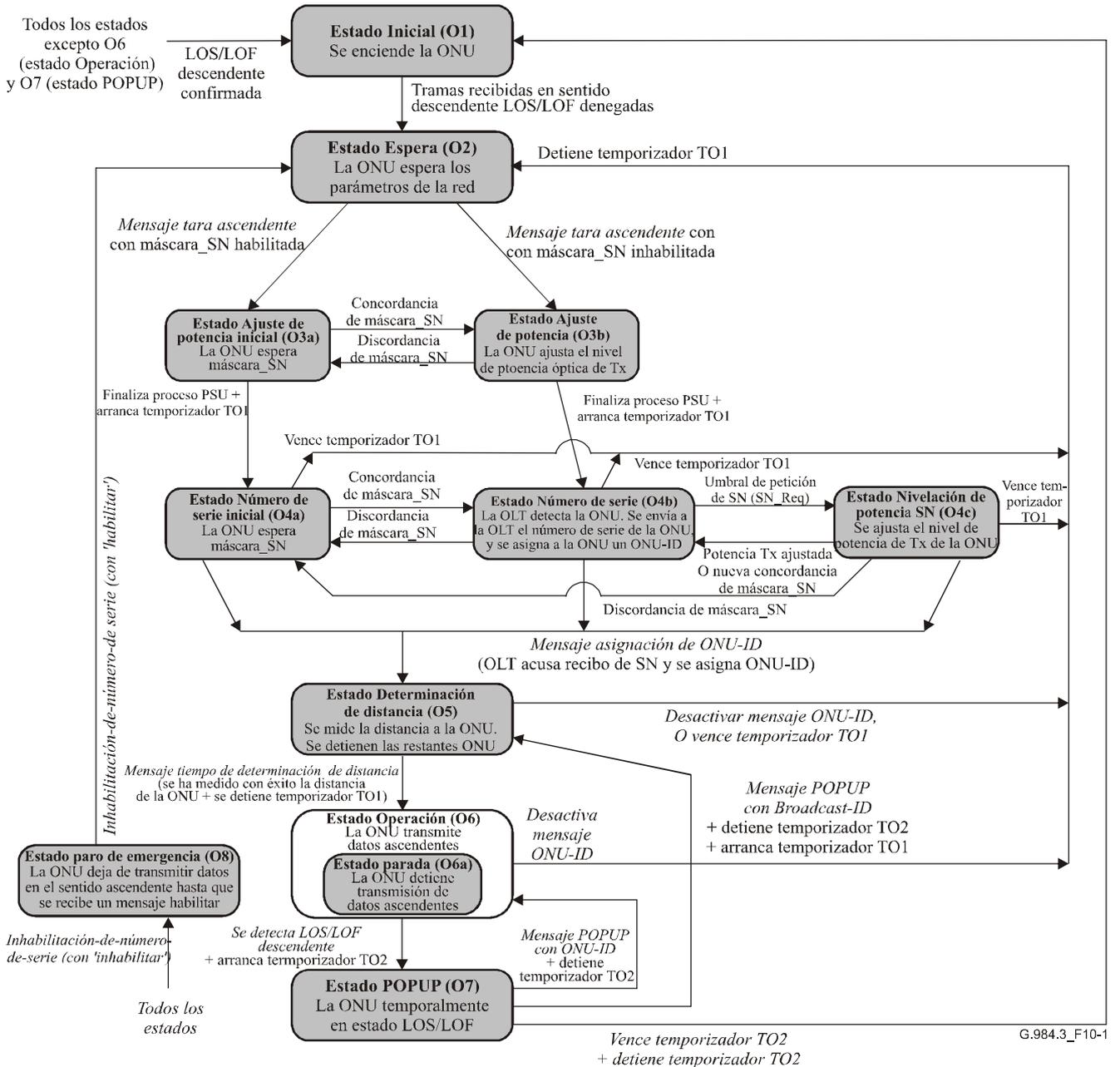


Figura 10-1/G.984.3 – Diagrama de estados de la ONU

### 10.2.3 Especificación del comportamiento de la ONU

#### 10.2.3.1 Cuadro de transiciones funcionales de la ONU

El cuadro siguiente describe el comportamiento funcional de la ONU. La primera columna indica los eventos generados, incluida la recepción del mensaje y la primera fila indica los estados de la ONU.

	Estados										
	Inicio (O1)	Espera (O2)	Ajuste inicial de potencia (O3a)	Ajuste de potencia (O3b)	SN inicial (O4a)	SN (O4b)	Nivelación de potencia de SN (O4c)	Determinación de distancia (O5)	Operación (O6)	POPUP (O7)	Parada de emergencia (O8)
Suprime LOS o LOF descendente	⇒ O2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Mensaje tara ascendente ( <i>Upstream_Overhead</i> )	–	Fija parámetros de PON Fija modo de nivel de potencia por defecto Fija estado habilitación/inhabilitación de máscara_SN <b>Habilitación máscara_SN ⇒ O3a</b> <b>Inhabilitación máscara_SN ⇒ O3b</b>	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Concordancia de mensaje Máscara_SN ( <i>SN_Mask</i> )	–	–	⇒ O3b	–	⇒ O4b	–	⇒ O4b	–	–	–	–
Discordancia de mensaje máscara_SN ( <i>SN_Mask</i> ) (y habilitación de máscara_SN)	–	–	–	⇒ O3a	–	⇒ O4a	⇒ O4a	–	–	–	–

	Estados										
	Inicio (O1)	Espera (O2)	Ajuste inicial de potencia (O3a)	Ajuste de potencia (O3b)	SN inicial (O4a)	SN (O4b)	Nivelación de potencia de SN (O4c)	Determinación de distancia (O5)	Operación (O6)	POPUP (O7)	Parada de emergencia (O8)
Petición de número de serie (PLSu = 1)	–	–	–	Espera retardo aleatorio – ENVÍA TRANSMISIÓN DE SN CON EL CAMPO PLSu	–	Espera retardo aleatorio – Envía transmisión de SN (sin el campo PLSu)	Espera retardo aleatorio ¿NO SE HA RECIBIDO EL MENSAJE Change_Power_Level? Envía transmisión de SN ¿SE HA RECIBIDO EL MENSAJE Modificar nivel de potencia? Envía transmisión de SN con campo PLSu – AUMENTA/ DISMINUYE NIVEL DE POTENCIA EN 3 dB **	–	–	–	–
Evento ajuste de potencia finalizado	–	–	Arranca temporizador TO1 ⇒ O4a	Arranca temporizador TO1 ⇒ O4b			⇒ O4b				
Petición de número de serie (PLSu = 0)	–	–	–	–	–	Espera retardo aleatorio – Envía transmisión de SN	Espera retardo aleatorio – Envía transmisión de SN	–	–	–	–
Superado umbral de peticiones de SN (SN_Req)	–	–	–	–	–	⇒ O4c	–	–	–	–	–

	Estados										
	Inicio (O1)	Espera (O2)	Ajuste inicial de potencia (O3a)	Ajuste de potencia (O3b)	SN inicial (O4a)	SN (O4b)	Nivelación de potencia de SN (O4c)	Determinación de distancia (O5)	Operación (O6)	POPUP (O7)	Parada de emergencia (O8)
<b>Mensaje asignación de ONU-ID</b> (Assign ONU-ID)	-	-	-	-	<b>CONCORDANCIA DE SN?</b> Asigna ONU-ID ⇒ O5	<b>CONCORDANCIA DE SN?</b> Asigna ONU-ID ⇒ O5	<b>CONCORDANCIA DE SN?</b> Asigna ONU-ID ⇒ O5	-	-	-	-
<b>Mensaje cambiar nivel de potencia</b> (Change_Power_Level)	-	-	-	-	-	-	<b>DIFUNDE ONU-ID?</b> - ONU se prepara para aumento/ disminución del nivel de potencia en 3 dB con la siguiente petición de SN con PLSu = 1*	<b>CONCORDANCIA DE ONU-ID?</b> - ONU se prepara para aumento/ disminución del nivel de potencia en 3 dB con la siguiente petición de determinación de distancia con PLSu = 1*	<b>CONCORDANCIA DE ONU-ID?</b> - ONU se prepara para aumento/ disminución del nivel de potencia en 3 dB con la siguiente petición de datos con PLSu = 1*	-	-
<b>Petición de determinación de distancia (PLSu = 0)</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>CONCORDANCIA DE ONU ID?</b> - Envía transmisión de determinación de distancia	-	-	-

	Estados										
	Inicio (O1)	Espera (O2)	Ajuste inicial de potencia (O3a)	Ajuste de potencia (O3b)	SN inicial (O4a)	SN (O4b)	Nivelación de potencia de SN (O4c)	Determinación de distancia (O5)	Operación (O6)	POPUP (O7)	Parada de emergencia (O8)
Petición de determinación de distancia (PLSu = 1)	-	-	-	-	-	-	-	<p>CONCORDANCIA DE ONU ID?</p> <p>¿NO SE HA RECIBIDO EL MENSAJE Modificar nivel de potencia?</p> <p>Envía transmisión de determinación de distancia</p> <p>¿SE HA RECIBIDO EL MENSAJE Change_Power_Level?</p> <p>Envía transmisión de determinación de distancia con campo PLSu</p> <p>- Aumenta/ disminuye nivel de potencia en 3 dB**</p>	-	-	-
Mensaje tiempo de determinación de distancia ( <i>Ranging_Time</i> )	-	-	-	-	-	-	-	<p>CONCORDANCIA DE ONU-ID?</p> <p>Fijar retardo de ecualización (EQD)</p> <p>- <b>Detiene TEMPORIZADOR TO1 ⇒ O6</b></p>	<p>CONCORDANCIA DE ONU-ID?</p> <p>Fijar retardo de ecualización (EQD)</p>	-	-

	Estados										
	Inicio (O1)	Espera (O2)	Ajuste inicial de potencia (O3a)	Ajuste de potencia (O3b)	SN inicial (O4a)	SN (O4b)	Nivelación de potencia de SN (O4c)	Determinación de distancia (O5)	Operación (O6)	POPUP (O7)	Parada de emergencia (O8)
Petición de datos (PLSu = 1)	-	-	-	-	-	-	-	-	<p>CONCORDANCIA DE ONU-ID?</p> <p>¿NO SE HA RECIBIDO EL MENSAJE Change_Power_Level?</p> <p>- Inicia Tx</p> <p>¿SE HA RECIBIDO EL MENSAJE Modificar nivel de potencia?</p> <p>Inicia Tx con campo PLSu</p> <p>- Aumenta/ disminuye nivel de potencia en 3 dB**</p>		
Petición de datos (PLSu = 0)	-	-	-	-	-	-	-	-	<p>¿CONCORDANCIA DE ONU-ID?</p> <p>- Inicia Tx</p>	-	-
Parada mediante punteros cero	-	-	-	-	-	-	-	-	<p>¿CONCORDANCIA DE ONU-ID?</p> <p>Espera EQD</p> <p>- Cesa Tx durante 1 trama</p>	-	-
Petición de POPUP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<p>CONCORDANCIA DE ONU-ID?</p> <p>Espera EQD</p> <p>- Transmite POPUP</p>	-

	Estados										
	Inicio (O1)	Espera (O2)	Ajuste inicial de potencia (O3a)	Ajuste de potencia (O3b)	SN inicial (O4a)	SN (O4b)	Nivelación de potencia de SN (O4c)	Determinación de distancia (O5)	Operación (O6)	POPUP (O7)	Parada de emergencia (O8)
Mensaje POPUP (difusión)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Detiene temporizador TO2 <b>ARRANCA TEMPORIZADOR TO1</b> ⇒ <b>O5</b>	-
Mensaje POPUP (ONU-ID)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	¿CONCORDANCIA DE ONU-ID? Detiene temporizador TO2 ⇒ <b>O6</b>	-
Vence temporizador TO1	-	-	-	-	Detiene temporizador TO1 ⇒ <b>O2</b>	-	-	-			
Vence temporizador TO2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Detiene temporizador TO2 ⇒ <b>O1</b>	-
Desactivación de ONU-ID (Deact_ONU-ID)	-	-	-	-	-	-	-	¿CONCORDANCIA DE ONU-ID? Detiene temporizador TO1 ⇒ <b>O2</b>	¿CONCORDANCIA DE ONU-ID? Cesa Tx ⇒ <b>O2</b>	-	-
Inhabilitación de número de serie (Disable_Serial_Number) con Inhabilitar	-	¿CONCORDANCIA DE SN? ⇒ <b>O8</b>	¿CONCORDANCIA DE SN? ⇒ <b>O8</b>	¿CONCORDANCIA DE SN? ⇒ <b>O8</b>	¿CONCORDANCIA DE SN? Detiene temporizador TO1 ⇒ <b>O8</b>	¿CONCORDANCIA DE SN? Cesa Tx ⇒ <b>O8</b>	¿CONCORDANCIA DE SN? Detiene temporizador TO2 ⇒ <b>O8</b>	-			
Inhabilitación de número de serie (Disable_Serial_Number) con habilitar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	¿CONCORDANCIA DE SN? ⇒ <b>O2</b>

	Estados										
	Inicio (O1)	Espera (O2)	Ajuste inicial de potencia (O3a)	Ajuste de potencia (O3b)	SN inicial (O4a)	SN (O4b)	Nivelación de potencia de SN (O4c)	Determinación de distancia (O5)	Operación (O6)	POPUP (O7)	Parada de emergencia (O8)
<b>Detecta LOS o LOF descendente</b>	–	⇒ O1	⇒ O1	⇒ O1	Detiene temporizador TO1 ⇒ O1	Detiene temporizador TO1 ⇒ O1	Detiene temporizador TO1 ⇒ O1	Detiene temporizador TO1 ⇒ O1	Arranca temporizador TO2 Cesa Tx ⇒ O7	–	–
<p>* Si la ONU puede ajustar su nivel de potencia de transmisión sin activar el transmisor, se hará automáticamente cuando se reciba el mensaje modificar nivel de potencia (<b><i>Change_Power_Level</i></b>).</p> <p>** Si la ONU puede ajustar su nivel de potencia de transmisión sin activar el transmisor, puede ignorar el campo PLSu, ya que su nivel de potencia de transmisión ya se ha ajustado al recibir el mensaje modificar nivel de potencia (<b><i>Change_Power_Level</i></b>).</p>											

### 10.2.3.2 Recepción de mensajes

Los mensajes transportados en los campos PLOAM y bandera desde la OLT deben estar protegidos por el CRC, generándose el evento recepción de mensaje cuando la verificación CRC es correcta. Estos mensajes se envían tres veces para asegurar la correcta recepción en la ONU. El evento recepción de mensaje se genera después de que el mensaje se ha recibido correctamente al menos dos veces.

a) *Evento recepción del mensaje **tara ascendente** (**Upstream-Overhead**)*

Este evento sólo se produce en el estado Espera (O2). Después de la correcta recepción del mensaje **tara ascendente** (**Upstream-overhead**), la ONU conoce el estado de utilización de máscara\_SN (**SN\_Mask**) en el proceso de activación.

- Si el estado de utilización de máscara\_SN está habilitado, la ONU pasa al estado Ajuste de potencia inicial (O3a).
- Si el estado de utilización de máscara\_SN está inhabilitado, la ONU pasa al estado Ajuste de potencia (O3b).

b) *Evento recepción del mensaje **máscara de número de serie** (**SN\_Mask**)*

Este evento se produce en los estados O3a, O3b, O4a, O4b y O4c.

Si la ONU está en el estado O3a u O4a y se recibe un mensaje máscara de número de serie que concuerda con el número de serie de la ONU, ésta pasa al estado O3b u O4b, respectivamente.

Si la ONU está en el estado O3b u O4b y se recibe un mensaje máscara de número de serie que no concuerda con el número de serie de la ONU, ésta pasa al estado O3a u O4a, respectivamente.

Si la ONU está en el estado O4c, cuando se recibe un mensaje máscara de número de serie que no concuerda con el número de serie de la ONU, ésta pasa al estado O4a. Asimismo, cuando se recibe un mensaje máscara de número de serie diferente del que ha sido previamente recibido pero que concuerda con el número de serie de la ONU, ésta pasa al estado O4b.

Obsérvese que la OLT tiene que esperar al menos 1 ms, después de la transmisión del mensaje **máscara de número de serie** (**SN\_Mask**), antes de enviar una petición **número de serie** (**Serial\_Number**).

c) *Evento recepción del mensaje **asignación de ONU-ID** (**Assign\_ONU-ID**)*

Este evento sólo ocurre en los estados número de serie inicial (O4a), número de serie (O4b) y nivelación de potencia de SN (O4c). Cuando el número de serie del mensaje **Assign\_ONU-ID** concuerda con su propio número de serie, se adquiere el ONU-ID y la ONU pasa al estado Determinación de distancia (O5).

d) *Evento recepción del mensaje **tiempo de determinación de distancia** (**Ranging\_Time**)*

Este evento sólo ocurre en los estados Determinación de distancia (O5) y Operación (O6). Cuando el número de ONU-ID en el campo PLOAM concuerda con su propio ONU-ID, se adquiere el retardo de ecualización (EqD). Cuando la ONU está en el estado Determinación de distancia (O5), se detiene el temporizador TO1 y la ONU pasa al estado Operación (O6).

e) *Evento recepción del mensaje **modificar nivel de potencia** (**Change\_Power\_Level**) con ONU-ID específico*

Este evento sólo ocurre en los estados Determinación de distancia (O5) y Operación (O6). Cuando el ONU-ID del mensaje **modificar nivel de potencia** (**Change\_Power\_Level**) concuerda con su propio ONU-ID, la ONU se prepara para ajustar (aumentar/reducir) su nivel de potencia en la siguiente petición determinación de distancia (**Ranging**) o de datos (**Data**) cuando se reciba la instrucción PLSu = 1.

- f) *Evento recepción del mensaje **modificar nivel de potencia (Change\_Power\_Level)** con difusión de ONU-ID*
- Este evento sólo ocurre en el estado Nivelación-de-potencia-SN (O4c). En este estado, y después de recibirse este mensaje, la ONU se prepara para ajustar (aumentar/reducir) su nivel de potencia en la siguiente petición de número de serie (*SN*) cuando se reciba la instrucción PLSu = 1.
- g) *Evento recepción del mensaje **POPUP** en difusión*
- Este evento sólo ocurre en el estado POPUP (O7). Se produce el cambio del estado de la ONU al estado Determinación de distancia (O5). Se detiene el temporizador TO2 y se arranca el temporizador TO1.
- h) *Evento recepción del mensaje **POPUP** específico en unidifusión*
- Este evento sólo ocurre en el estado POPUP (O7). Cuando el número del ONU-ID del campo PLOAM concuerda con su propio ONU-ID, la ONU pasa al estado Operación (O6) e inicia la transmisión en sentido ascendente. También se detiene el temporizador TO2.
- i) *Evento recepción del mensaje **desactivación de ONU-ID (Deactivate\_ONU-ID)***
- Este evento sólo ocurre en los estados determinación de distancia (O5) y Operación (O6). Cuando el número ONU-ID del campo PLOAM concuerda con su propio ONU-ID, la ONU detiene la transmisión en sentido ascendente, y pasa al estado espera (O2). Si la ONU estuviera en el estado determinación de distancia (O5), también se detiene el temporizador TO1.
- j) *Evento recepción de mensaje **inhabilitación de número de serie (Disable\_Serial\_Number)** con el parámetro Inhabilitación*
- Este evento sólo ocurre en los estados Número de serie (O4), Determinación de distancia (O5), Operación (O6) y POPUP (O7). Cuando el número serie del mensaje Inhabilitación de número de serie (*Disable\_Serial\_Number*) concuerda con su propio número de serie, la ONU detiene la transmisión en sentido ascendente, y pasa al estado Parada de emergencia (O8). Si la ONU estaba en el estado Número de serie (O4) o en el estado Determinación de distancia (O5), se detiene el temporizador TO1. Si la ONU está en el estado POPUP (O7), también se detiene el temporizador TO2.
- k) *Evento recepción del mensaje **inhabilitación de número de serie (Disable\_Serial\_Number)** con el parámetro Inhabilitación*
- Este evento sólo ocurre en el estado Parada de emergencia (O8). Cuando el número serie del mensaje Inhabilitación de número de serie (*Disable\_Serial\_Number*) concuerda con su propio número de serie, la ONU pasa al estado Espera (O2).

### 10.2.3.3 Recepción de peticiones

Las peticiones especiales realizadas por la OLT a la ONU se transportan en la tara descendente, específicamente en los campos PLOAM, punteros y bandera. Estas peticiones exigen respuesta en tiempo real de la ONU. A diferencia de los mensajes anteriores, estas peticiones sólo se envían una sola vez a la ONU, generándose en ésta inmediatamente un evento recepción de petición.

- a) *Evento ajuste de potencia finalizado*
- Este evento ocurre en los estados Ajuste de potencia inicial (O3a), ajuste de potencia (O3b) o nivelación de potencia de adquisición de SN (O4c), una vez que la ONU ha determinado que la potencia de su transmisor se ha fijado convenientemente. Obsérvese que en algunas implementaciones, esto puede ocurrir sin activar el transmisor. Cuando ocurre este evento, la ONU pasa del estado O3a al O4a, o del O3b al O4b, y arranca el temporizador TO1; o pasa del estado O4c al estado O4b.

b) *Evento recepción de petición de **número de serie (Serial\_Number)** con PLSu = 0*

La petición de número de serie se basa en los campos confirmados siguientes: ONU-ID = 254 y PLOAMu = '1'.

Este evento sólo ocurre en los estados Número de serie (O4b) y Nivelación de potencia de SN (O4c). Después de la correcta recepción de la petición de número de serie (Serial\_Number), la ONU espera durante un tiempo aleatorio y realiza una transmisión de número de serie (SN) en sentido ascendente. La transmisión de SN es una transmisión ascendente que incluye los campos siguientes: PLOu y PLOAMu con el mensaje número de serie de ONU (*Serial-Number-ONU*).

Para acelerar el proceso número de serie en caso de colisiones, puede aplicarse un método de respuesta de 'múltiples' transmisiones de SN.

Sobre la base de dicho método, la ONU responde a la petición de *número de serie* con múltiples transmisiones de SN (el número máximo de transmisiones de SN viene dado por el mensaje *tara ascendente*). Se aplica un retardo aleatorio entre cada transmisión de SN, estando el valor máximo de cada retardo aleatorio basado en el tiempo total de retardo aleatorio permitido, dividido por el número de respuestas de transmisión de SN.

No es necesario que todas las ONU soporten el método de 'múltiples' transmisiones de SN. Cuando una ONU no lo soporta, sólo se le permite que realice una transmisión de SN.

c) *Evento recepción de petición de **número de serie (Serial\_Number)** con PLSu = 1*

La petición de número de serie se basa en los campos confirmados siguientes: ONU-ID = 254, PLOAMu = '1' , PLSu = '1', Sstart = 0 y Sstop = longitud del campo ajuste de potencia.

Este evento sólo ocurre en los estados Ajuste de potencia (O3b), Número de serie (O4b) y Nivelación de potencia SN (O4c).

- En el estado Ajuste de potencia (O3b), la ONU espera un tiempo de retardo aleatorio y realiza una transmisión de ajuste de potencia en sentido ascendente. La transmisión ajuste de potencia es una transmisión ascendente que contiene los campos siguientes: PLOu, PLOAMu y PLSu.
- En el estado Número de serie (O4b), la ONU espera un tiempo de retardo aleatorio y realiza una transmisión de SN en sentido ascendente. La transmisión SN es una transmisión ascendente que incluye los campos siguientes: PLOu y PLOAMu con el mensaje número de serie de ONU (*Serial-Number-ONU*).
- En el estado Nivelación de potencia de SN (O4c), el comportamiento está condicionado por el hecho de que la ONU haya recibido un mensaje en difusión cambio de nivel de potencia (*Change\_Power\_Level*). Si lo ha recibido, la ONU espera durante un tiempo de retardo aleatorio y realiza una transmisión en sentido ascendente de SN con el campo PLSu. Durante la transmisión del campo PLSu, la ONU aumenta/disminuye su nivel de potencia en 3 dB (el nuevo nivel de potencia se indica en el PLOAMu de SN de la ONU). Típicamente se genera un evento *aumento de potencia finalizado (Power-Increase-Complete)*, y la ONU pasa al estado Número de serie (O4b). Si la ONU no ha recibido un mensaje en difusión *modificar nivel de potencia*, no modifica su nivel de potencia y responde con el mismo comportamiento que el especificado para el estado 4b.

d) *Evento recepción de petición de **determinación de distancia (Ranging)** con PLSu = 0*

La petición de determinación de distancia ( Ranging) se basa en los campos confirmados siguientes: ONU-ID = ONU-ID con distancia medida y PLOAMu = '1'.

Este evento sólo ocurre en el estado Determinación de distancia (O5). Tras recibir correctamente la petición determinación de distancia, la ONU realiza inmediatamente una

transmisión de determinación de distancia en sentido ascendente. La transmisión de determinación de distancia es una transmisión ascendente que incluye los campos siguientes: PLOu y PLOAMu con el mensaje *número de serie de ONU (Serial-Number-ONU)*.

e) *Evento recepción de petición de **determinación de distancia (Ranging)** con PLSu = 1*

La petición de determinación de distancia (*Ranging*) se basa en los campos confirmados siguientes: ONU-ID = ONU-ID con distancia medida y PLOAMu = '1'.

Este evento sólo ocurre en el estado determinación de distancia (O5).

- Si no se recibe el mensaje **modificar nivel de potencia** después de la correcta recepción de la petición de determinación de distancia, la ONU realiza inmediatamente una transmisión de determinación de distancia en sentido ascendente. La transmisión de determinación de distancia es una transmisión ascendente que contiene los campos siguientes: PLOu y PLOAMu con el mensaje número de serie de ONU (*Serial-Number-ONU*).
- Si se recibe el mensaje **modificar nivel de potencia** después de la correcta recepción de la petición de determinación de distancia, la ONU realiza inmediatamente una transmisión *determinación de distancia (Ranging)* en sentido ascendente con el campo PLSu durante los intervalos de tiempo atribuidos. Durante la transmisión del campo PLSu, la ONU aumenta /disminuye su nivel de potencia (en base al mensaje **modificar nivel de potencia**) en 3 dB.

f) *Evento recepción de petición **POPUP***

Este evento sólo ocurre en el estado POPUP (O7). Después de la recepción correcta de la petición POPUP, la ONU espera durante su correspondiente retardo de equalización (EqD) y realiza una transmisión de POPUP en sentido ascendente.

g) *Evento recepción de petición de **detención (Halt)**, o no recepción de atribuciones*

Este evento sólo ocurre en el estado Operación (O6). La ONU no transmite.

h) *Evento recepción de petición de **datos (Data)** a través de punteros válidos con PLSu = 0*

Este evento sólo ocurre en el estado Operación (O6). La ONU realiza su transmisión ascendente durante los intervalos de tiempo atribuidos que se encuentra entre el intervalo de tiempo inicio (*Start-Timeslot*) y el intervalo de tiempo finalización (*End-TimeSlot*).

i) *Evento recepción de petición de **datos (Data)** a través de punteros válidos con PLSu = 1*

Este evento sólo ocurre en el estado Operación (O6).

- Si no se recibe el mensaje **cambio del nivel de potencia (Change Power Level)**, la ONU realiza su transmisión ascendente durante los intervalos de tiempo atribuidos, que se encuentran entre el intervalo de tiempo inicio y el intervalo de tiempo finalización.
- Si se recibe el mensaje **modificar nivel de potencia**, la ONU realiza su transmisión ascendente con el campo PLSu durante los intervalos de tiempo atribuidos. Durante la transmisión del campo PLSu, la ONU aumenta/disminuye su nivel de potencia (en base al mensaje **modificar nivel de potencia**) en 3 dB.

#### 10.2.3.4 Otros eventos

a) *Superación del umbral de peticiones de número de serie (SN\_Requests)*

Este evento se genera cuando la ONU está en el estado Número de serie (O4b) y se reciben más de cuatro peticiones de número de serie que se responden sin que haya habido asignación de ONU-ID (no se ha recibido el mensaje asignación de ONU-ID, *Assign\_ONU-ID*). Este evento genera una transición al estado Nivelación de potencia de SN (O4c).

Si se utiliza el mecanismo máscara de número de serie, el contador 'umbral de peticiones de SN superado' se reinicializa cuando se recibe una nueva máscara\_SN diferente, incluso si ésta concuerda con la máscara\_SN de la ONU.

b) *Vencimiento del temporizador TO1*

Este evento se genera cuando el procedimiento de activación no se completa transcurrido un cierto tiempo. Genera la transición al estado Espera (O2).

El valor de TO1 es 10 s.

c) *Detección de LOS o de LOF*

Cualquiera de estos eventos hace que la ONU pase al estado Inicial (O1) excepto cuando está en el estado Operación (O6) o en el estado POPUP (O7). Además, en los estados Número de serie (O4a-c) y Determinación de distancia (O5), este evento detiene el temporizador TO1.

En el estado Operación (O6), este evento hace que la ONU pase al estado POPUP (O7) una vez que se arranca el temporizador TO2 se fija para que arranque.

d) *Supresión de LOS o de LOF*

Este evento hace que la ONU pase del estado Inicial (O1) al estado Espera (O2).

e) *Vencimiento del temporizador TO2*

Este evento se genera cuando el mensaje POPUP no se recibe en el estado POPUP dentro de un cierto periodo de tiempo. Este evento genera una transición al estado Inicial (O1).

El valor propuesto de TO2 es 100 ms.

## 10.2.4 Procedimientos y métodos de la ONU

### 10.2.4.1 Método del retardo aleatorio

Puesto que la petición número de serie (*Serial-Number*) se envía a todas las ONU que están en el estado Ajuste de potencia y Número de serie, se puede producir respuestas de una o varias ONU. Puede haber un problema si llegan simultáneamente a la OLT varias transmisiones *PLSu* o de *número de serie (Serial\_Number)*, causando una colisión. Para resolver este problema se utiliza el método del retardo aleatorio.

En base al método del retardo aleatorio, cada transmisión de *PLSu* y de *número de serie* se retrasa el número concreto de unidades de retardo que se han generado para cada ONU. Las unidades de retardo tienen una longitud de 32 bytes para todas las velocidades binarias. El retardo aleatorio debe ser un número entero de unidades de retardo. Después de cada respuesta a una petición de número de serie (*Serial\_Number*), la ONU genera un nuevo número aleatorio, de forma que se eviten las colisiones de forma fácil y eficiente.

El retardo aleatorio oscila entre 0 y 50  $\mu$ s. Dicho margen se mide desde el inicio de la primera transmisión posible (con retardo de procesamiento cero) hasta el final de la última transmisión posible (el retardo de procesamiento interno de la ONU y la duración de la ráfaga ascendente están incluidos en el margen del retardo aleatorio y, por tanto, deben tenerse en cuenta cuando se seleccione un nuevo valor de retardo aleatorio).

### 10.2.4.2 Proceso de nivelación de potencia

Debido a diferencias en las pérdidas de la ODN para distintas ONU, el receptor de la OLT debe tener una elevada sensibilidad y un gran margen dinámico para permitir la recepción a velocidades binarias elevadas.

A fin de relajar el margen dinámico del receptor de la OLT, el nivel de potencia del transmisor de las ONU que experimenten una baja pérdida en la ODN, debe reducirse para evitar sobrecargar el receptor de la OLT. Asimismo, en caso de una elevada pérdida en la ODN, debería aumentarse el

nivel de potencia del transmisor de la ONU. Por este motivo, debe implementarse un mecanismo de nivelación de potencia adecuado.

El mecanismo de nivelación de potencia requiere que la ONU pueda aumentar o disminuir la potencia transmitida cuando reciba el mensaje descendente *modificar nivel de potencia* que envía la OLT, así como que la OLT tenga capacidad para la nivelación de potencia durante el proceso de activación de la ONU y durante su funcionamiento.

#### **10.2.4.2.1 Niveles de transmisión de la ONU**

La ONU debe poder operar en 3 modos de potencia, pudiendo recibir instrucciones para funcionar en cualquiera de ellos. Cuando la ONU reciba dicha señal de control, deberá realizar las acciones necesarias a fin de alcanzar el nivel de potencia de salida deseado.

Durante el estado *Ajuste de potencia* (O3) la ONU fija su nivel de potencia de transmisión a su nivel por defecto, que se especifica en el mensaje *tara ascendente*. Se recomienda que el nivel de potencia de transmisión por defecto se base en el modo 2 (modo de potencia transmitida mínima). Sin embargo, para conseguir un tiempo de activación más breve, el nivel de potencia de transmisión puede también estar basado en el modo 1. Sólo en los casos en los que la OLT no requiere nivelación de potencia, el modo por defecto es el modo 0.

### **10.3 Procedimiento de activación en la OLT**

El procedimiento de activación se especifica mediante el comportamiento funcional en los estados y en la transición de estado, tal como se describe a continuación.

#### **10.3.1 Estados de la OLT**

Las funciones de la OLT para el procedimiento de activación pueden dividirse en parte-común y parte(n)-de-gestión-de-ONU-individual. La parte-común trata una función común en una interfaz de línea y la parte(n)-de-gestión-de-ONU-individual trata cada ONU soportada en una interfaz de línea. Los estados de ambas partes se describen a continuación con sus respectivos comportamientos.

#### **10.3.2 Especificación del comportamiento en la OLT**

##### **10.3.2.1 Comportamiento de la parte común**

La parte común se ocupa de la adquisición de los números de serie de las nuevas ONU y la detección de las ONU que vuelven al servicio después de haber permanecido en el estado LOS.

El diagrama de estado utilizado para la descripción del comportamiento funcional de la parte-común se muestra en el cuadro siguiente. La primera columna del cuadro indica los eventos generados y la primera fila identifica los estados en la parte-común.

Los estados que se definen son los siguientes:

a) *Estado espera para adquisición de número de serie (OLT-COM1)*

La OLT espera una indicación de ONU 'nueva' o que permanecía 'perdida', o bien, el vencimiento de un ciclo periódico.

b) *Estado adquisición de número de serie (OLT-COM2)*

Cuando pasa a este estado, la OLT inicia un ciclo de adquisición de número de serie. Por tanto, la OLT verifica la existencia de ONU 'nuevas' o 'perdidas', y asigna un ONU-ID a las ONU detectadas.

En consecuencia, se activan ciclos de medida del retardo de ida y vuelta (RTD) para las ONU detectadas.

c) *Estado espera de medición del RTD (OLT-COM3)*

Cuando pasa a este estado, la parte individual de la OLT inicia el ciclo de medición del RTD para las ONU detectadas.

Durante los ciclos de medición del RTD, la OLT no puede continuar verificando la existencia de ONU 'nuevas' o 'perdidas'.

Se definen los eventos siguientes:

a) *El sistema de operaciones (Ops) solicita la búsqueda de una ONU 'nueva'*

Este evento se genera cuando el sistema Ops define una nueva ONU.

b) *Alarma de ONU 'perdidas' (estado de pérdida de señal, LOS)*

Este evento se genera cuando el número de ONU activas (que no están en LOS) es inferior al número de ONU instaladas, según define el sistema OpS.

c) *Vencimiento de temporización del ciclo periódico de adquisición de número de serie*

En algunos casos, y debido a los procesos de detección manual y automático, la OLT inicia un ciclo número de serie (SN), sin que existan ONUs perdidas. Este evento se genera cuando vence la temporización para esta operación periódica.

d) *Recepción de transmisión de número de serie válido para una ONU 'nueva'*

Este evento se genera cuando se recibe dos veces el mismo número de serie para una nueva ONU durante el ciclo de adquisición de SN. En consecuencia, se activa en la ONU el proceso de medición del RTD completo.

e) *Recepción de transmisión de número de serie válido para una ONU 'perdida'*

Este evento se genera cuando se recibe dos veces el mismo número de serie y el ONU-ID correcto para una ONU 'perdida' durante el ciclo de adquisición de SN. En consecuencia, se activa en la ONU el proceso de medición del RTD simplificado.

f) *Recepción de transmisión de número de serie inesperado*

Este evento se genera cuando se recibe dos veces el mismo número de serie inesperado durante el ciclo de adquisición de SN.

g) *Recepción de transmisión de número de serie no válido*

Este evento se genera cuando no se recibe la transmisión de ningún SN (ya sea válido o inválido, es decir, colisión) en sentido ascendente durante dos ciclos, es decir, existe LOS en sentido ascendente durante dos ciclos de adquisición de número serie.

h) *Se alcanza el límite de ciclos de adquisición de número de serie*

Este evento se genera tras el décimo ciclo de adquisición de número de serie.

i) *Medición de retardo finalizada*

Este evento se genera cuando se reciben (n) notificaciones de final de medición de retardo procedentes de la parte-de-gestión-de-ONU-individual (n) para cada una de las ONU que se han detectado durante el anterior estado de adquisición de número de serie. Es decir, cuando ha finalizado la medición de RTD de todas las ONU.

	Estado de espera de adquisición de número de serie (OLT-COM1)	Estado de adquisición de número de serie (OLT-COM2)	Estado de espera de la medición del RTD (OLT-COM3)
El sistema de Operaciones (Ops) indica ONU 'nuevas'	⇒OLT-COM2	–	–
Alarma de ONU 'perdidas' (estado LOS)	⇒OLT-COM2	–	–
Vencimiento de temporización del ciclo periódico de adquisición de número de serie	⇒OLT-COM2	–	–
Recepción de transmisión de número de serie válida para una ONU 'nueva'		Extracción de SN Atribución de ONU-ID libre	–
Recepción de transmisión de número de serie válido para una ONU 'perdida'		Extracción de SN Reasignación del ONU-ID	–
Recepción de transmisión de número de serie inesperado		Desactivación de ONU	
Recepción de transmisión de número de serie no válido		⇒OLT-COM3	
Se alcanza el límite de ciclos de adquisición de número de serie		⇒OLT-COM3	
Medición de retardo finalizada			⇒OLT-COM1

### 10.3.2.2 Comportamiento de la parte de gestión de las ONU individuales

El diagrama de estados describe el comportamiento funcional en la parte(n)-de-gestión-de-ONU-individual, tal como se describe en el cuadro siguiente. La primera columna del cuadro indica los eventos generados y la primera fila indica los estados de la parte(n)-de-gestión-de-ONU-individual.

Los estados que se definen son los siguientes:

a) *Estado inicial (OLT-IDV1)*

La OLT espera la orden de inicio de la medición del RTD, es decir, la ONU (n) está en el estado Inicial, en el estado Espera o en el estado Número de serie.

b) *Estado medición de retardo (OLT-IDV2)*

Cuando se pasa a este estado, la OLT inicia el ciclo de medición del RTD.

c) *Estado operación (OLT-IDV3)*

La ONU (n) está en el estado Operación.

d) *Estado POPUP (OLT-IDV4)*

La ONU (n) está en el estado POPUP.

Se definen los eventos siguientes:

a) *Orden de inicio de medición del retardo RTD (n)*

Este evento se genera cuando se recibe la instrucción de la parte común.

b) *Medición de retardo finalizada (n)*

Este evento se genera cuando se ha realizado con éxito la medición del RTD.

Después de que se haya enviado tres veces a la ONU (n) el mensaje **tiempo de determinación de distancia (Ranging\_time)** incluyendo el retardo de ecualización, por conveniencia de la parte común de la OLT, se genera una notificación de fin de medición de retardo (n), pasando la OLT al estado operación (OLT-IDV3).

c) *Detención anormal de la medición de retardo (n)*

Este evento se genera cuando falla la medición de retardo.

Después de haber enviado tres veces a la ONU (n) el mensaje desactivación de ONU-ID (*Deactivate\_ONU-ID*), por conveniencia de la parte común de la OLT, se genera una notificación de fin de medición de retardo (n), pasando la OLT al estado inicial (OLT-IDV1).

d) *Detección de LOS(n), LOF(n)*

Este evento provoca el paso al estado POPUP (OLT-IDV4).

e) *Éxito de la prueba POPUP (n)*

Este evento se genera cuando la prueba POPUP se ha realizado con éxito.

Dado que la transmisión ascendente de la ONU ha llegado correctamente a la OLT, la ONU puede volver al estado Operación (O6). Esto se consigue enviando tres veces el mensaje **POPUP** (con ONU-ID) a la ONU (n). Por conveniencia de la parte común de la OLT se genera una notificación de fin de medición de retardo (n), pasando la OLT al estado operación (OLT-IDV3).

f) *Fallo de la prueba POPUP (n)*

Este evento se genera cuando la prueba POPUP ha fallado.

Después de haber enviado tres veces a la ONU (n) el mensaje desactivación de ONU-ID (*Deactivate\_ONU-ID*), por conveniencia de la parte común de la OLT, se genera una notificación de fin de medición de retardo (n), pasando la OLT al estado inicial (OLT-IDV1).

	<b>Estado inicial (OLT-IDV1)</b>	<b>Estado medición de retardo (OLT-IDV2)</b>	<b>Estado operación (OLT-IDV3)</b>	<b>Estado POPUP (OLT-IDV4)</b>
Orden de inicio de medición de retardo (n)	Notificación de inicio de medición de retardo (n). ⇒ OLT-IDV2	–	–	–
Medición de retardo finalizada (n)	–	Transmite 3 veces el mensaje tiempo de determinación de distancia ( <i>Ranging_time</i> ). Notificación de fin de medición de retardo (n). ⇒ OLT-IDV3	–	–

	Estado inicial (OLT-IDV1)	Estado medición de retardo (OLT-IDV2)	Estado operación (OLT-IDV3)	Estado POPUP (OLT-IDV4)
Detención anormal de la medición de retardo (n)	–	Transmite 3 veces el mensaje desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> ). Notificación de fin de medición de retardo (n). ⇒ OLT-IDV1	–	–
Detección de LOS(n), LOF(n)	–	–	Notificación de inicio de prueba de llegada de transmisión (n). ⇒ OLT-IDV4	
Éxito de prueba POPUP (n)				Transmite 3 veces el mensaje <i>POPUP</i> (con ONU-ID). Notificación de fin de prueba POPUP (n). ⇒ OLT-IDV3
Fallo de prueba POPUP (n)				Transmite 3 veces el mensaje desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> ). Notificación de fin de prueba POPUP (n). ⇒ OLT-IDV1

### 10.3.3 Métodos y procedimientos de la OLT

#### 10.3.3.1 Apertura por la OLT de una ventana de determinación de distancia

Durante los estados Ajuste de potencia, Adquisición de número de serie y Medición del RTD (retardo de ida y vuelta), las nuevas ONU generan ráfagas con transmisiones relativas al ajuste de potencia, número de serie y determinación de distancia. Para que estas transmisiones no entren en colisión con datos procedentes de las ONU, la OLT crea en la trama ascendente una ventana de determinación de distancia.

Esto se lleva a cabo parando la actividad de las ONU utilizando para ello estructuras de atribución con punteros a cero o no haciendo atribución alguna. Obsérvese que incluso después de recibir la indicación de parada, las ONU continúan transmitiendo datos en sentido ascendente, durante el tiempo de retardo de equalización, como es normal. Una vez transcurrido dicho tiempo, las ONU que se encuentran en el estado Operación y que hayan recibido la petición de parada dejan de transmitir datos en sentido ascendente.

Puesto que las ONU en servicio detienen sus transmisiones ascendentes varias tramas durante el ciclo de parada, la OLT debe esperar un tiempo suficiente para que la cola de las ONU en funcionamiento vuelva a su estado normal. Este tiempo se conoce como tiempo mínimo entre ciclos de parada. El tiempo exacto es función de cada implementación específica.

### 10.3.3.1.1 Reducción de la zona de silencio sin conocimiento de la distancia a la ONU

Si se desconoce la ubicación de una nueva ONU, se recomienda que la OLT abra una ventana de determinación de distancia basada en la suma del retardo de propagación descendente y ascendente para la distancia permitida de la ONU (normalmente 20 km, por lo tanto, un total de 200  $\mu$ s), y del retardo aleatorio adicional (cuyo valor típico es 50  $\mu$ s). Por lo tanto, el valor sugerido de la ventana de determinación de distancia es 250  $\mu$ s.

### 10.3.3.1.2 Reducción de la zona de silencio con conocimiento de la distancia a la ONU

Cuando se tiene información acerca de la ubicación de la ONU, no es necesario que la OLT cree la 'zona de silencio total' anterior. En su lugar, la OLT abrirá una zona de silencio mínima cuyo tamaño se reduce en función del grado de conocimiento que se tenga de la distancia OLT-ONU.

Por lo tanto, la OLT transmitirá punteros a cero a las ONU cuya transmisión ascendente llegue a la OLT durante la zona de silencio mínima requerida.

### 10.3.3.2 Transmisión de número de serie inesperado

Si la transmisión de SN (número de serie) incluye un SN inesperado (porque el sistema de operación (OpS) no ha definido dicho número de serie en la OLT), la OLT desactiva la ONU mediante el mensaje *inhabilitación de número de serie (Disable\_Serial\_Number)* (con la opción 'Inhabilitar'). La ONU pasa al **estado Parada de emergencia (O8)** y deja de responder a peticiones de número de serie.

NOTA – Una vez que el sistema OpS define en la OLT el número de serie de la ONU, activa la ONU, mediante el mensaje *inhabilitación de número de serie (Disable\_Serial\_Number)* (con la opción 'Habilitar'). La ONU pasa al **estado Espera (O2)**.

## 10.4 Procedimiento de medición de retardo de ida y vuelta (RTD)

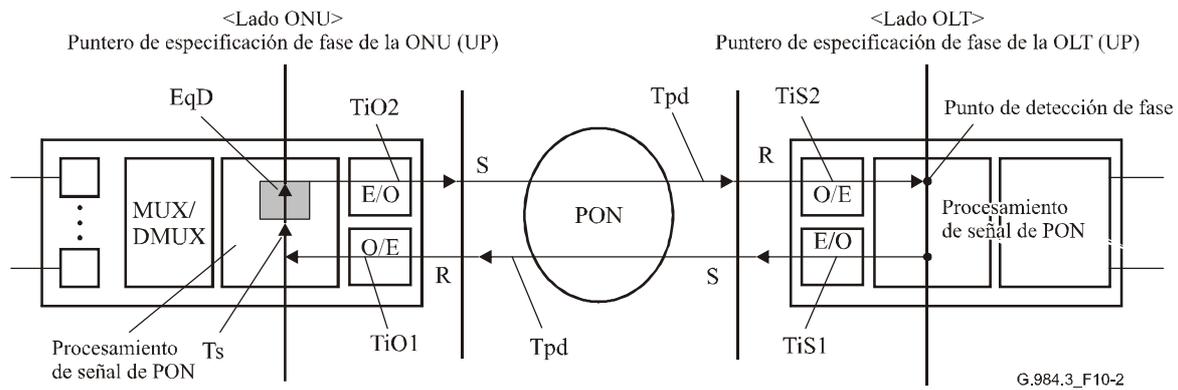
### 10.4.1 Especificación de la relación de fase entre los sentidos descendente y ascendente

Debido a las características de la PON, los datos ascendentes recibidos en la OLT están constituidos por la suma de los datos transmitidos desde todas las ONU. A fin de evitar colisiones, se asigna a cada ONU una ventana de transmisión en la trama ascendente, en la que sólo dicha ONU está autorizada a transmitir datos. Además, todas las ONU deben parecer equidistantes desde la OLT a efectos del entramado ascendente, es decir, el tiempo necesario para que el inicio de las tramas procedentes de las ONU alcancen la OLT debe ser el mismo para todas ellas. Para conseguirlo, se asigna a cada ONU un *retardo de ecualización*. Cada ONU retarda la fase de la trama ascendente, en relación con la fase descendente, en función del valor del retardo de ecualización asignado.

El proceso de determinación de distancia calcula el retardo de ecualización. Éste se basa en la medición del retardo de ida y vuelta entre la OLT y cada ONU.

### 10.4.2 Definiciones del retardo de relación de fase

La configuración de los puntos de retardo de fase descrita a continuación se muestra en la figura 10-2.



**Figura 10-2/G.984.3 – Configuración de los puntos de retardo de fase**

#### 10.4.2.1 Retardo de propagación de la fibra óptica ( $T_{pd}$ , *optical fibre propagation delay*)

El retardo de propagación de la fibra óptica ( $T_{pd}$ ) se debe a la distancia entre OLT y ONU.

#### 10.4.2.2 Retardo de transmisión básico ( $T_s$ , *basic transmission delay*)

El retardo de transmisión básico ( $T_s$ ) se debe al procesamiento de la señal de la PON en la ONU.

#### 10.4.2.3 Retardo óptico

El retardo óptico ( $TiO1$ ,  $TiO2$ ,  $TiS1$ ,  $TiS2$ ) se debe a la conversión óptico-eléctrica y electro-óptica que se realiza en la ONU y en la OLT.

#### 10.4.2.4 Retardo de ecualización ( $EqD$ , *equalization-delay*)

El retardo de ecualización es un retardo interno de la ONU, que es fijado y controlado por la OLT. Su objetivo es retrasar la transmisión ascendente de forma que ésta llegue a la OLT con la fase correcta.

#### 10.4.2.5 Retardo de ida y vuelta medido

Cuando se mide el retardo de ida y vuelta (RTD) hasta una ONU específica mediante el procedimiento de determinación de distancia, el valor del *retardo de ecualización* se pone, en general, a cero; no obstante, se le puede asignar otro valor predefinido. Por lo tanto, el resultado se expresa en términos de suma de los retardos siguientes:

$$RTD = 2 * T_{pd} + T_s + TiO1 + TiO2 + TiS1 + TiS2 + EqD$$

Se estima que, para un tiempo de procesamiento suficiente en la OLT y en la ONU, el valor de  $T_s + TiO1 + TiO2 + TiS1 + TiS2$  debe ser inferior a 50  $\mu s$ .

Además,  $2 * T_{pd}$  es igual a:

$$2 * T_{pd} = \frac{\text{Distancia a la ONU [km]}}{0,1 \left[ \frac{\text{km}}{\mu s} \right]}$$

#### 10.4.2.6 Retardo de ida y vuelta ecualizado

Debido a las diferentes distancias que existen entre cada ONU y la OLT, es necesario que la fase ascendente de todas las ONU sea la misma. Por lo tanto, el retardo de ecualización de la ONU ( $EqD$ ) se fija de forma que todas las ONU tengan el *mismo* retardo de ida y vuelta ecualizado ( $TeqD$ ).

El retardo de ida y vuelta ecualizado ( $TeqD$ ), se define como:

$$Teq_d = RTD(n) + EqD(n)$$

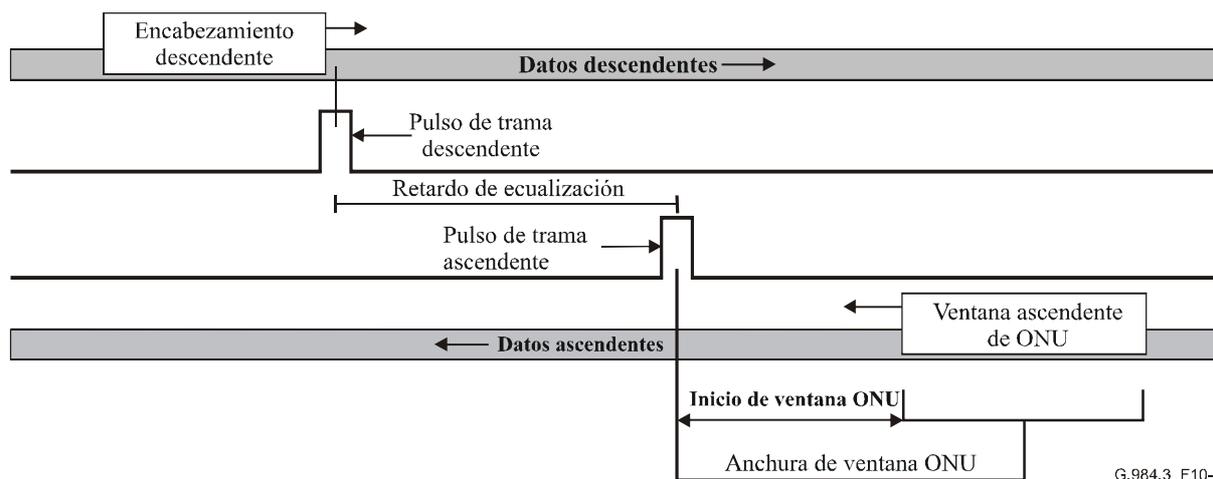
Consiguientemente, el retardo de ecualización de la ONU (para la ONU n) se calcula mediante:

$$EqD(n) = Teq_d - RTD(n)$$

### 10.4.3 Supervisión de fase y actualización del retardo de ida y vuelta (RTD)

Una vez que se facilita a la ONU su retardo de ecualización, ésta se sincroniza con el inicio de la trama ascendente. Los datos ascendentes reales se transmiten en la trama ascendente de la ONU (un grupo de intervalos de tiempo) de acuerdo con los punteros descendentes recibidos.

El comienzo de la trama ascendente se retrasa en relación con el comienzo de la trama descendente un valor que viene dado por el retardo de ecualización.



**Figura 10-3/G.984.3 – Sincronización de la trama ascendente**

Está previsto que la transmisión ascendente desde la ONU llegue en un instante de tiempo determinado durante la trama ascendente. La fase de llegada de la transmisión de la ONU puede variar debido a efectos del envejecimiento, cambios de temperatura, etc. En dichos casos, el retardo de ecualización puede ser recalculado/actualizado, a partir del desplazamiento sufrido por la transmisión ascendente. De esta forma no se requiere un proceso adicional de determinación de distancia.

El cambio del retardo de ecualización es igual al tiempo de dicho desplazamiento, con signo opuesto. Por lo tanto, si la trama llega antes de tiempo, el tiempo de desplazamiento se suma al retardo de ecualización. Si la trama llega tarde, el tiempo de desplazamiento se resta del retardo de ecualización.

La OLT calcula el nuevo valor del retardo de ecualización y lo actualiza en la ONU, utilizando para ello el mensaje PLOAM de **tiempo de determinación de distancia (Ranging\_Time PLOAM)**.

### 10.4.4 Proceso de medición del retardo de ida y vuelta (RTD)

El retardo de ida y vuelta [RTD, *round-trip-delay*] es el tiempo transcurrido entre el primer bit/byte de la petición de determinación de distancia en la trama descendente y la recepción del último bit/byte de la transmisión de determinación de distancia. Se utiliza para calcular el retardo de ecualización.

#### 10.4.4.1 Criterios para determinar el éxito o fracaso de la medición del RTD

Es posible que durante el procedimiento de determinación de distancia ocurran algunas imprecisiones. A fin de reducirlas, se realizan varias mediciones del RTD antes de calcular el retardo de ecualización.

Una medición del RTD se considera exitosa si se satisfacen todas las condiciones siguientes. Si alguna de ellas no se cumple, se considera que la medición del RTD ha sido *fallida*.

- La OLT recibe una transmisión de determinación de distancia válida con ONU-ID y número de serie concordantes.
- La transmisión de determinación de distancia se recibe dentro de los límites de tiempo esperados en base a la longitud máxima de la PON.
- El RTD medido está dentro de un rango de tiempo basado en un valor de distancia estimado entre la ONU y la OLT. El sistema OpS proporciona a la OLT el valor de distancia estimado. Si no se facilitó ningún valor de distancia, esta condición se ignora.
- El RTD se encuentra dentro de la variación permitida de la determinación de distancia, que es de N bits en función de la velocidad binaria ascendente, comparado con la última medición de RTD exitosa. Esta condición se ignora hasta la primera medición exitosa de RTD.
  - 1,244 Gbit/s – 8 bits
  - 622 Mbit/s – 4 bits
  - 155 Mbit/s – 1 bit

#### 10.4.4.2 Procedimiento de medición exitosa del RTD

El procedimiento de medición del RTD se considera finalizado tras dos mediciones exitosas o dos mediciones fallidas.

- En caso de éxito del procedimiento de medición del RTD, el valor de RTD será la media de las dos mediciones exitosas.
- En caso de fallo del procedimiento de medición del RTD, se confirma una alarma **SUFI** y se desactiva la ONU mediante el mensaje desactivación de ONU-ID (*Deactivate\_ONU-ID*), que pasa al estado Inicial (O1).

## 11 Supervisión de alarmas y de la calidad de funcionamiento

La supervisión de las alarmas y de la calidad de funcionamiento incluye mecanismos que detectan posibles averías de los enlaces y que supervisan el buen estado y la calidad de funcionamiento de los mismos. En esta sección no se tratan funciones tales como la gestión de estación y la atribución o provisión de anchura de banda.

### 11.1 Alarmas

En la figura 11-1 se muestran las funciones de OAM instaladas en la ONU y en la OLT. También se muestran las señales de notificación entre OLT y ONU.

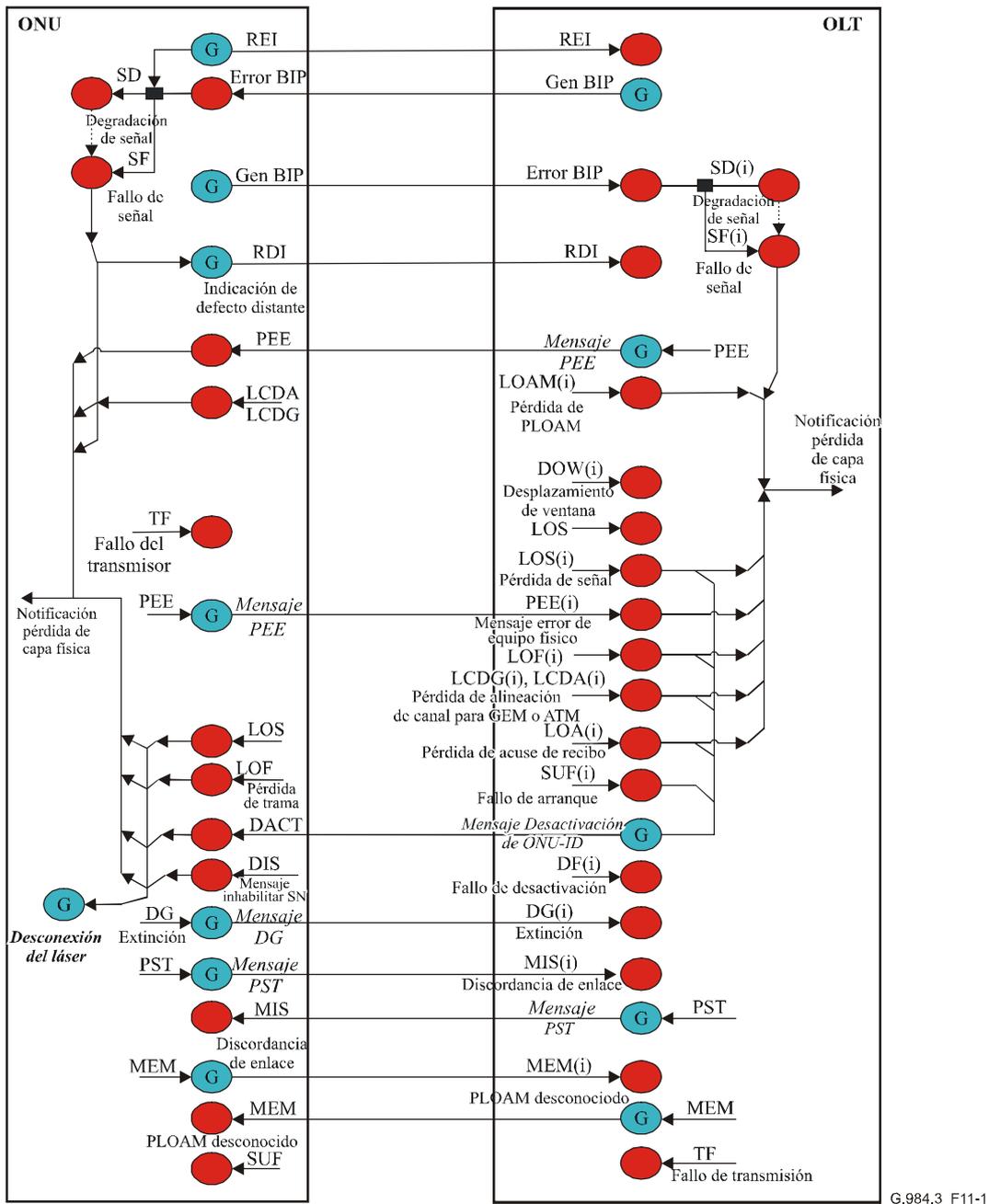


Figura 11-1/G.984.3 – Alarmas

### 11.1.1 Elementos detectados en la OLT

Tipo	Descripción				
	Condiciones de detección	Acciones	Condiciones de cancelación	Acciones	
LOSi	Pérdida de señal de la ONUi	No se recibe una señal óptica válida de la ONU cuando se esperaba durante M tramas consecutivas. (M es configurable. El valor recomendado es 4)	Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer_1</i> )	Cuando la OLT recibe una señal óptica válida de la ONUi.	–

Tipo		Descripción			
		Condiciones de detección	Acciones	Condiciones de cancelación	Acciones
LOS	Pérdida de señal	La OLT no ha recibido ninguna transmisión esperada en sentido ascendente (fallo total de la PON) durante N tramas consecutivas (N es configurable. El valor recomendado es 4)		Cuando la OLT recibe al menos una transmisión ascendente	–
LOFi	Pérdida de trama de la ONUi	Cuando se reciben de la ONUi 4 delimitadores consecutivos	Se transmiten 3 mensajes desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> ) Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer_I</i> )	Cuando se consigue la alineación de trama de la ONUi en el estado operación	–
DOWi	Desplazamiento de la ventana de la ONUi	Se recibe una transmisión de la ONU en un lugar inesperado de la trama virtual asc/desc. DOWi significa que la fase se ha desplazado pero es corregible mediante un EqD modificado	Se envía a la ONUi un valor de EqD modificado	Cuando la OLT recibe la transmisión de la ONUi en la posición correcta	–
SFi	Fallo de señal de la ONUi	Cuando la BER ascendente de la ONUi es $\geq 10^{-y}$ , se pasa a este estado. El valor de Y es configurable entre 3 y 8	Se transmiten 3 mensajes desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> ) Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer_I</i> )	Cuando la BER ascendente de la ONUi es $< 10^{-y+1}$ , se cancela este estado	–
SDi	Señal degradada de la ONUi	Cuando la BER ascendente de la ONUi es $\geq 10^{-x}$ , se pasa a este estado. El valor de X es configurable entre 4 y 9. Pero debe ser mayor que Y (umbral SF)	–	Cuando la BER ascendente de la ONUi es $< 10^{-x+1}$ , se cancela este estado	–
LCDAi	Pérdida de delimitación de canal ATM	Cuando se reciben de la ONUi 8 HEC no válidos consecutivos	Se transmiten 3 mensajes desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> ) Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer_I</i> )	Cuando se consigue la alineación de células en la ONUi.	–

Tipo		Descripción			
		Condiciones de detección	Acciones	Condiciones de cancelación	Acciones
LCDGi	Pérdida de delimitación de canal GEM	El canal GEM no ha podido ser alineado durante 3 tramas consecutivas	Se transmiten 3 mensajes desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> ) Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer_I</i> )	Cuando se consigue la alineación del canal GEM para la ONUi	–
RDIi	Indicación de defecto distante en la ONUi	Cuando se confirma el campo RDI de la ONUi. La transmisión de la OLT se recibe con defectos en la ONUi.		Cuando se desconfirma el campo RDI de la ONUi	–
TF	Fallo del transmisor	El transmisor de la OLT se declara en situación de fallo cuando no existe fotocorriente superficial nominal o cuando las corrientes de excitación superan el valor máximo especificado	–	–	–
SUFi	Fallo de arranque de la ONUi	La determinación de la distancia de la ONUi ha fallado n veces (n = 2), habiendo recibido la OLT ráfagas ópticas de dicha ONU	Se transmiten 3 mensajes desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> )	Cuando la determinación de la distancia de la ONU se realiza con éxito	–
DFi	Fallo de desactivación de la ONUi	La ONU no reacciona correctamente después de tres mensajes desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> )	–	Cancelado por el operador	–
LOAi	Pérdida de acuse de recibo de la ONUi	La OLT no recibe acuse de recibo de la ONUi después de un conjunto de mensajes descendentes que implican la existencia de un acuse de recibo ascendente	Se transmiten 3 mensajes desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> ) Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer_I</i> )	Cuando la OLT recibe un acuse de recibo de la ONU	–
DGi	Recibe la señal extinción (DG, <i>Dying-Gasp</i> ) de la ONUi	Cuando la OLT recibe un mensaje DG de la ONUi, se confirma la DGi	Se ignoran las alarmas recibidas de esta ONU Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer_I</i> )	Cuando la OLT recibe un mensaje PLOAM durante el proceso de determinación de distancia	–

Tipo		Descripción			
		Condiciones de detección	Acciones	Condiciones de cancelación	Acciones
LOAMi	Pérdida de PLOAM de la ONUi	Cuando se pierden 3 mensajes PLOAM consecutivos de la ONUi después de que la OLT haya generado una petición SendPLOAMu para dicha ONU	Se transmiten 3 mensajes desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> ) Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer_I</i> )	Cuando la OLT recibe un mensaje PLOAM correspondiente a su bandera PLOAM en el estado Operación	
MEMi	Mensaje error de mensaje ( <i>Message_Error</i> ) procedente de la ONUi	Cuando la OLT recibe un mensaje desconocido de la ONUi	–	Cuando se informa al operador	–
MISi	Discordancia del enlace de la ONUi	La OLT detecta que el PSTi recibido y el PST transmitido son diferentes	–	La OLT detecta que el PSTi recibido y el PST transmitido son el mismo	–
PEEi	Error de equipo físico de la ONUi	Cuando la OLT recibe un mensaje PEE de la ONU	Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer_I</i> )	Cuando la OLT no recibe un mensaje PEE de la ONUi en 3 seg.	

### 11.1.2 Elemento detectados en la ONU

Tipo		Descripción			
		Condiciones de detección	Acciones	Condiciones de cancelación	Acciones
LOS	Pérdida de señal	No se recibe una señal óptica válida durante N tramas consecutivas, o no se reciben transiciones eléctricas durante M tramas consecutivas. N y M son configurables. El valor recomendado es 3	Se desconecta el láser Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer</i> ) Pasa al <i>estado Inicial</i>	Señal óptica válida	Pasa al <i>estado Espera</i>
LOF	Pérdida de trama	Cuando se reciben 5 PSYNC no válidos consecutivos de la OLT	Se desconecta el láser Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer</i> ) Pasa al <i>estado Inicial</i>	Cuando 2 tramas consecutivas tienen un PSYNC correcto	Pasa al <i>estado Espera</i>
SF	Señal fallida	Cuando la BER descendente de la ONUi es $\geq 10^{-y}$ , se pasa a este estado. El valor de Y es configurable entre 3 y 8	–	Queda inactiva cuando la BER descendente es $< 10^{-(y+1)}$	–

Tipo		Descripción			
		Condiciones de detección	Acciones	Condiciones de cancelación	Acciones
SD	Señal degradada	Cuando la BER descendente de la ONU <sub>i</sub> es $\geq 10^{-x}$ , se pasa a este estado. El valor de X es configurable entre 4 y 9. Pero debe ser mayor que Y	–	Queda inactiva cuando la BER descendente es $< 10^{-(x+1)}$	–
LCDA	Pérdida de alineación de canal ATM	Cuando se reciben de la OLT 7 HEC consecutivos no válidos	Se desconecta el láser Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer</i> )	Cuando se consigue la alineación de célula	–
LCDG	Pérdida de alineación de canal GEM	El canal GEM no ha podido ser alineado durante 3 tramas consecutivas	Se desconecta el láser Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer</i> )	Cuando se consigue la alineación GEM	–
TF	Fallo del transmisor	El transmisor de la ONU se declara en situación de fallo cuando no existe fotocorriente superficial nominal o cuando las corrientes de excitación superan el valor máximo especificado	–	–	–
SUF	Fallo de arranque	La determinación de distancia de esta ONU ha sido fallida (para la condición exacta véase el protocolo de determinación de distancia)	–	Cuando la determinación de distancia es exitosa	–
MEM	Mensaje error de mensaje ( <i>Message_Error</i> )	Cuando la ONU recibe un mensaje desconocido		–	–
DACT	Desactivación de ONU-ID	Cuando la ONU recibe un mensaje desactivación de ONU-ID ( <i>Deactivate_ONU-ID</i> ). Ordena a la ONU que se desactive	Se desconecta el láser y pasa al <i>estado Espera</i> Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer</i> )	Recepción del mensaje tara ascendente ( <i>Upstream_overhead</i> )	Habilita el láser

Tipo		Descripción			
		Condiciones de detección	Acciones	Condiciones de cancelación	Acciones
DIS	ONU inhabilitada	Cuando la ONU recibe un mensaje <b>inhabilitación de número de serie</b> ( <i>Disable_serial_number</i> ) con su propio número de serie y la bandera de habilitación = 0xFF. Permanece en este estado incluso después de apagado el equipo	Se desconecta el láser y pasa al <i>estado Parada de emergencia</i> Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer</i> )	Cuando la ONU recibe un mensaje <b>inhabilitación de número de serie</b> ( <i>Disable_serial_number</i> ) con la bandera de habilitación = 0x0F o cuando recibe un mensaje inhabilitación de número de serie con su propio número de serie y la bandera de habilitación = 0x00	Pasa al <i>estado Inicial</i>
MIS	Discordancia de enlace	La OLT detecta que el PSTi recibido y el PST transmitido son diferentes	–	La ONU detecta que el PST recibido y el PST transmitido son los mismos	–
PEE	Error del equipo físico	Cuando la ONU recibe un mensaje PEE	Se genera la notificación pérdida de capa física ( <i>Loss_of_phy_layer</i> )	Cuando la ONU no recibe un mensaje PEE en 3 s	
RDI	Indicación de defecto distante en la ONU	Cuando la transmisión de la OLT se recibe con defectos en la ONU. Los defectos incluyen fallos generales del trayecto de datos descendente, incluido un número de bits erróneos excesivo (después del FEC), o taras corruptas. Los errores de un solo bit no se consideran defectos	Pone a uno el bit de estado RDI de PLOu	Cuando se soluciona el defecto de transmisión de la OLT	Borra el bit de estado RDI de PLOu

### 11.1.3 Especificación de los umbrales de degradación de señal (SD) y de fallo de señal (SF)

Como parte de la supervisión de la calidad de funcionamiento que ofrece el protocolo GTC, la lógica de la recepción calcula las situaciones de fallo de señal (SF, *signal fail*) y degradación de señal (SD, *signal degrade*) y, en su caso, se declaran las alarmas.

Las situaciones de SF y SD se alcanzan si el cómputo de las violaciones de BIP durante un periodo de tiempo supera un umbral predefinido. La supresión de SF y SD es similar, pero se produce cuando se alcanza un nivel un orden de magnitud menor al que produjo la detección; por ejemplo, si SD se declara con una BER de  $10^{-5}$ , ésta se suprime cuando se alcance una BER de  $10^{-6}$ .

El tiempo y los umbrales de detección son función de la velocidad binaria de la señal, de la BER deseada y de la probabilidad requerida de detección.

## 11.2 Supervisión de la calidad de funcionamiento

### 11.2.1 Elementos detectados en la OLT

Tipo		Descripción	
		Condiciones de detección	Acciones
ERRi	Error de BIP de la ONUi	El BIP 8 recibido se compara con el BIP 8 calculado en el tren de datos recibido. Si existen diferencias, se incrementa el contador ERRi	El número de bits diferentes se acumula en ERR. SDi y SFi se declaran cuando la BER supera un umbral definido
REIi	Indicación de error distante de la ONUi	Una vez que la ONU detecta errores BIP, transmite en sentido ascendente el número de errores en el mensaje REI PLOAM. Cuando el mensaje REIi recibido se distinto de cero, se incrementa el contador REIi	El contador REIi se incrementa consecuentemente

### 11.2.2 Elementos detectados en la ONU

Tipo		Descripción	
		Condiciones de detección	Acciones
ERR	Errores BIP	El BIP 8 recibido se compara con el BIP 8 calculado en el tren de datos recibido. Si existen diferencias, se incrementa el contador ERR	El número de bits diferentes se acumula en ERR. Las alarmas SD y SF se declaran cuando la BER supera un umbral definido

### 11.2.3 Eventos de supervisión de la calidad de funcionamiento

La supervisión de la calidad de funcionamiento (PM, *performance monitoring*) del extremo cercano se basa en los defectos y los errores de BIP detectados en las tramas/transmisiones, mientras que la supervisión de la calidad de funcionamiento del extremo lejano se basa en las indicaciones REI y RDI recibidas.

## 12 Seguridad

En esta cláusula se analizan los aspectos relacionados con la seguridad de los datos en las PON. Se analiza el modelo de amenazas que se pretende contrarrestar mediante la seguridad, así como el intercambio de claves y el método de activación

### 12.1 Modelo de amenazas básicas

La preocupación básica en una PON es que los datos descendentes se difundan a todas las ONU de la PON. Si un usuario malicioso reprogramara su ONU, podría escuchar los datos descendentes de todos los usuarios. Ésta es la 'amenaza de escucha indebida' que el sistema de seguridad de la PON pretende atajar. Existen otras amenazas menos comunes que no se consideran de importancia en la práctica, ya que para realizar tal tipo de ataques, el usuario debería de invertir una cantidad de recursos que se estima superior al beneficio que obtendría de su acción.

Además, la propia PON tiene la propiedad singular de ser altamente direccional. Por tanto, una ONU no puede observar el tráfico ascendente de otras ONU de la PON. Esto permite que información privilegiada (como las claves de seguridad) se transmita en sentido ascendente sin cifrar. Si bien existen amenazas que pueden complicar la situación, tales como un ataque para intervenir las fibras comunes de la PON, tampoco éste se considera un caso realista, pues el atacante lo realizaría en recintos públicos y probablemente perturbaría toda la PON sobre la que pretende intervenir.

## 12.2 Sistema de criptación

El algoritmo de criptación a utilizar es la denominada norma de criptación avanzada (AES, *advanced encryption standard*). Se trata de un cifrado en bloque que funciona sobre bloques de datos de 16 bytes (128 bits). Acepta claves de 128, 192 y 256 bytes. Este algoritmo se describe en documentos publicados por el National Institute of Standards and Technology (NIST) de los Estados Unidos de América [16].

Existen varios modos de funcionamiento de esta norma; sin embargo, sólo se utilizará el modo 'contador' (CTR, '*counter*'). El cifrador genera un tren de bloques de cifrado pseudoaleatorios de 16 bytes con los que se realiza la operación OR-exclusivo con el texto no cifrado para producir el texto cifrado de salida. Para regenerar el texto no cifrado, se realiza la operación OR-exclusivo del texto cifrado con la misma secuencia pseudoaleatoria. Asimismo, la longitud de la clave se fija en 128 bits. Opcionalmente pueden utilizarse claves más largas.

El modo contador utiliza un criptocontador sincronizado que es común a la OLT y a todas las ONU. La estructura de este criptocontador es la siguiente. El contador tiene un tamaño de 46 bits, constituyendo los 16 bits menos significativos el contador intra-trama, y los 30 bits más significativos el contador intertramas.

El contador intratrama se pone a cero al comienzo de la trama descendente (el primer byte de PCBd), y se incrementa cada cuatro bytes. Por ejemplo, en un sistema con velocidad binaria descendente de 1,244 Gbit/s, el contador irá de 0 hasta 4859.

El contador intertramas es el mismo que el contador de supertrama incluido en el campo Ident del PCBd. La ONU implementa un contador local sincronizado y, por tanto, es resistente a los errores que se produzcan en este campo.

Los bloques del cifrador aleatorio se alinean con el comienzo de las cabidas útiles de datagramas. En el caso de datos ATM, se cripta la cabida útil de 48 bytes. Dado que estos datos son idénticos a tres bloques iguales de 16 bytes, se realiza directamente la operación OR-exclusivo de tres bloques del cifrador aleatorio con tres bloques de datos.

En el caso de fragmentos GEM, sólo se cripta la cabida útil. El encabezamiento del Port-ID no se cripta. Puesto que no es necesario que los fragmentos sean un número entero de bloques de código, se hace el OR-exclusivo del último bloque de datos (con una longitud de 1 a 16 bytes) con la porción más significativa del último bloque de cifrado AES (de una longitud de 16 bytes). La parte excedente del último bloque de cifrado se descarta.

Obsérvese que el criptocontador se alinea con la trama descendente GTC, pero que los bloques de cifrado AES se alinean con las cabidas útiles de datos. En la figura 12-1 se muestra la interrelación entre ambas secuencias. Cuando se transmite un datagrama a la OLT o éste se recibe en la ONU, se observa la posición del primer byte de su encabezamiento. El valor del criptocontador en dicha posición de byte se utiliza como valor inicial del contador de bloques de cifrado para dicho datagrama. Para ulteriores bloques de cifrado de dicho datagrama, el contador se incrementa en 1 con cada bloque. Esta configuración asegura que nunca se utiliza más de una vez el mismo valor del contador.



comienzo de la trama elegida, la OLT copiará el contenido del registro de clave sombra (*shadow\_key\_register*) en el registro de clave activa (*active\_key\_register*) e igualmente, la ONU copia su registro de clave sombra en el registro de clave activa. De esta forma, la OLT y la ONU comienzan a utilizar la nueva clave justamente en el mismo límite de trama para todas las PDU nuevas (células o tramas) que intercambien.

Obsérvese que el algoritmo AES requiere la generación de una serie de claves sucesivas (*round keys*) basadas en una única clave. Esta operación de programación de claves lleva su tiempo, por lo que debe realizarse antes que la conmutación de clave. Cuando el bit conmutación de clave (*key\_switch*) se modifica, la OLT y la ONU deben estar listas para utilizar la nueva clave.

## **13 Corrección de errores en recepción**

### **13.1 Introducción**

La capa de transporte de los sistemas de comunicaciones utiliza la corrección de errores en recepción (FEC, *forward error correction*), y se basa en la transmisión de los datos en un formato codificado. La codificación introduce redundancia, lo cual permite que el decodificador detecte y corrija errores de transmisión. Por ejemplo, para una BER de entrada de  $10^{-4}$ , la BER a la salida del decodificador se habrá reducido a  $10^{-15}$ . Utilizando la técnica FEC, pueden transmitirse datos a baja velocidad, evitándose las retransmisiones.

La FEC aumenta el balance del enlace en aproximadamente 3-4 dB. Por lo tanto, puede soportarse una mayor velocidad binaria y una mayor distancia entre la OLT y las ONU, así como un número mayor de derivaciones en un mismo árbol PON.

#### **13.1.1 Reed-Solomon (FEC en bloques)**

Reed-Solomon (RS) es un código basado en bloques, que toma un bloque de datos de tamaño constante y añade bits 'redundantes' adicionales al final, creando así una palabra código. Utilizando dichos bits extra, el decodificador FEC procesa el tren de datos, detecta errores, corrige errores y recupera los datos originales. El código Reed-Solomon se especifica en la Rec. UIT-T J.81.

El código RS más común es el RS (255,239), en el que se utiliza una palabra código de 255 bytes de longitud, que consta de 239 bytes de datos seguidos de 16 bytes redundantes de tара. El RS (255,239) se utiliza en las Recomendaciones UIT-T G.975 y G.709.

Cuando se utiliza FEC en bloques, se preservan los datos originales. Por lo tanto, aunque la otra parte de la comunicación no soporte FEC, ignorando los bits de paridad se pueden procesar los datos originales.

La corrección de errores FEC en bloques no resulta eficiente para una BER muy elevada (por ejemplo, para una BER de  $10^{-3}$  se generarán errores de decodificación).

#### **13.1.2 Interoperabilidad entre OLT y ONU**

La solución FEC debe soportar casos en que la OLT se comunica simultáneamente con las ONU que soportan FEC y con las ONU que no soportan FEC.

##### **13.1.2.1 Interoperabilidad descendente**

- La OLT debe poder codificar o no sus datos descendentes.
- El estado de codificación FEC (activo/inactivo) se envía a las ONU utilizando el bit FEC del campo IDENT.
- Cada ONU debe poder decodificar o no los datos recibidos (asumiendo que están codificados). Si se utiliza un código RS en bloques, se conoce previamente la situación de los bits de paridad. Por tanto, las ONU que no soportan FEC pueden no procesar los bits de paridad y recuperar los datos descendentes originales sin decodificación FEC.

### 13.1.2.2 Interoperabilidad ascendente

- Cada ONU puede codificar con FEC o no sus datos ascendentes.
- La OLT fija el estado de codificación FEC de la ONU (activo/inactivo) utilizando el bit FEC del campo banderas.
- La OLT debe poder (para la transmisión de cada ONU) decodificar o no los datos ascendentes de entrada (asumiendo que están codificados)

## 13.2 FEC descendente

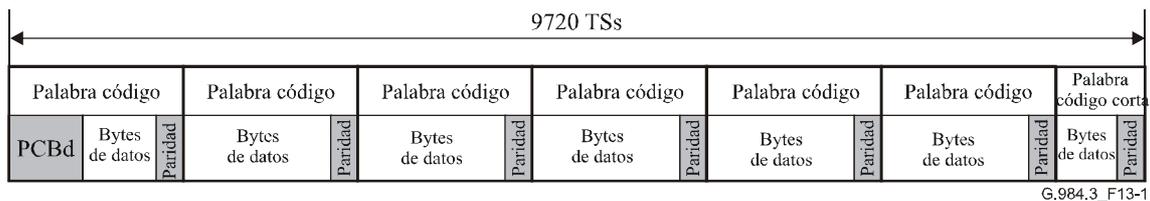
### 13.2.1 Trama descendente con estructura FEC

#### 13.2.1.1 Bytes de paridad

Cuando se construye la trama descendente con FEC, los bytes de paridad FEC se insertan al final de cada palabra de código. Cuando se utiliza RS(255,239), cada 239 bytes de datos están seguidos de 16 bytes de paridad.

La parte PCBd de la trama está incluida en la primera palabra código, es decir, la palabra código comienza con la sección de entramado, que es el primer byte de la trama. La siguiente palabra código comienza después del byte 255, y se repite cada 255 bytes.

Obsérvese que puesto que no se aumenta la velocidad binaria descendente, los bytes de paridad FEC se insertan en lugar de bytes de datos. Por lo tanto, cuando se utiliza FEC, los datos de usuario disponen de una menor anchura de banda.



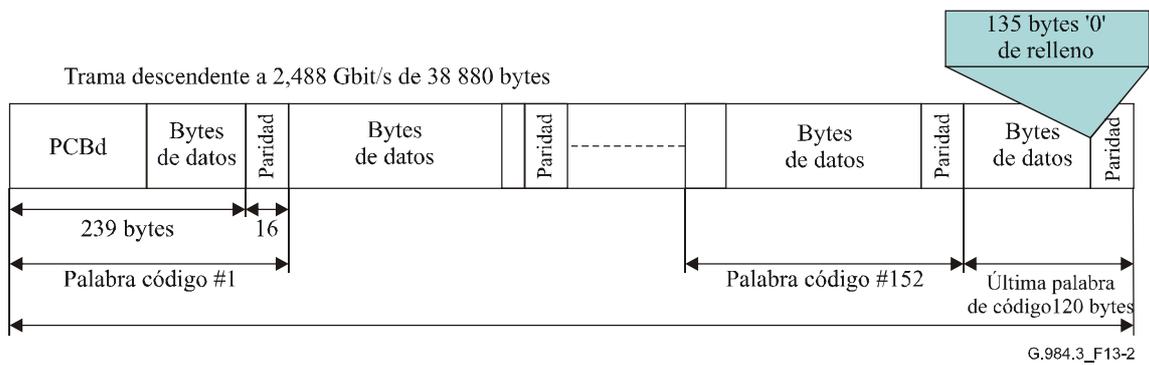
**Figura 13-1/G.984.3 – Trama descendente con FEC**

#### 13.2.1.2 Última palabra código más corta

La trama descendente se divide en múltiples palabras código de 255 bytes. Cuando se utilizan tramas de 125  $\mu$ s, la última palabra código tendrá menos de 255 bytes. El mecanismo aplicado a la última palabra código es el siguiente

- Para que la última palabra código tenga 255 bytes, se añaden bytes adicionales de valor 'cero' (bytes '0' de relleno) al final de la última palabra código, antes del codificador.
- Se calculan los bytes de paridad.
- Se eliminan los bytes adicionales (bytes '0' de relleno) y se transmite la palabra código corta.
- Cuando la trama se recibe en la OLT, se reinsertan los bytes adicionales 'cero' antes del decodificador, al final de la última palabra código.
- Tras el proceso de decodificación, los bytes adicionales se eliminan de nuevo.

Para una velocidad de datos binaria descendente de 2,488 Gbit/s, la trama tiene una longitud de 38 880 bytes. Puesto que sólo quedan 120 bytes para la última palabra código, 104 bytes son de datos, 16 bytes son de paridad y 135 bytes están constituidos por '0' de relleno.

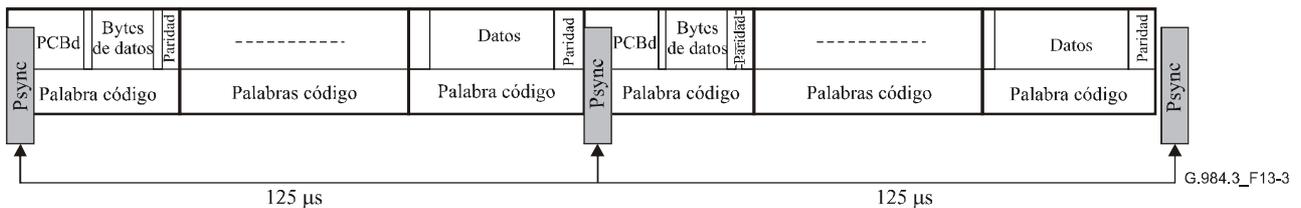


**Figura 13-2/G.984.3 – Última palabra código para una velocidad binaria descendente de 2,5 Gbit/s**

### 13.2.2 Sincronización de las palabras código FEC

#### 13.2.2.1 Sincronización de trama en la ONU

La secuencia de entramado descendente es el campo de sincronización física (*Psync*, *physical synchronization*), basado en los primeros 32 bits (0xB6AB31E0) del PCBd de la primera palabra código de la trama. Puesto que se utiliza codificación de bloque, estos bits no se modifican durante el proceso de codificación FEC, recibándose inalterados en la ONU. Por lo tanto, la ONU puede seguir utilizando esta secuencia para la sincronización de trama.

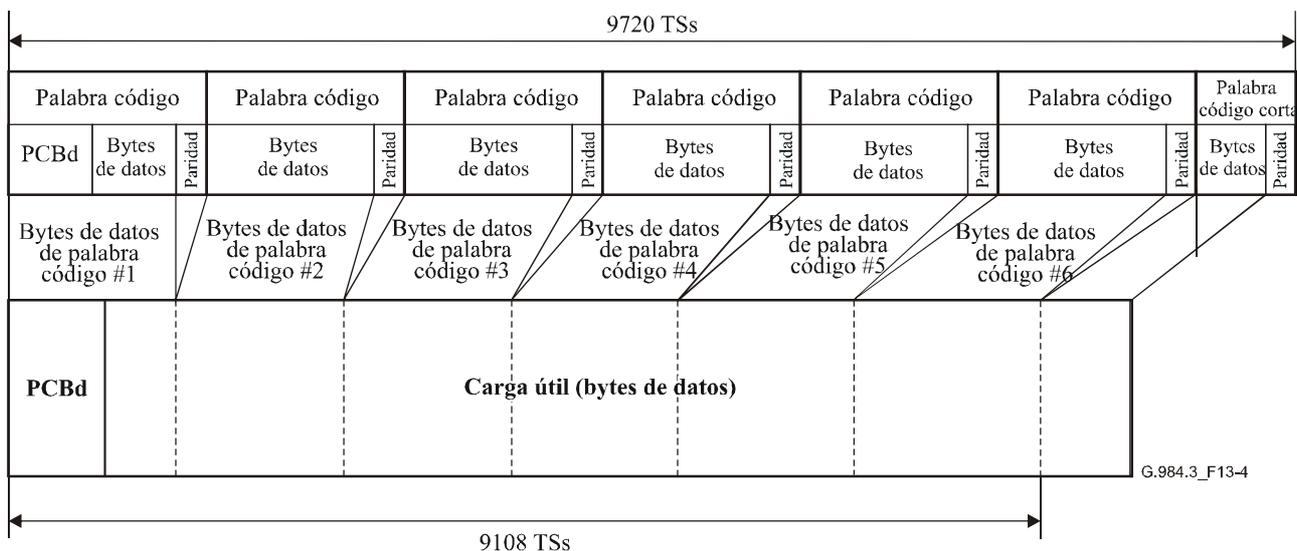


**Figura 13-3/G.984.3 – Sincronización de la trama descendente**

#### 13.2.2.2 Sincronización de las palabras código

Puesto que todas las palabras código se disponen de forma secuencial en la trama, no necesitan sincronización alguna, es decir, una vez que se realiza la sincronización de trama, implementando un contador de 255 bytes se consigue también la sincronización de las palabras código.

Una vez conseguida la sincronización de las palabras código, se decodifica cada palabra código (se eliminan los bits de paridad y se reciben los datos corregidos), reconstruyéndose la cabida útil descendente original.



**Figura 13-4/G.984.3 – Sincronización de las palabras código en el decodificador FEC**

### 13.2.3 Control de activación/desactivación del FEC descendente

#### 13.2.3.1 Bit de indicación de FEC descendente

La función FEC descendente en la OLT puede ser activada/desactivada por el sistema OpS. Se utiliza un bit de indicación dentro de banda para notificar a las ONU del cambio de estado de FEC.

La trama descendente contiene un bit de indicación FEC situado en el campo IDENT.

El bit de indicación FEC actúa de la manera siguiente:

- '0' – FEC desactivada. No se realiza la FEC sobre la trama descendente.
- '1' – FEC activada. La trama descendente se decodifica.

Si no se soporta FEC (FEC 'desactivada'):

- No se incluyen bytes de paridad en la trama descendente.
- La trama descendente no se decodifica.

#### 13.2.3.2 Comportamiento de detección de la activación/desactivación de la FEC descendente en el receptor de la ONU

Debido a que la BER de la línea puede ser muy elevada ( $\approx 10^{-6}$ ), la probabilidad de recibir en la ONU un bit de indicación de FEC con errores es relativamente elevada. Por tanto, se utiliza un mecanismo de histéresis para establecer el estado de actividad/inactividad de la FEC:

- El estado de FEC por defecto es 'desactivada'. En ese caso, no se aplica ninguna decodificación FEC descendente en la ONU.
- Después de cuatro bits consecutivos de indicación de FEC 'activada', el estado de FEC pasa a ser 'activada'. En la ONU se activa la decodificación FEC descendente.
- Después de cuatro bits consecutivos de indicación de FEC 'desactivada', el estado de FEC pasa a ser 'desactivada', cesando en la ONU la decodificación FEC descendente.

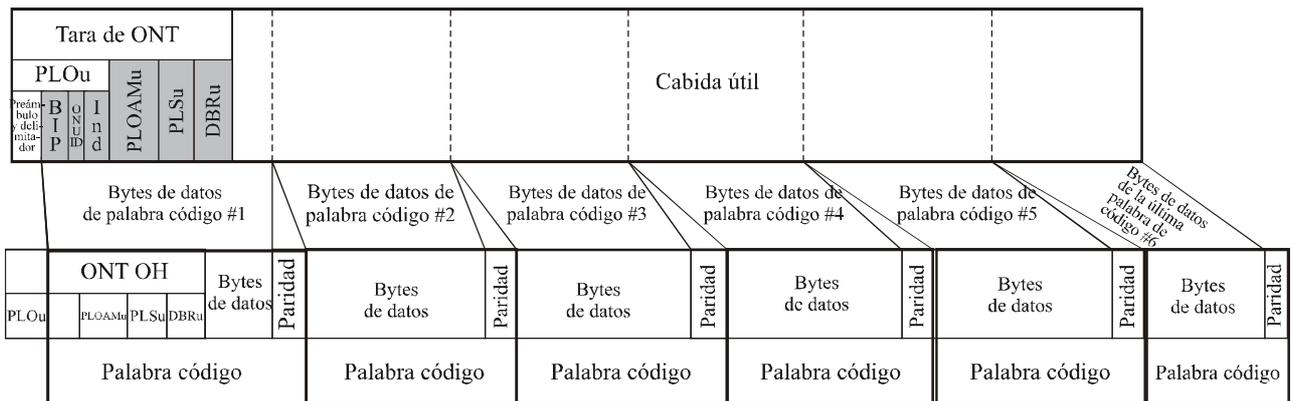
### 13.3 FEC ascendente

#### 13.3.1 Transmisión ascendente con estructura FEC

##### 13.3.1.1 Bytes de paridad

Cuando se conforma la transmisión ascendente con FEC, los bytes de paridad FEC se insertan al final de cada palabra código. Cuando se utiliza RS (255,239), cada 239 bytes de datos (transmisión original) están seguidos de 16 bytes de paridad.

Los campos delimitador y preámbulo de la sección PLOu de la tara de la ONU no están incluidos en la primera palabra código, es decir, la palabra código comienza con el byte BIP.



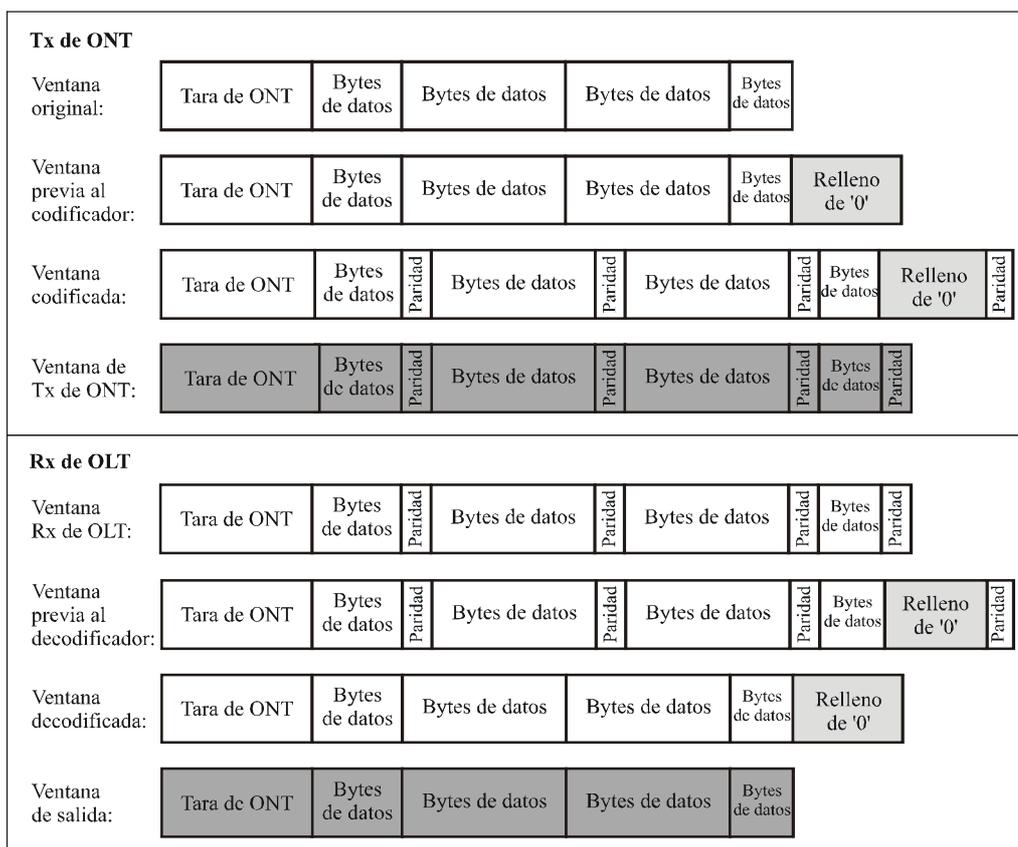
G.984.3\_F13-5

**Figura 13-5/G.984.3 – Transmisión ascendente con estructura FEC**

##### 13.3.1.2 Última palabra código más corta

La transmisión original se divide en palabras código de 239 bytes. En la mayoría de los casos, quedan menos de 239 bytes para la última palabra código. El mecanismo aplicable a la última palabra código es el siguiente:

- Para que el número de bytes de la última palabra código sea igual a 239, se añaden bytes 'cero' adicionales (bytes '0' de relleno) antes del codificador, al final de la última palabra código.
- Se calculan los bytes de paridad.
- Los bytes adicionales se eliminan y se transmite la palabra código más corta.
- La OLT recibe la transmisión.
- Los bytes 'cero' adicionales se reinsertan antes del decodificador, al final de la última palabra código. Dado que la OLT conoce previamente el tamaño de la transmisión, puede calcularse fácilmente el número de dichos bytes 'cero'.
- Tras el proceso de decodificación, se vuelven a suprimir los bytes adicionales.



G.984.3\_F13-6

**Figura 13-6/G.984.3 – Transmisión ascendente con estructura FEC**

### 13.3.1.3 Tamaño de transmisión de la ONU

El tamaño de transmisión, definido en el mapa de anchura de banda ascendente de la parte PCBd de la trama descendente, se basa en la transmisión codificada sin los bytes '0' de relleno.

## 13.3.2 Sincronización de la palabra código FEC

### 13.3.2.1 Sincronización de la transmisión

Los campos preámbulo y delimitador de la sección PLOu de la transmisión ascendente de la ONU se utilizan para la sincronización de la transmisión ascendente. Estos campos no se modifican durante el proceso de codificación FEC, es decir, se reciben inalterados en la OLT. Por lo tanto, la OLT puede continuar utilizando el preámbulo y delimitador de tara de la ONU para sincronizar la transmisión.

Puesto que todas las palabras código se disponen secuencialmente para su transmisión, no es necesaria la sincronización de las palabras código. Una vez conseguida la sincronización de la transmisión, se conoce la situación exacta de cada palabra código, lográndose así la sincronización de las palabras código (255 bytes por palabra código).

### 13.3.2.2 Errores en las palabras de entramado

Debido a la BER elevada, existe también una probabilidad alta de que se produzcan errores en la palabra de entramado. Por tanto, para conseguir la sincronización de la transmisión, se permite que se produzcan hasta tres o cuatro bits erróneos en la palabra delimitadora (de entramado), cuando el delimitador tiene una longitud de 16 ó 20 bits, respectivamente.

### **13.3.3 Activación/desactivación de FEC ascendente**

#### **13.3.3.1 Bit de indicación de FEC ascendente**

La función FEC ascendente en la ONU puede ser activada/desactivada por el sistema OpS a través de la OLT. La OLT utiliza un bit de indicación dentro de banda para notificar a la ONU un cambio de estado de FEC.

La OLT fija el estado de codificación FEC de la ONU (activada/desactivada) utilizando el bit UseFEC del campo FLAGS.

El bit de indicación FEC actúa de la forma siguiente:

- '0' – FEC desactivada. No se realiza la FEC en la transmisión ascendente.
- '1' – FEC activada. La transmisión ascendente se decodifica.

Si no se soporta FEC (FEC 'desactivada'):

- No se incluyen bytes de paridad en la transmisión.
- La transmisión ascendente se procesará tal como es, es decir, sin decodificación.

#### **13.3.3.2 Comportamiento de detección de activación/desactivación de la FEC en sentido ascendente en la OLT**

Debido a que la BER de la línea puede ser muy elevada ( $\approx 10^{-6}$ ), la probabilidad de recibir en la OLT un bit de indicación de FEC con errores es relativamente elevada. Por lo tanto, se utiliza un mecanismo de histéresis para establecer el estado de actividad/inactividad de la FEC en la OLT:

- El estado de FEC por defecto es 'desactivada'. No se aplica ninguna decodificación FEC ascendente en la OLT.
- Después de cuatro bits consecutivos de indicación de 'activación' de FEC, su estado pasa a estar 'activada'. Se activa la decodificación FEC ascendente en la OLT.
- Después de cuatro bits consecutivos de indicación de FEC 'inactiva', el estado de FEC pasa a estar 'desactivada'. En la OLT se detiene la decodificación FEC ascendente.

### **13.4 Transmisiones de activación de la ONU**

En todas las transmisiones especiales de activación de la ONU, es decir, transmisión del número de serie (SN) y transmisión de determinación de distancia, no se aplica FEC, e incluso si la ONU utiliza FEC, la transmisión especial se realiza sin FEC.

Lo anterior se debe a la poca longitud de las transmisiones especiales y a las bajas frecuencias a las que éstas se realizan.

## **14 Mecanismo de transporte de la OMCI**

La interfaz de control y gestión de las ONU es un servicio de OAM que proporciona una forma normalizada para detectar las capacidades de la ONU, gestionarlas y controlarlas. El marco básico de la OMCI se incluye en la versión revisada de la Rec. UIT-T G.983.2, que será ampliada en una nueva Recomendación que incluya todas las prestaciones que necesita el sistema G-PON.

### **14.1 Esquema de transporte de la OMCI**

Tal como se describe en la Rec. UIT-T G.983.2, la OMCI trabaja sobre un canal virtual bidireccional dedicado entre la estación de gestión y la ONU. Existe una analogía con las redes G.983.1, en las que el transporte de la información de la OMCI se realiza mediante un VC especial establecido durante el proceso de determinación de distancia. La estación de gestión puede estar situada en la propia OLT, o en un elemento de red localizado en el interior de la misma. Si ese es el caso, la conexión virtual debe extenderse desde la ONU hasta dicho elemento de red.

## **14.2 Modos de transporte**

El protocolo GTC proporciona dos modos alternativos de transporte para los datagramas de la OMCI, a saber, ATM y GEM. Tanto la OLT como la ONU pueden soportar ATM, GEM o ambos simultáneamente.

La OLT conoce la capacidad de la OMCI de la ONU durante el proceso de determinación de distancia, gracias al mensaje número de serie de ONU PLOAM (*Serial\_Number\_ONU*). Si existe una combinación de interfuncionamiento entre la OLT y la ONU, la OLT configura el VPI/VCI o el Port-ID que se debe utilizar para el transporte de la OMCI, mediante el mensaje PLOAM adecuado.

## **14.3 Encapsulación de datagramas**

Las unidades de datos de las primitivas OMCI tienen una longitud de 48 bytes. En el modo ATM, estos datagramas se transportan en las cabidas útiles de las células ATM. En la G-PON, éstas se transportan en la partición ATM descendente, y en el Alloc-ID ascendente por defecto.

En el modo GEM, las cabidas útiles de 48 bytes se encapsulan con un encabezamiento GEM (que contiene el Port-ID de 12 bits OMCI configurado). En la G-PON, éstas se transportan en la partición GEM descendente, y en el Alloc-ID por defecto ascendente.

## **14.4 Adaptador OMCI de la ONU**

El adaptador OMCI de la ONU es responsable del filtrado y desencapsulado de células o de tramas en sentido descendente, y de la encapsulación de las PDU en el sentido ascendente. Las PDU de 48 bytes se transfieren a la lógica que implementa las funciones OMCI.

## **14.5 Adaptador OMCI de la estación de gestión**

El adaptador OMCI de la estación de gestión es responsable del filtrado y desencapsulado de células y de tramas en sentido ascendente. Deben soportarse varios canales concurrentes, que pueden ser de tipos mixtos. También es responsable de encapsular las PDU de 48 bytes procedentes de la lógica de control OMCI en el formato adecuado para su transporte hasta la ONU.

# **Apéndice I**

## **Transporte de tráfico de usuario en canales GEM**

Este apéndice contiene material informativo relativo al transporte de protocolos comunes de usuario utilizando el canal GEM en G-PON.

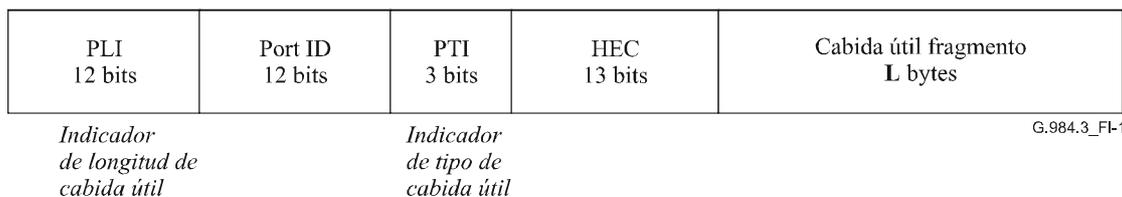
### **I.1 Correspondencia de tramas GEM en la cabida útil GTC**

El tráfico GEM se transporta mediante el protocolo GTC de forma transparente. En sentido descendente, las tramas se transmiten desde la OLT a las ONU utilizando la partición de cabida útil GEM. La OLT puede atribuir toda la duración que necesite en sentido descendente, hasta incluir casi toda la trama descendente. La subcapa de entramado de la ONU filtra las tramas entrantes en base al Port-ID, y entrega las tramas adecuadas al cliente GEM de la ONU.

En el sentido ascendente, las tramas se transmiten desde la ONU a la OLT utilizando la atribución de tiempo GEM configurada. La ONU almacena en memoria intermedia las tramas GEM conforme llegan, y las transmite en ráfagas durante los tiempos atribuidos para ello por la OLT. La OLT recibe las tramas y las multiplexa junto con ráfagas procedentes de otras ONU, pasándolas todas al cliente GEM de la OLT.

## I.2 TDM sobre GEM

Este procedimiento utiliza tramas GEM de longitud variable para encapsular el cliente TDM. Los datos TDM se empaquetan en GEM tal como se muestra en la figura I.1. Los paquetes de datos TDM con el mismo Port-ID se concatenan en la capa superior sobre la TC. La sección cabida útil contiene L bytes del fragmento TDM.



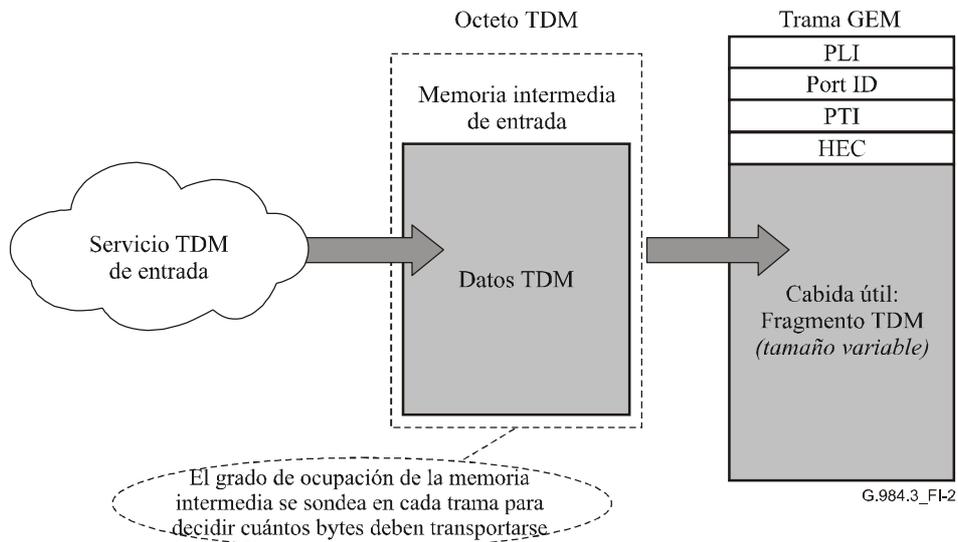
**Figura I.1/G.984.3 – Estructura de trama para datos TDM en una trama GEM**

Los clientes TDM se corresponden en la trama GEM, permitiendo que la longitud de la trama GEM varíe de acuerdo con el desplazamiento de frecuencia del cliente TDM. La longitud del fragmento TDM se indica mediante el campo 'Indicador de longitud de cabida útil'.

El proceso de *adaptación de fuente TDM* encola los datos de entrada en una memoria intermedia de entrada y una vez por trama (es decir, cada 125  $\mu$ s) señaliza al *objeto multiplexación de trama GEM* el número de bytes que han de transportarse en la trama GEM utilizada. Normalmente, el campo PLI indica un número constante de bytes de acuerdo con la velocidad nominal de TDM. No obstante, esporádicamente será necesario transportar un byte más o menos. Ello se refleja en el contenido del campo PLI.

Si la frecuencia de salida es mayor que la frecuencia de la señal entrante, la memoria intermedia de entrada comienza a vaciarse. El llenado de la memoria intermedia queda eventualmente por debajo del umbral inferior. En consecuencia, se lee un byte menos de la memoria intermedia de entrada y el llenado de la memoria intermedia vuelve a superar el umbral inferior. Si por el contrario la frecuencia de salida es menor que la frecuencia de la señal de entrada, la memoria intermedia comienza a llenarse. El llenado de la misma queda eventualmente por encima del umbral superior. Como consecuencia, se lee un byte de más de la memoria intermedia de entrada, y el llenado de la memoria vuelve a disminuir por debajo del umbral superior.

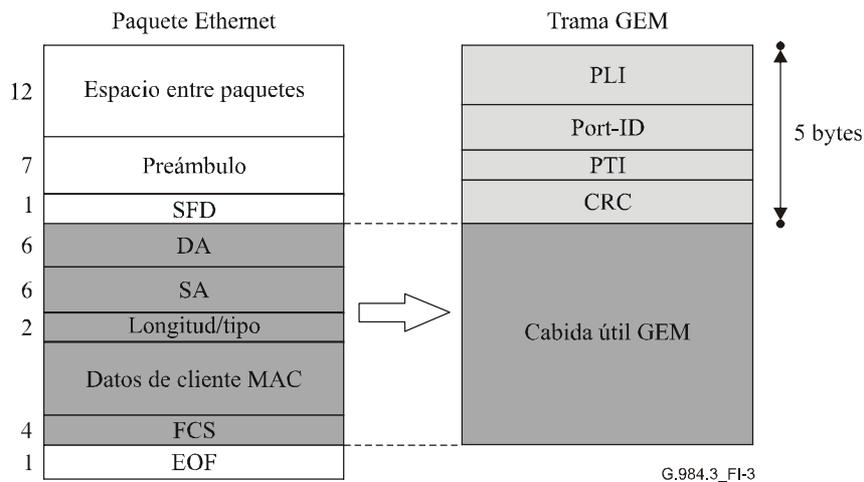
En la figura I.2 se describen los conceptos de correspondencia de tramas TDM de longitud variable en la sección de la cabida útil de una trama GEM.



**Figura I.2/G.984.3 – Correspondencia de TDM en GEM**

### I.3 Ethernet sobre GEM

Los datos Ethernet se paquetizan en tramas GEM tal como se muestra en la figura I.3. Cada paquete se inserta en la trama GEM. Los bytes preámbulo y SFD no se incluyen en la trama GEM. La fragmentación de los paquetes Ethernet en varias tramas GEM se describe en 8.3.2.



**Figura I.3/G.984.3 – Estructura de trama para la correspondencia de Ethernet en tramas GEM**

## Apéndice II

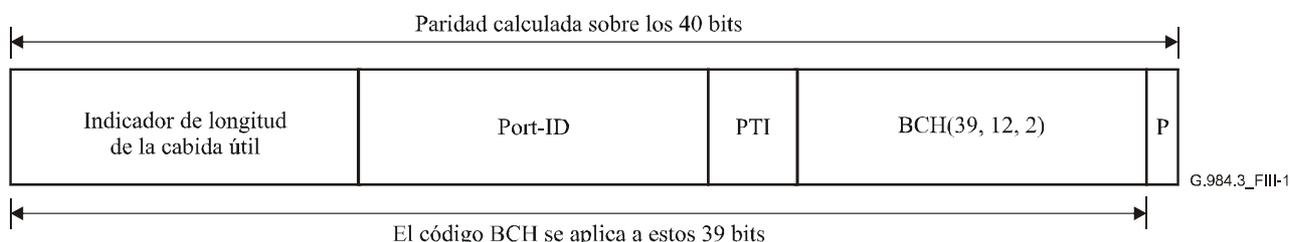
### Capacidad de supervivencia de sistemas basados en GTC

La capacidad de supervivencia de los sistemas G-PON se modeliza de conformidad con lo indicado para las PON de tipo G.983.1, tal como se describe en la Rec. UIT-T G.983.5. Todos los aspectos señalados en la Rec. UIT-T G.983.5 funcionan en G-PON igual que en B-PON. Los requisitos, intercambio de mensajes, configuración y métodos de conmutación son los mismos.

## Apéndice III

### Decodificación del control de errores del encabezamiento GEM

En la figura III.1 se muestra la estructura del encabezamiento GEM.



**Figura III.1/G.984.3 – Estructura del encabezamiento GEM, con el detalle del campo de control de errores de 13 bits del encabezamiento**

El HEC de GEM es un código con capacidad para la corrección de errores dobles y de detección de errores triples. Se compone de dos partes. La primera es un código BCH(63, 12, 2) truncado. El polinomio generador de este código es  $x^{12} + x^{10} + x^8 + x^5 + x^4 + x^3 + 1$ . Este código se aplica a la cabida útil del encabezamiento (que es de 27 bits), de forma que el resultado de 39 bits es divisible por el polinomio generador. Las propiedades de este código son tales que cada error sencillo o doble presenta un síndrome específico de 12 bits. Por tanto, pueden corregirse todos los errores de ese tipo. Asimismo, los errores triples generan síndromes específicos o que concuerdan con ciertos síndromes de errores dobles, pero no existe un síndrome de un error triple que concuerde con el síndrome de un error sencillo o de cero errores. Esta última propiedad permite utilizar un bit de paridad para detectar y excluir los errores triples.

En el cuadro siguiente se muestra el conjunto de síndromes de error de este código.

Posición del bit erróneo	Síndrome (Base 16)
1	977
2	E27
3	D8F
4	C5B
5	CB1
6	CC4
7	662
8	331
9	B04
10	582
11	2C1
12	BFC
13	5FE

Posición del bit erróneo	Síndrome (Base 16)
14	2FF
15	BE3
16	F6D
17	D2A
18	695
19	9D6
20	4EB
21	8E9
22	EE8
23	774
24	3BA
25	1DD
26	A72

Posición del bit erróneo	Síndrome (Base 16)
27	539
28	800
29	400
30	200
31	100
32	080
33	040
34	020
35	010
36	008
37	004
38	002
39	001

Debido a la existencia de 39 síndromes específicos producidos por un error sencillo, existen 741 síndromes específicos producidos por un error doble. Puesto que en el espacio de 12 bits existen 4095 posibles síndromes, aún quedan 3315 códigos sin utilizar. Estos códigos no utilizados se consideran 'ilegales' en el sentido de que se producen como consecuencia de tres o más errores.

La segunda parte del HEC GEM es un bit de paridad. Este bit de paridad se fija de forma que el número total de unos del encabezamiento sea un número par. Esta paridad indica si se ha producido un número impar de errores en el encabezamiento. Obsérvese que el código BCH no incluye el bit de paridad en sus cálculos, pero que el bit de paridad sí incluye el código BCH en su cálculo.

En el cuadro siguiente se muestran algunos ejemplos de encabezamientos GEM válidos. Obsérvese que estos encabezamientos son el resultado del cálculo, y no incluyen el patrón fijo (0x0xB6AB31E055). Pueden utilizarse para probar implementaciones de los procesos de codificación y decodificación.

528A739F79	B61925D883	BF2D33B47F	9727D4C430	7D3A32AA75	A257E5A295
7F2963C54B	7F0BF34736	7EF99F35F6	974CF521A3	86785F3E30	BB4A72F128
BEDB6545BA	CE98AC73EF	7C6CA16F93	E617D9905C	0B2A61476B	95F1933472
BA487424EA	95F8B97926	BAB7C5FC86	BEBBF4A2E7	B9F1AFBA45	04E7E3A963
A6FB9FAEFF	7F4A25750A	9A696E9B88	86EA5F7CE3	CA47E19CFC	BEDB7532FA
DE1CDF6663	7E59A67E44	8A5CA75CE7	17986C90AB	BA47F4EEFF	BA9D39E439

El HEC puede decodificarse en el receptor calculando el síndrome y la paridad en el mismo, y aplicando a continuación la lógica siguiente.

Caso	Resultado del síndrome BCH	Resultado de la paridad	Estado de error de la cabida útil del encabezamiento	Acción sobre la cabida útil del encabezamiento
1	Sin errores	Par	Sin errores	Es correcta
2	Sin errores	Impar	Sin errores	Es correcta
3	Un error	Par	Un error	Un error corregible
4	Un error	Impar	Un error	Un error corregible
5	Dos errores	Par	Dos errores	Dos errores corregibles
6	Dos errores	Impar	2 o más errores	Incorregible
7	Código ilegal	Par	3 o más errores	Incorregible
8	Código ilegal	Impar	3 o más errores	Incorregible

Los casos 1, 4 y 5 son tales que la BCH y la verificación de paridad reflejan el mismo número de errores. Los casos 2 y 3 son situaciones en las que el bit de paridad debe ser erróneo, por lo que se sustituye por el resultado de BCH. En el caso 6 se identifica que existe un error triple, ya que se ha producido un error doble en la cabida útil y la paridad no es correcta, o bien, se ha producido un error triple. En cualquiera de los casos, se rechaza el encabezamiento. En los casos 7 y 8, el código BCH ha detectado un código ilegal, y también se rechaza el encabezamiento.

El número mínimo de errores exigido para que un encabezamiento erróneo se acepte es 4. En el caso límite de que existen numerosos errores aleatorios, la probabilidad de una aceptación en falso es del 10%.

## Apéndice IV

### Visión general de los procedimientos de activación de la ONU

Los procedimientos de activación que se muestran son ejemplos del funcionamiento normal del procedimiento de activación de la ONU.

#### IV.1 Adquisición del número de serie durante el estado Número de serie, SN (O4b) – Red en caliente

- a) El sistema OpS de la OLT define el número de ONU instaladas. Cuando el número de ONU activas (que no se encuentran en LOS/LOF) es inferior a dicho número, la OLT buscará ONU adicionales transmitiendo una petición de número de serie (*Serial\_Number*), es decir, se continua con el paso b) siguiente.

NOTA 1 – En ciertos casos, debido a procesos manuales y de autodetección, la OLT comienza un ciclo SN, es decir, transmite peticiones de número de serie aunque no se haya perdido el contacto con ninguna ONU.

- b) En redes en caliente (red activa y cursando tráfico), las ONU activas transmiten tráfico en sentido ascendente, que colisionaría con la transmisión SN desde las ONU que se encuentran en el estado Número de serie. Para evitar dichas colisiones, la OLT debe detener las ONU que están en funcionamiento utilizando punteros a cero antes de transmitir peticiones de número de serie.

NOTA 2 – Cuando las ONU están situadas a una distancia entre 0 y 20 km, se recomienda detener durante 2 tramas consecutivas el funcionamiento de las ONU en funcionamiento para evitar colisiones.

- c) La OLT detiene las ONU en funcionamiento enviándoles punteros a cero, y espera el mensaje **retardo de determinación de distancia** (*Ranging-Delay*) antes de transmitir la petición de número de serie.
- d) Todas las ONU que se encuentran en el estado **Número de serie** reciben la petición número de serie. Mientras que la ONU está en el estado Número de serie, espera un mensaje retardo aleatorio (*Random Delay*) realizando entonces la transmisión SN a la OLT, incluyendo su número de serie y el valor de su retardo aleatorio.

NOTA 3 – Si la ONU ya tiene un ONU ID, por ejemplo, porque debido a LOS/reinicialización había pasado al estado Inicial, incluye su ONU ID en la transmisión SN.

- e) La ONU genera un nuevo valor de Retardo Aleatorio para la siguiente petición de número de serie.
- f) La OLT recibe la transmisión SN.

NOTA 4 – Si la transmisión SN incluye el ONU-ID, la OLT verifica si el ONU-ID concuerda con el SN, es decir, si se la OLT ha asignado el mismo ONU-ID al mismo SN. Si hay discordancia, se ignora el ONU-ID.

- g) Se transmite un mensaje **asignación de ONU-ID** (*Assign\_ONU-ID*) a todas las ONU de las que se haya recibido el mismo SN dos veces. El mensaje *Assign\_ONU-ID* se basa en el ONU-ID y en el SN.
- h) Se asigna el ONU-ID. La ONU deja de responder a las peticiones de número de serie y pasa al estado Determinación de distancia (O5) (si la ONU no ha recibido el mensaje ONU-ID, sigue respondiendo a las peticiones de número de serie).

- i) Se repiten los pasos b-g hasta que todas las ONU que no estaban identificadas (diferencia entre el número de ONU esperadas y las que están activas) hayan respondido a la petición de número de serie, es decir, hasta que todas las ONU hayan recibido un mensaje *Assign\_ONU-ID*, o hasta que no se reciba transmisión SN alguna (válida o no válida, es decir, colisión) en sentido ascendente durante dos ciclos, es decir, existe LOS en sentido ascendente durante dos tramas. Sin embargo, este proceso no se repite más de 10 veces. Tras la décima vez, la OLT ignora todos los números de serie que sólo se hayan recibido una vez.
- j) La OLT pasa al estado Determinación de distancia (O5).

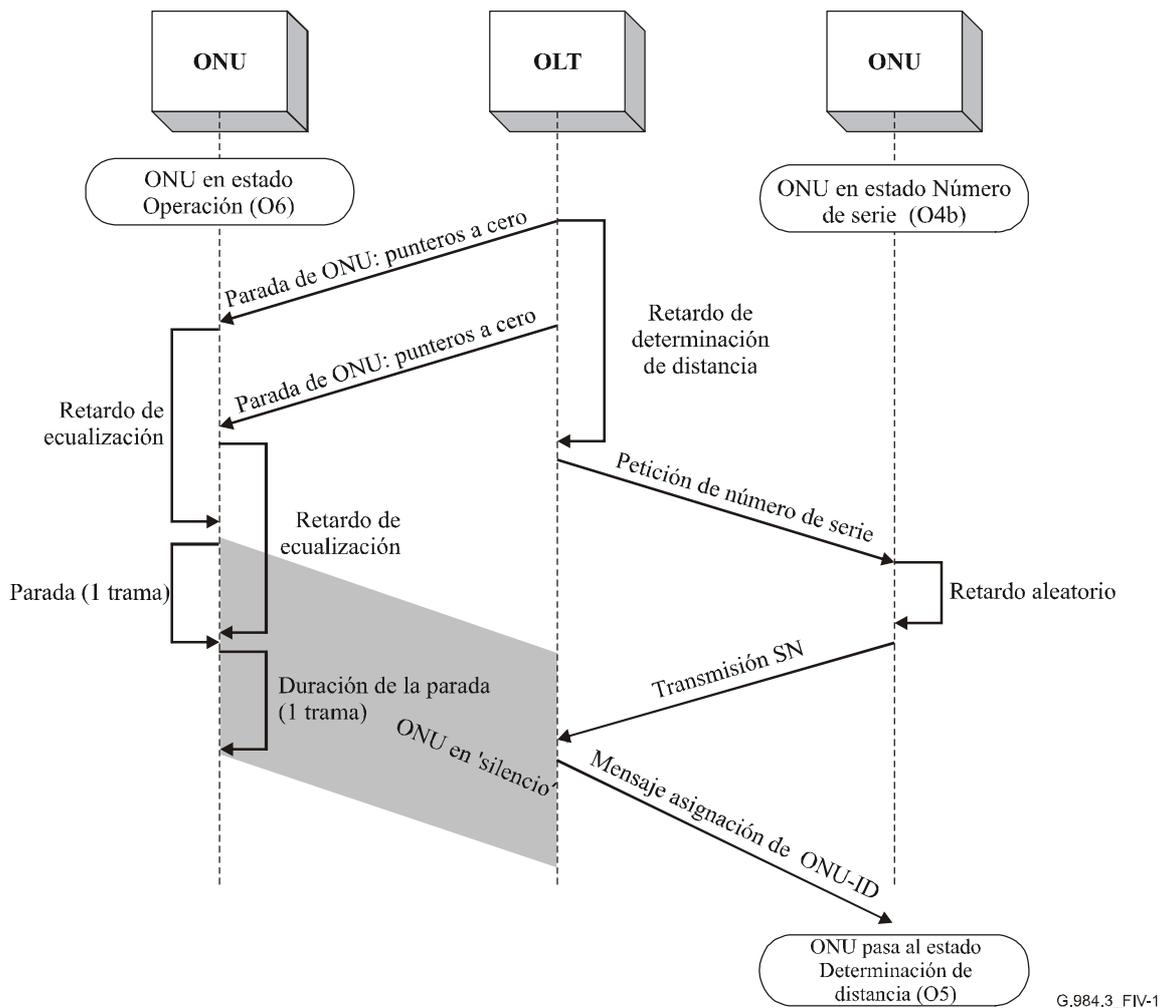


Figura IV.1/G.984.3 – Proceso de número de serie – Red en caliente

## IV.2 Proceso de nivelación de potencia

### IV.2.1 Nivelación de potencia durante el estado Ajuste de potencia (O3) – Red en caliente

Después del estado *Espera* (O2), tras la recepción del mensaje *tara ascendente* (*Upstream\_Overhead*), la ONU pasa al estado *Ajuste de potencia* (O3). En este estado, la ONU fija su nivel de potencia de transmisión (Tx) en base al valor especificado en el mensaje *tara ascendente*.

Se recomienda que el nivel de potencia de Tx por defecto, especificado en el mensaje *tara ascendente*, esté basado en el Modo 2 (modo de potencia de transmisión mínima). Sin embargo, al objeto de conseguir un tiempo de activación más breve, el nivel de potencia de Tx puede también estar basado en el Modo 1. Sólo en casos en los que la OLT no requiera nivelación de potencia, el modo por defecto será el Modo 0.

Obsérvese que el proceso siguiente no es necesario para las ONU que puedan ajustar su nivel de potencia de transmisión sin activar el transmisor.

- a) En redes en caliente (red activa y cursando tráfico), las ONU activas ya transmiten tráfico en sentido ascendente, que colisiona con la transmisión de *ajuste de potencia (Power\_Setup)* que transmiten las ONU que se encuentran en el estado *Ajuste de potencia (O3b)*. Para impedir dichas colisiones, la OLT debe detener las ONU que estén en funcionamiento mediante punteros a cero antes de generar las peticiones de *SN* con  $PLSu=1$ .

NOTA – Cuando las ONU están situadas a una distancia entre 0 y 20 km, para evitar colisiones se recomienda detener durante 2 tramas consecutivas el funcionamiento de las ONU que están trabajando.

- b) La OLT detiene las ONU en funcionamiento, les envía punteros a cero y espera el mensaje *retardo de determinación de distancia* (dicho retardo es necesario para asegurar que se hayan detenido todas las ONU en funcionamiento antes de que se genere la petición *SN* con  $PLSu = 1$ ), y transmite una petición de *SN* con  $PLSu = 1$ :
  - ONU-ID = 254, PLOAMu = 1, PLSu = 1, Sstart = 0 & Sstop = PLOAMu+ longitud del campo PLSu
- c) Todas las ONU que se encuentran en el estado *Ajuste de potencia (O3b)* reciben la petición de *SN* con  $PLSu = 1$ .
- d) La ONU espera un retardo aleatorio y transmite el campo *PLSu* (serie de ceros y unos – específica de cada vendedor):
  - Puesto que la OLT no utiliza el campo PLSu, sólo se transmite una vez (incluso en casos de colisiones).
  - Mientras se transmite el campo PLSu, la ONU fija su nivel de potencia de Tx al nivel requerido, especificado en el mensaje *tara ascendente*.
- e) Una vez transmitido el campo *PLSu*, la ONU genera un evento *ajuste-de-potencia-finalizado (Power-Setup-Complete)*.
- f) La ONU genera un nuevo valor de retardo aleatorio para la siguiente petición de *SN*.
- g) La ONU pasa al estado Número de serie (O4).

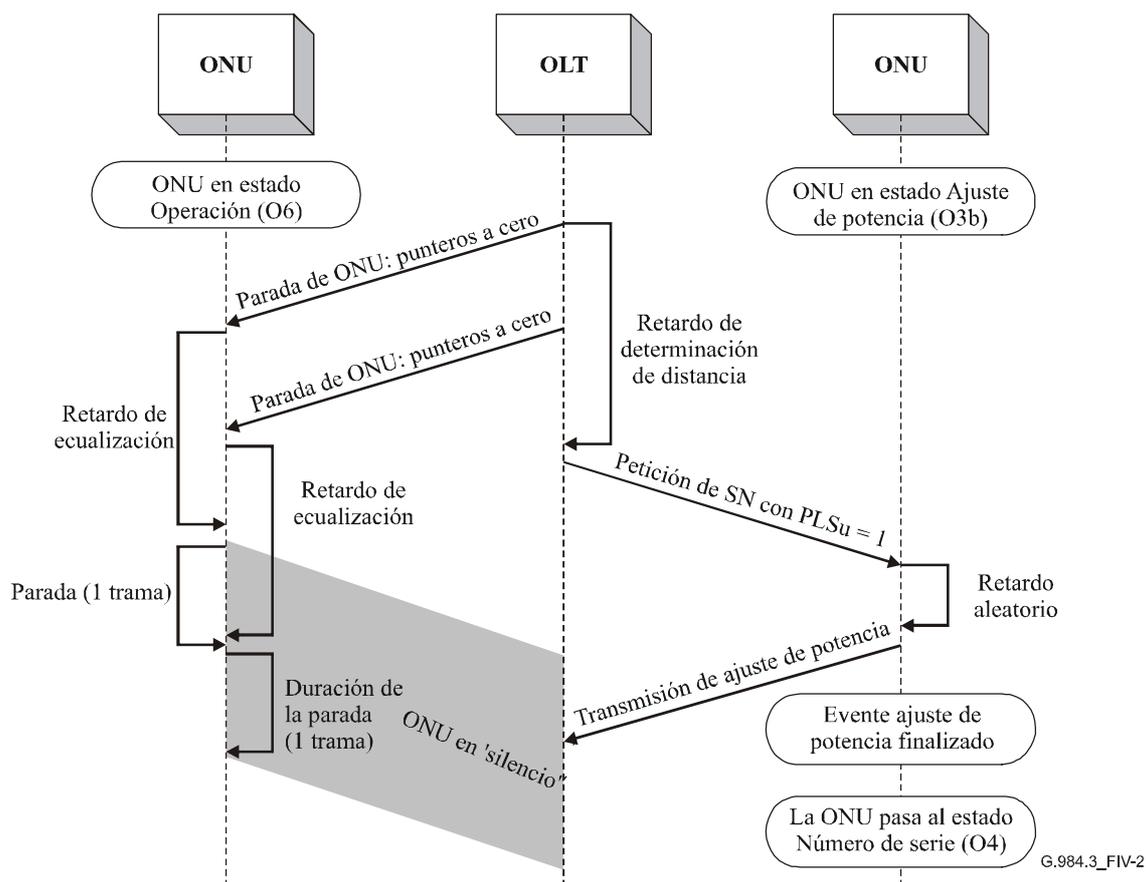


Figura IV.2/G.984.3 – Proceso de ajuste de potencia – Red en caliente

#### IV.2.2 Nivelación de potencia durante el estado Número de serie (O4) debido a una potencia óptica débil

En algunos casos, la potencia óptica recibida en las transmisiones *SN* de la ONU es tan débil que la OLT no puede detectar el valor del *número-de-serie*. Para aumentar la potencia transmitida por dichas ONU, se utiliza el método siguiente:

- a) La OLT detecta una transmisión *SN* débil (durante varios ciclos de número de serie).
- b) Las ONU que hayan respondido a un número predefinido de peticiones de número de serie (el valor recomendado es 4) pero no hayan recibido el mensaje asignación de ONU-ID (*Assign ONU-ID*) generan un evento superación-de-umbral-de-peticiones-SN (*SN\_Req-Threshold-Crossed*), y pasan al estado *Nivelación de potencia SN* (O4c).
  - El hecho de que dichas ONU no recibieran el mensaje *Assign ONU-ID* implica que sus transmisiones *SN* no se recibieron correctamente en la OLT, probablemente debido a una potencia óptica insuficiente.
- c) Si tras varias retransmisiones del ciclo número de serie (el valor recomendado es 4), la recepción de la transmisión *SN* es aún débil, la OLT transmite el mensaje *modificar nivel de potencia* (*Change Power Level*) (con la opción aumentar), seguido de la petición *número de serie* con los valores siguientes:
  - ONU-ID = 254, PLOAMu = 1, PLSu = 1, Sstart = 0 & Sstop = longitud del campo PLOAM + PLSu

- d) Tras la recepción de la petición **número de serie** con  $PLSu = 1$ :
- Las ONU que están en el *estado Nivelación de potencia SN* (O4c) responderán con una transmisión **SN** que contiene el campo  $PLSu$ , al tiempo que aumentan su potencia en 3 dB. Puesto que la potencia óptica de Tx sólo es estable al final de la transmisión  $PLSu$ , la transmisión-SN válida (no débil) sólo se recibirá en el siguiente ciclo de número de serie (que será un petición de **número de serie** regular con  $PLSu = 0$ ).
  - Puesto que la petición de **número de serie** también se recibe en las ONU que están en el *estado Número de serie* (O4b), éstas responden con una transmisión **SN** regular (sin el campo  $PLSu$ ).
  - Las ONU que se encuentren en otros estados no responden a la petición **número de serie**.
- e) Una vez que las ONU que se encuentran en el *estado Nivelación de potencia SN* (O4c) hayan aumentado su potencia óptica, vuelven al *estado Número de serie* (O4b) y reinician su contador 'umbral-de-peticiones-SN-superado'.
- f) Si se recibe el mensaje **máscara SN** (**SN\_Mask**) con falta de concordancia, la ONU vuelve al *estado Número de serie inicial* (O4a) y reinicia su contador 'umbral-de-peticiones-SN-superado'.

#### IV.2.3 Nivelación de potencia durante el estado Determinación de distancia (O5)

Mientras la ONU se encuentra en el estado Determinación de distancia (O5), transmite el campo **determinación de distancia** en respuesta a una petición **determinación de distancia**. El receptor de la OLT mide la potencia óptica media recibida de la ONU, y la compara con sus umbrales de recepción.

Si la transmisión de **determinación de distancia** que se recibe de la ONU es demasiado débil o intensa, la OLT puede aumentar/disminuir su potencia transmitiendo a la ONU en cuestión un mensaje PLOAM **modificar nivel de potencia** (**Change\_Power\_Level**) con la opción 'aumentar/disminuir'.

Después del mensaje PLOAM **modificación de nivel de potencia**, la OLT transmite una petición **determinación de distancia** con una bandera  $PLSu$  confirmada ( $PLSu = 1$ ). La ONU responde con un campo  $PLSu$  en su transmisión de **determinación de distancia** ascendente. Durante la transmisión del campo  $PLSu$ , la ONU aumenta/disminuye su nivel de potencia.

#### IV.2.4 Nivelación de potencia durante el estado Operación (O6)

Mientras la ONU se encuentra en el estado Operación (O6), transmite los campos de datos a la OLT. En instantes de tiempo predefinidos, el receptor de la OLT mide la potencia óptica media recibida de la ONU, que compara con los umbrales de recepción de la OLT.

Si la transmisión ascendente que se recibe de la ONU es demasiado débil o intensa, la OLT puede aumentar/disminuir dicha potencia transmitiendo a la ONU en cuestión un mensaje PLOAM **modificar nivel de potencia** con la opción 'aumentar/disminuir'.

En una de las tramas siguientes, se confirma la bandera  $PLSu$  ( $PLSu = 1$ ), respondiendo la ONU con un campo  $PLSu$  en su transmisión ascendente. Durante la transmisión del campo  $PLSu$ , la ONU aumenta/disminuye su nivel de potencia.

### IV.3 Proceso de medición del retardo de ida y vuelta (RTD)

#### IV.3.1 Inicio de la medición del retardo de ida y vuelta (RTD)

Existen dos situaciones en las que se inicia la medición del retardo de ida y vuelta (RTD):

- 1) Cuando se conecta una nueva ONU y ésta se detecta como consecuencia del proceso de número de serie (SN). El propósito del proceso de determinación de distancia es calcular su retardo de ecualización.
- 2) Cuando durante el proceso de número de serie se detecta una ONU que estaba 'perdida' (en estado LOS). El propósito del proceso de determinación de distancia es verificar que su retardo de ecualización es exacto, pudiendo la ONU volver a estar en servicio.

NOTA – En este caso puede aplicarse un ciclo de determinación de distancia breve.

#### IV.3.2 Medición del retardo de ida y vuelta (RTD) durante el estado Determinación de distancia (O5)

- a) En redes en caliente (es decir, redes activas y cursando tráfico), las ONU activas realizan transmisiones en sentido ascendente que pueden colisionar con transmisiones de determinación de distancia realizadas desde las ONU que se encuentren en el estado Determinación de distancia. A fin de evitar dichas colisiones, la OLT debería detener el funcionamiento de las ONU en servicio mediante punteros a cero antes de generar la petición de determinación de distancia.

NOTA 1 – En los casos en que la distancia a las ONU oscila entre 0-20 km, se recomienda detener las ONU en servicio durante 2 tramas consecutivas, evitando así las colisiones. Para distancias de ONU entre 0-45 Km, la detención dura 4 tramas.

- b) La OLT detiene a las ONU en servicio y espera durante el **retardo de determinación de distancia** (lo cual es necesario para asegurar que la ONU en servicio más lejana se haya detenido antes de que se emita la petición de determinación de distancia), transmitiendo entonces la petición de determinación de distancia.
- c) La OLT transmite la petición de determinación de distancia.
- d) La ONU recibe la petición de determinación de distancia.
- e) La ONU realiza una transmisión de determinación de distancia ascendente.
- f) La OLT recibe la transmisión de determinación de distancia y calcula los parámetros de determinación de distancia (retardo de ecualización de la ONU).

NOTA 2 – en el caso de las ONU cuya distancia se ha medido anteriormente (y cuya transmisión de SN incluía el ONU-ID correcto), puede aplicarse el proceso de determinación de distancia breve.

- g) Éxito de la determinación de distancia:
  - La OLT transmite los parámetros de determinación de distancia a la ONU utilizando el mensaje **tiempo de determinación de distancia (Ranging\_Time)**.
  - La ONU recibe el mensaje **tiempo de determinación de distancia**. Se actualizan los parámetros de determinación de distancia y la ONU pasa al estado Operación (si no se recibe el mensaje **tiempo de determinación de distancia**, la ONU permanece en el estado Determinación de distancia, reiniciándose cuando venza a la temporización TO1).
- h) Fallo de la determinación de distancia:
  - La OLT confirma una alarma de fallo de determinación de distancia.
  - La ONU se reinicializa, utilizando el mensaje de desactivación de ONU-ID (**Deactivate\_ONU-ID**).

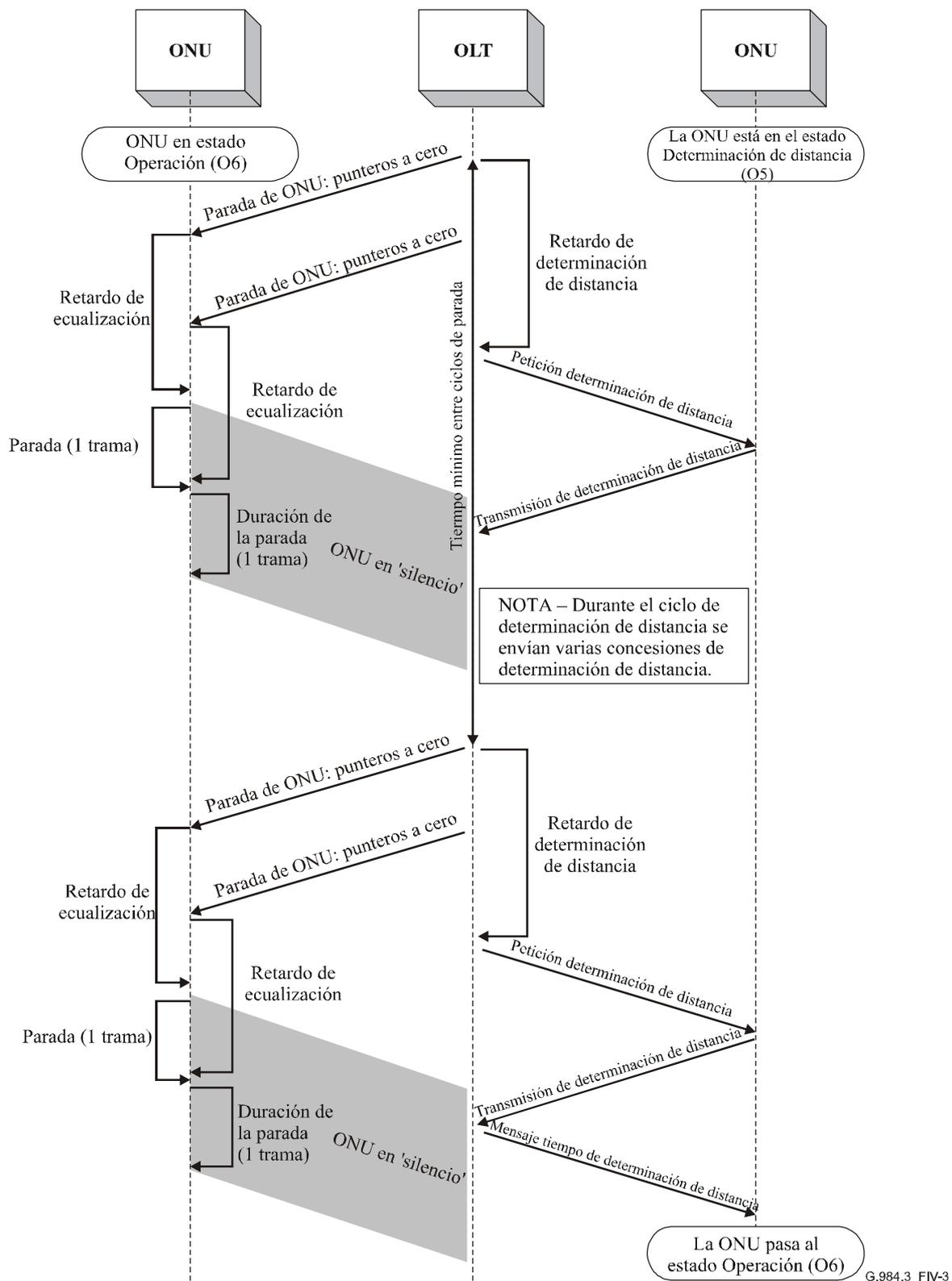


Figura IV.3/G.984.3 – Proceso de determinación de distancia – Red en caliente

## IV.4 Proceso POPUP

### IV.4.1 La OLT conmuta todas las ONU a la fibra de protección

- a) La ONU detecta una de las dos alarmas siguientes descendentes:
  - LOS – Pérdida de señal (*Loss of signal*).
  - LOF – Pérdida de trama (*Loss of frame*).
- b) La ONU pasa al estado POPUP (O7).
- c) Se activa el temporizador TO2. TO2 = 100 ms.
- d) La OLT detecta una de las alarmas ascendentes siguientes en relación con todas las ONU o con una ONU específica:
  - LOS – Pérdida de señal.
  - LOF – Pérdida de trama.
- e) La OLT conmuta todas las ONU a las fibras de protección (tipos A y B de conmutación de protección). Ello da lugar a una LOS descendente breve, y todas las ONU pasan al estado POPUP. Si la protección tiene éxito, las ONU permanecen en el estado POPUP, pero no en situación de LOS.
- f) La OLT supone que todas las ONU están en estado POPUP (O7), activándose en la OLT un mecanismo de temporizador TO2 en paralelo.
- g) La OLT difunde un PLOAM a todas las ONU que incluye un **mensaje POPUP**. En consecuencia, todas las ONU pasan al estado Determinación de distancia (O5).
- h) La OLT comienza el proceso de determinación de distancia para todas las ONU.
- i) Si el temporizador TO2 de la ONU expira y ésta se encuentra aún en el estado POPUP (O7), es decir, la ONU no ha podido pasar al estado Determinación de distancia (O5), la ONU se desactiva y pasa al estado Inicial (O1). La ONU permanece en el estado Inicial (O1)/estado Espera (O2), hasta el siguiente ciclo de activación, en el será detectada y activada por la OLT.

### IV.4.2 La ONU conmuta a la fibra de protección de forma autónoma

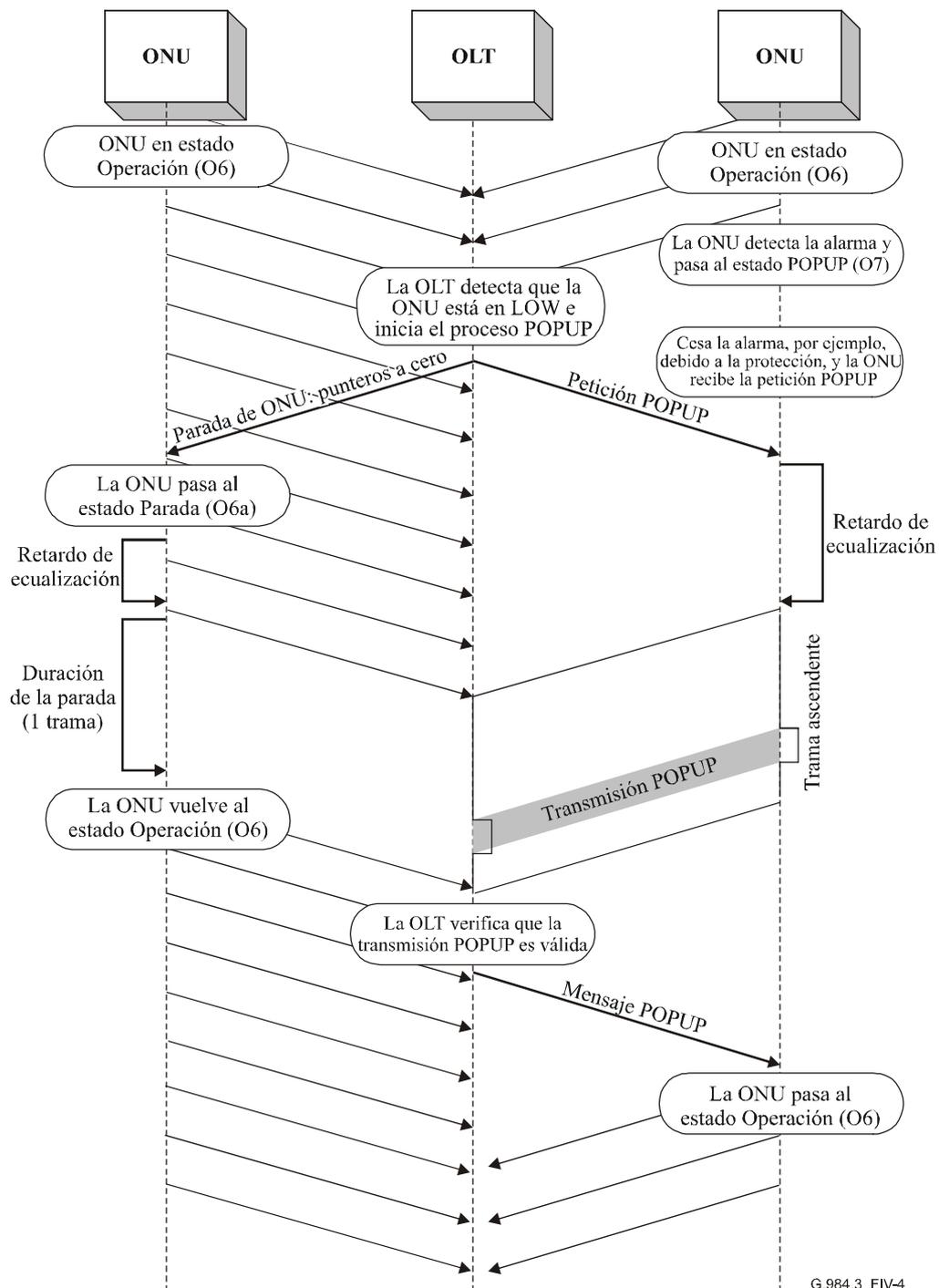
- a) La ONU detecta una de las dos alarmas descendentes siguientes:
  - LOS – Pérdida de señal.
  - LOF – Pérdida de trama.
- b) La ONU pasa al estado POPUP (O7).
- c) Se activa el temporizador TO2. TO2 = 100 ms.
- d) La OLT detecta una de las alarmas ascendentes siguientes en relación con una ONU específica:
  - LOS – Pérdida de señal.
  - LOF – Pérdida de trama.
- e) Se activa en la OLT un mecanismo de temporización TO2 paralelo, y la OLT supone que la ONU está en el estado POPUP (O7).
- f) La OLT transmite una **petición POPUP** a todas las ONU que se supone están en el estado POPUP (O7), y envía una concesión de parada (*Halt*) a las restantes ONU.
- g) Si ha finalizado el estado de alarma, la ONU recibe una **petición POPUP** y responde con una **transmisión POPUP**.
  - Cuando se recibe la **petición POPUP**, la ONU responde con una **transmisión POPUP** que se envía después del retardo de equalización (EqD) y del intervalo de tiempo que señala el inicio de la **transmisión** ascendente.

- Si en lugar de una **petición POPUP**, la ONU recibe un PLOAM con un '**mensaje POPUP**' con difusión del ONU-ID, la ONU pasa al estado Determinación de distancia (O5).

h) La OLT recibe la **transmisión POPUP**

- La transmisión POPUP se recibe correctamente (fase de llegada correcta)  
La transmisión debe llegar a la OLT después del retardo de ida y vuelta ecualizado (Teqd, *equalized round trip delay*), y del retardo adicional basado en la transmisión del intervalo de tiempo que señala el inicio.  
Se activa la ONU, es decir, pasa al estado Operación (O6), mediante un PLOAM con un **mensaje POPUP**.
- La transmisión POPUP se recibe incorrectamente (fase de llegada incorrecta)  
La OLT repetirá el proceso anterior (retransmite la **petición POPUP**). Si se recibe la **transmisión POPUP** de nuevo en el mismo intervalo de tiempo erróneo, la OLT calcula el nuevo retardo de ecualización (EqD) corregido, lo transmite a la ONU mediante un **mensaje tiempo de determinación de distancia**, seguido de un **mensaje POPUP**.  
NOTA – Si la transmisión **POPUP** se recibe en un intervalo de tiempo (TS) erróneo diferente, la OLT ignora el primer resultado erróneo y repite el proceso.
- La transmisión POPUP no se recibe  
La OLT asume que no ha finalizado el estado de alarma de la ONU. Por lo tanto, la OLT repite el proceso, es decir, transmite un **petición POPUP** y una **concesión de parada**. Ello se debe al hecho de que la OLT no tiene información sobre el estado de alarma descendente de la ONU.

i) Si el temporizador TO2 de la ONU expira y ésta se encuentra aún en el estado POPUP (O7), se desactiva y pasa al estado Inicial (O1). Por lo tanto, cuando vence el temporizador TO2 paralelo de la OLT, el estado de la ONU registrado en la OLT se modifica y pasa a ser el estado Inicial (O1). Además, para conseguir seguridad en las mediciones, la OLT transmite a la ONU un **mensaje desactivación de ONU-ID** (*Deactivate\_ONU-ID*) (con la opción 'RST').



**Figura IV.4/G.984.3 – Proceso exitoso de prueba de llegada**





## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

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