

# Comprender la tecnología GPON

## Contenido

---

[Introducción](#)

[Prerequisites](#)

[Requirements](#)

[Componentes Utilizados](#)

[Antecedentes](#)

[Terminology](#)

[Diagrama de la red](#)

[Descripción general de la tecnología](#)

[Límites de GPON](#)

[Asignación de energía](#)

[Recorrido por el paquete](#)

[Recorrido descendente por el paquete](#)

[Estructura de la trama del paquete descendente](#)

[Recorrido ascendente por el paquete](#)

[Estructura de la trama del paquete ascendente](#)

[Bloques funcionales](#)

[Bloques funcionales de OLT](#)

[Bloques funcionales de ONU/OLT](#)

[Pilas de protocolos](#)

[Asignación de tráfico: Ethernet](#)

[OMCI](#)

[Técnicas importantes](#)

[Rangos](#)

[Explosión de tecnología](#)

[Asignación dinámica de ancho de banda \(DBA\)](#)

[Corrección de errores de envío \(FEC\)](#)

[Cifrado de línea](#)

[Modos de protección de red](#)

[Tipo A](#)

[Tipo B](#)

[Tipo C](#)

---

## Introducción

Este documento describe la tecnología de red óptica pasiva Gigabit (GPON) y cómo funciona.

## Prerequisites

## Requirements

No hay requisitos específicos para este documento.

## Componentes Utilizados

Este documento no tiene restricciones específicas en cuanto a versiones de software y de hardware.

La información que contiene este documento se creó a partir de los dispositivos en un ambiente de laboratorio específico. Todos los dispositivos que se utilizan en este documento se pusieron en funcionamiento con una configuración verificada (predeterminada). Si tiene una red en vivo, asegúrese de entender el posible impacto de cualquier comando.

## Antecedentes

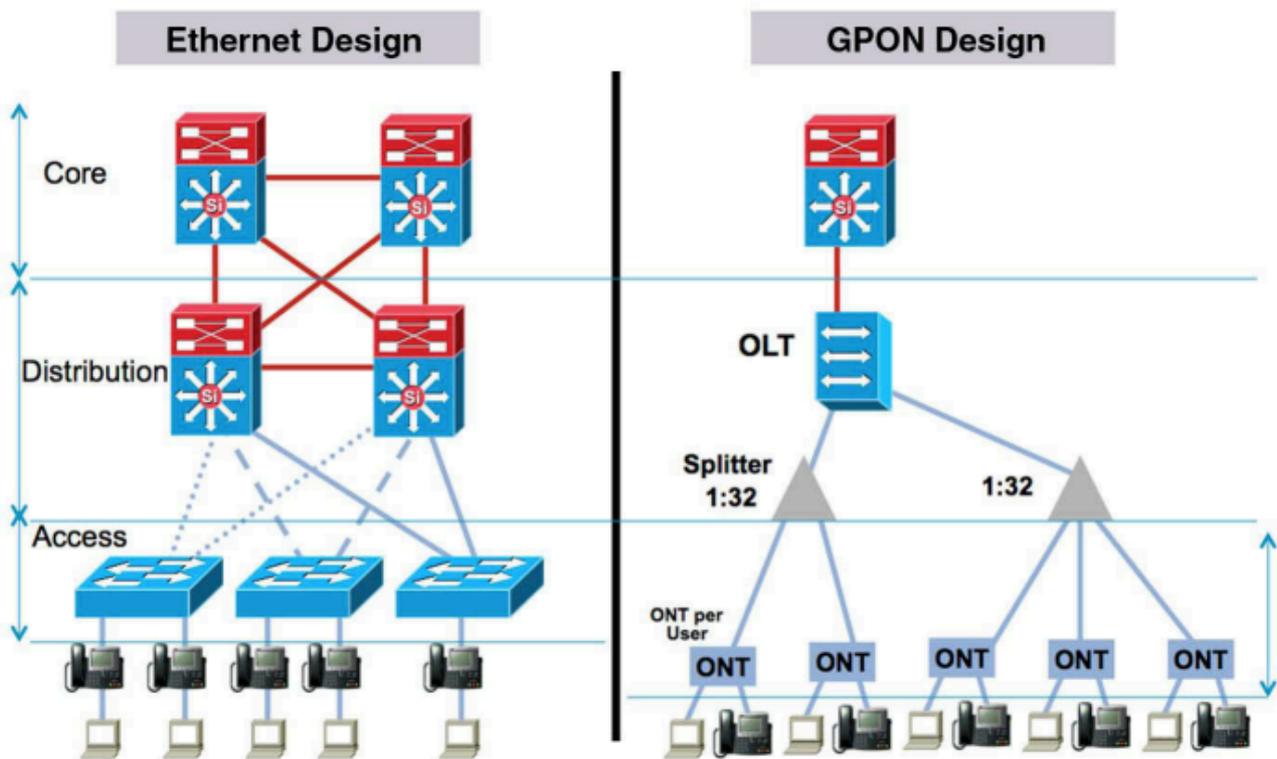
GPON es una alternativa al switching ethernet en las redes de campus. GPON reemplaza el diseño tradicional de ethernet de tres niveles con una red óptica de dos niveles al eliminar el acceso y la distribución de switches ethernet con dispositivos ópticos pasivos. Cisco presenta GPON con la plataforma Catalyst GPON.

## Terminology

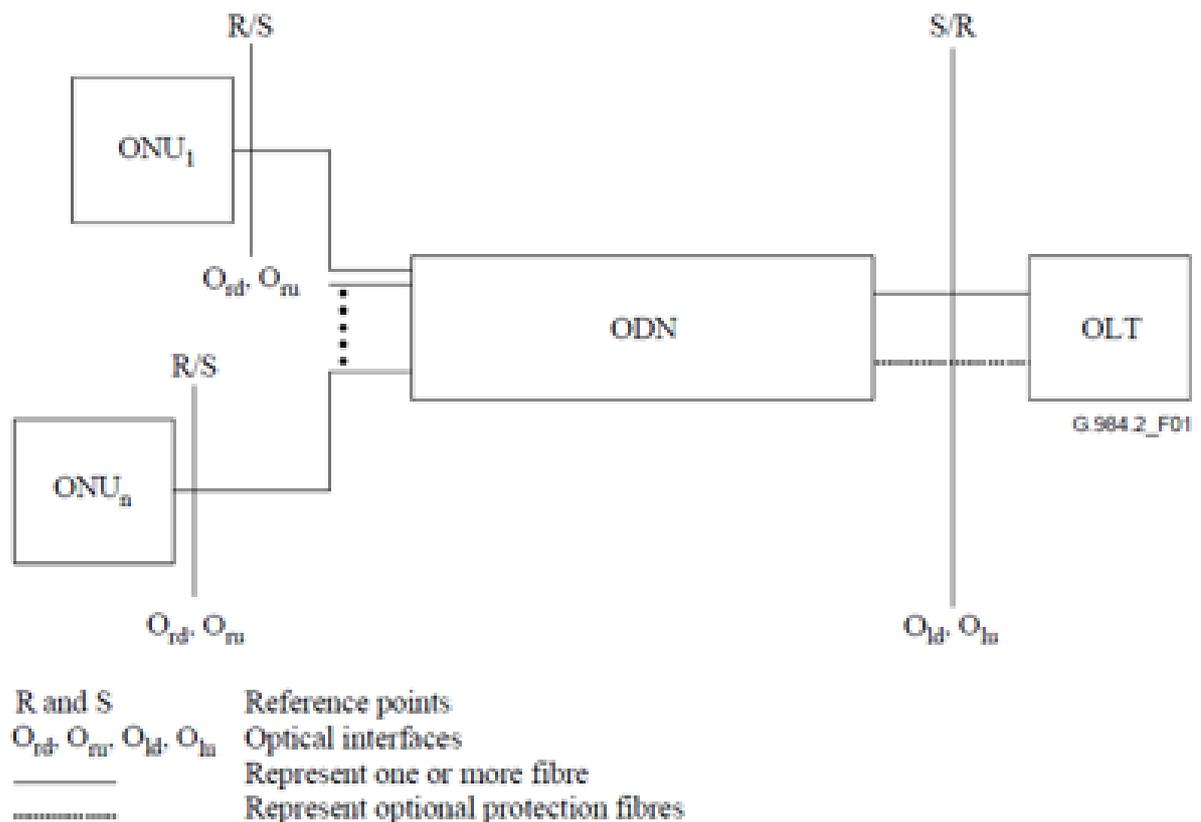
- Red óptica pasiva con capacidad de Gigabit (GPON): estándar para redes ópticas pasivas (PON) publicado por el ITU-T
- Red de distribución óptica (ODN): la fibra física y los dispositivos ópticos que distribuyen señales a los usuarios en una red de telecomunicaciones. El ODN se compone de componentes ópticos pasivos (POS), como las fibras ópticas y uno o más divisores ópticos pasivos.
- Terminación de red óptica (ONT)/Unidades de red óptica (ONU): conecta los dispositivos de usuarios finales (computadoras de escritorio, teléfonos, etc.) a la red GPON. Proporciona la conversión de señal óptica a eléctrica. Los ONT también proporcionan cifrado AES mediante la clave ONT.
- Divisores: se utilizan para agregar o multiplexar señales de fibra óptica a un único cable de fibra óptica ascendente. Por lo general, relación 1:32.
- Terminal de línea óptica (OLT): dispositivo que agrega todas las señales ópticas de las ONT en un único haz de luz multiplexado cuando se convierte en una señal eléctrica, formateada según los estándares de paquetes ethernet para el reenvío de capa 2 o capa 3.
- Multiplexación por división de longitud de onda (WDM): la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) es una tecnología que multiplexa varias señales portadoras ópticas en una única fibra óptica que utiliza diferentes longitudes de onda (es decir, colores) de luz láser.
- GEM Método de encapsulación G-PON (GEM) : un marco de transporte de tramas de datos utilizado en sistemas de redes ópticas pasivas (G-PON) con capacidad para gigabits orientado a la conexión y que admite la fragmentación de los marcos de datos del usuario en fragmentos de transmisión de tamaño variable

- Fiber to the X (FTTX) - FTTX es una generalización para varias configuraciones de implementación de fibra, organizadas en dos grupos: FTTP/FTTH/FTTB (fibra tendida hasta las instalaciones/hogar/edificio) y FTTC/N (fibra tendida hasta las instalaciones/casa/edificio). al gabinete/nodo, con cables de cobre para completar la conexión).
- T-CONT/TCONT: contenedor de transmisión
- OMCC: canal de control y administración de unidades de red óptica
- OMCI: interfaz de control y administración de unidades de red óptica
- PCBd: bloque de control físico descendente
- TDM: multiplexación por división de tiempo
- TDMA: acceso múltiple por división de tiempo

## Diagrama de la red



## Descripción general de la tecnología



G.984.2\_F01

- La OLT se conecta al divisor óptico a través de una única fibra óptica y, luego, el divisor óptico se conecta a las ONU/ONT.
- GPON adopta WDM para transmitir datos de diferentes longitudes de onda ascendentes/descendentes a través de la misma ODN. Las longitudes de onda van de 1290 a 1330 nm en sentido ascendente y de 1480 a 1500 nm en sentido descendente.
- Los datos se transmiten en el sentido descendente y en el sentido ascendente los datos se distribuyen en modo TDMA (según los intervalos de tiempo).
- Admite la transmisión de multidifusión punto a multipunto (P2MP).

## Límites de GPON

- Alcance lógico máximo: 60 km (es la distancia máxima administrada por las capas superiores del sistema [MAC, TC, rango] habida cuenta de una futura especificación de medios físicos dependientes [PMD]).
- Distancia máxima de fibra entre los puntos de envío/recepción (S/R) y de recepción/envío (R/S): 20 km
- Distancia máxima de fibra diferencial: 20 km
- Relación de división: restringida por pérdida de ruta, PON con divisores pasivos (división de 16, 32 o 64 vías)

- Velocidad: 1,24416 Gigabits/s ascendente, 2,48832 Gigabits/s descendente

## Asignación de energía

Como parte de GPON, se debe tener en cuenta la pérdida de potencia óptica. Esta pérdida se puede introducir de varias maneras, por ejemplo:

- Pérdida dentro de los divisores
- Pérdida por km de fibra (aproximadamente 0,35 dB por km para 1310, 1490 nm)
- Pérdida en empalmes (>0,2 dB)
- Pérdida de conector (0,6 dB)
- Flexión de fibra

Como se muestra en la imagen, la cantidad de pérdida ocasionada por el uso de varios divisores:

<b>Optical Splitters</b>	<b>Loss [dB]</b>
Splitter 1 x 64	20.1
Splitter 1 x 32	17.4
Splitter 1 x 16	13.8
Splitter 1 x 8	10.5
Splitter 1 x 4	7.0

Como se muestra en la imagen, la pérdida de ruta óptica mínima y máxima por clase:

Table G.984.2 – Classes for optical path loss

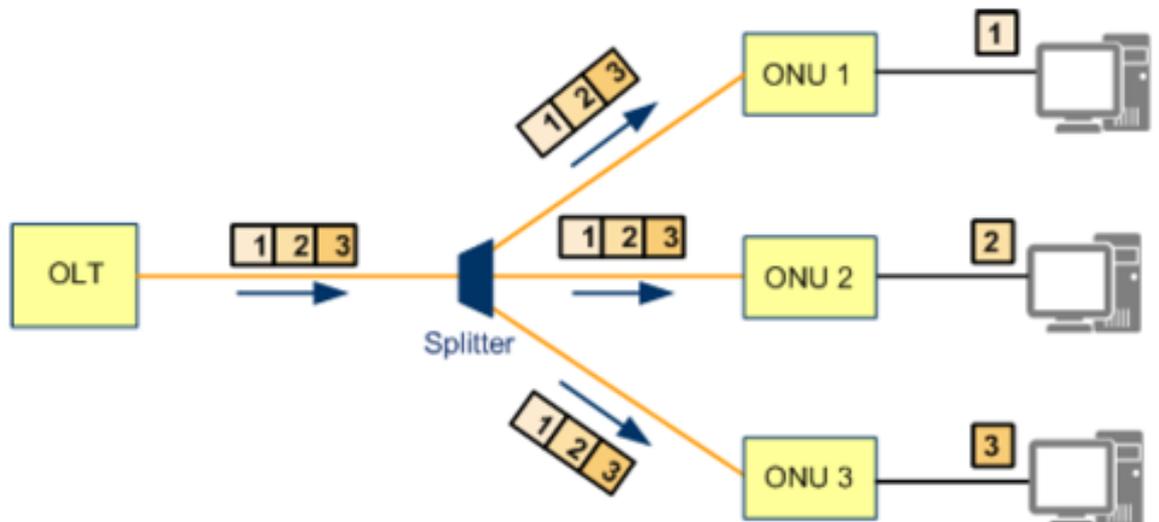
	Class A	Class B	Class B+	Class C
<b>Minimum loss</b>	<b>5 dB</b>	<b>10 dB</b>	<b>13 dB</b>	<b>15 dB</b>
<b>Maximum loss</b>	<b>20 dB</b>	<b>25 dB</b>	<b>28 dB</b>	<b>30 dB</b>

**NOTE** – The requirements of a particular class may be more stringent for one system type than for another, e.g. the class C attenuation range is inherently more stringent for TCM systems due to the use of a 1:2 splitter/combiner at each side of the ODN, each having a loss of about 3 dB.

## Recorrido por el paquete

Recorrido descendente por el paquete

Como se muestra en la imagen, los paquetes van en sentido descendente de la OLT hacia

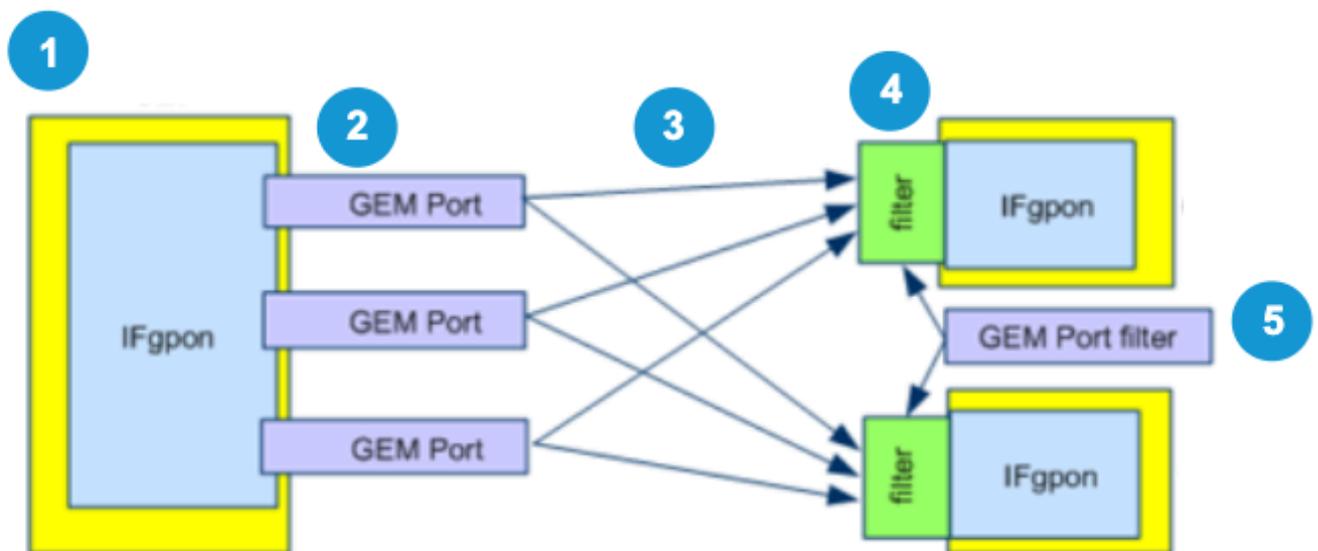


diversas ONU.

 Sugerencia: el flujo descendente es desde la perspectiva del divisor. Se puede considerar como tráfico dirigido hacia la ONU/ONT o usuarios finales.

- Los paquetes descendentes se reenvían como difusiones, con los mismos datos enviados a todas las mismas ONU/ONT con diferentes datos identificados por la ID de puerto GEM.
- Permite que una ONU/ONT reciba los datos deseados por la ID de la ONU.
- El rango de longitud de onda descendente es de 1480 a 1500 nm.
- Funcionamiento en modo continuo descendente: incluso cuando no hay tráfico de usuarios a través de GPON, hay una señal constante, excepto cuando el láser está administrativamente desactivado.

Como se muestra en la imagen, el procedimiento de reenvío de paquetes en sentido descendente.



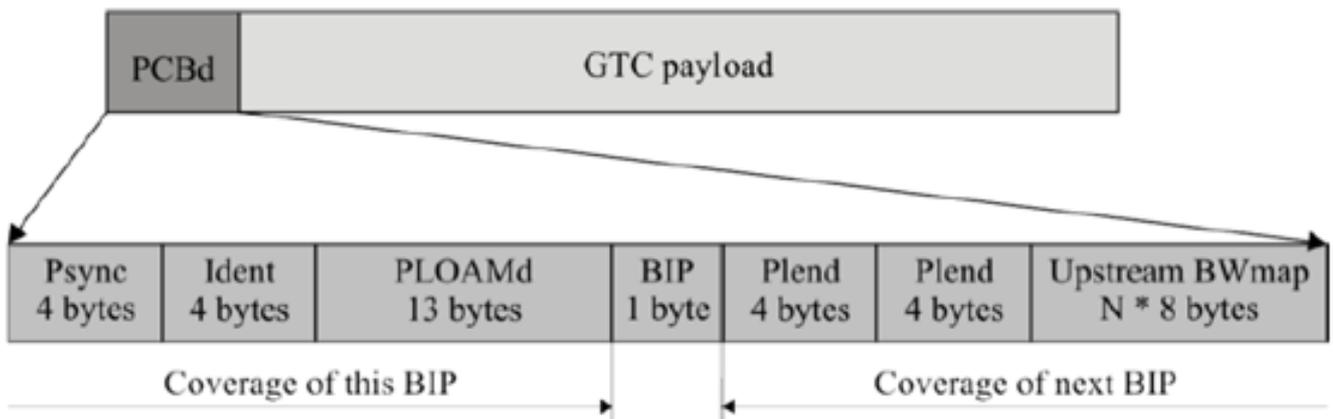
1. OLT envía tramas de ethernet desde los puertos de enlaces ascendentes al módulo de procesamiento de servicios de GPON según las reglas configuradas a los puertos PON.
2. El módulo de procesamiento de servicios de GPON encapsula las tramas de ethernet en paquetes de datos de puerto GEM para la transmisión descendente.
3. Las tramas de convergencia de transmisión de GPON (GTC) que contienen PDU de GEM se difunden a todas las ONT/ONU conectadas al puerto GPON.
4. La ONT/ONU filtra los datos recibidos en función del ID de puerto GEM contenido en el encabezado de la PDU GEM y retiene los datos solo significativos para los puertos GEM en esta ONT/ONU.
5. La ONT desencapsula los datos y envía las tramas de ethernet a los usuarios finales a

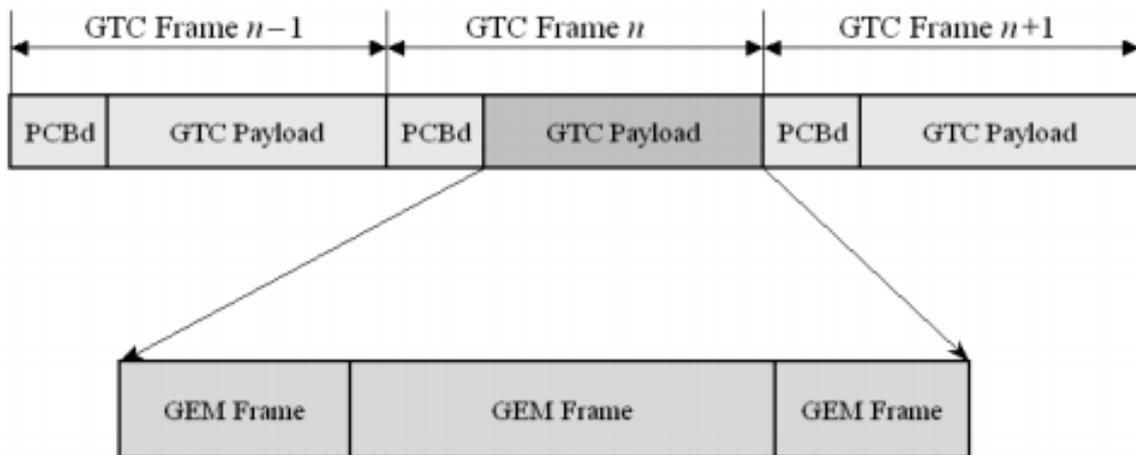
través de los puertos de servicio.

## Estructura de la trama del paquete descendente

- Una trama GPON descendente tiene una longitud fija de 125  $\mu$ s, que consta de dos componentes: bloque de control físico aguas abajo (PCBd) y carga útil.
- La OLT transmite PCBd a todas las ONU/ONT. Las ONU/ONT reciben el PCBd y realizan operaciones según la información recibida.
- PCBd consta del encabezado GTC y BWmap:
  - Encabezado de GTC: se utiliza para la delimitación de tramas, la sincronización y la corrección de errores de reenvío (FEC).
  - BWmap: el campo notifica a cada ONU sobre la asignación de ancho de banda ascendente. Especifica los intervalos de tiempo de inicio y finalización ascendentes para los T-CONT de cada ONU. Esto garantiza que todas las ONU envíen datos según los intervalos de tiempo especificados por la OLT para evitar conflictos de datos.

Como se muestra en la imagen, una vista ampliada de la PCBd y de lo que contiene la carga útil de GTC.





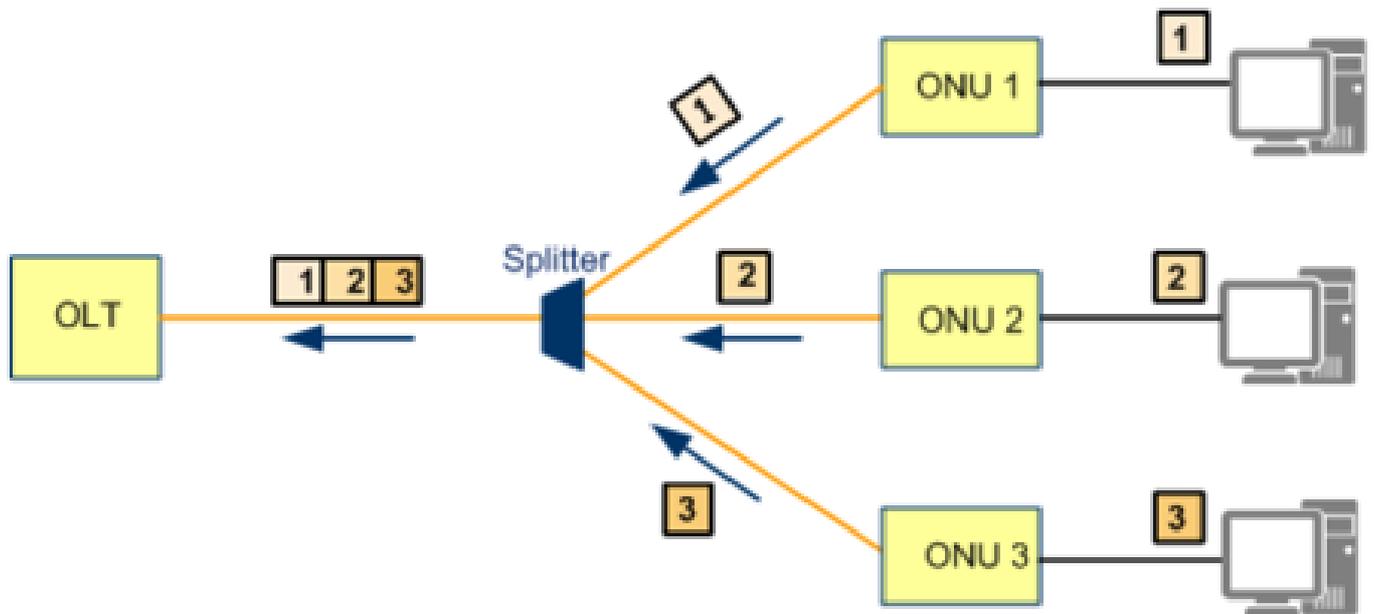
G.984.3\_FB-2

Términos clave:

- Psync (longitud de 4 bytes): campo de sincronización física. Indica el inicio de cada PCBd.
- Ident (longitud de 4 bytes): se utiliza para indicar estructuras de trama más grandes. Contiene el contador de supertramas que utiliza el sistema de cifrado.
- PLOAMd (longitud de 13 bytes) : campo en sentido descendente de OAM de la capa física. Piense en esto como un canal de operación y administración basado en mensajes entre la OLT y las ONU/ONT.
- BIP (longitud de 1 byte): paridad entrelazada en bits por el receptor para medir la cantidad de errores en el enlace.
- Plend (longitud de 4 bytes): campo de longitud de carga útil.

Recorrido ascendente por el paquete

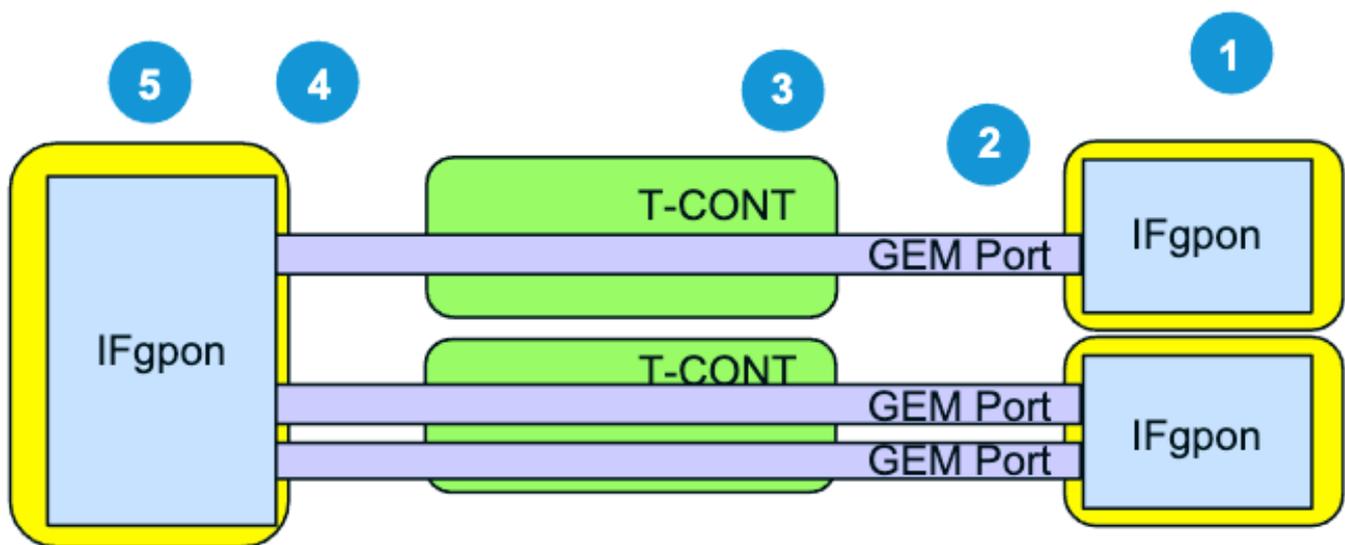
Como se muestra en la imagen, el flujo de paquetes ascendente de varias ONU a la OLT.



 Sugerencia: Se puede pensar en sentido ascendente desde la perspectiva del divisor o el tráfico enviado desde los usuarios finales de la ONU/UNT hacia la OLT.

- La transmisión ascendente de paquetes se realiza a través de TDMA (acceso múltiple por división de tiempo)
  - Se mide la distancia entre OLT y ONT/ONU.
  - Los intervalos de tiempo se asignan según la distancia.
  - ONT/ONU envía tráfico ascendente según el intervalo de tiempo otorgado.
- La asignación dinámica de ancho de banda (DBA) permite que la OLT supervise en tiempo real la congestión, el uso del ancho de banda y la configuración.
- Detecta y evita colisiones a través del rango.
- La longitud de onda ascendente varía de 1290 a 1330 nm.

Como se muestra en la imagen, el procedimiento de reenvío de paquetes ascendente.



1. Las ONT/ONU envían tramas de ethernet a los puertos GEM según las reglas configuradas que asignan los puertos de servicio y los puertos GEM.
2. Los puertos GEM encapsulan las tramas de ethernet en las PDU GEM y agregan estas PDU a las colas de TCONT según las reglas que asignan los puertos GEM y las colas de TCONT.
3. Las colas TCONT utilizan intervalos de tiempo en función de DBA y, luego, transmiten PDU GEM ascendentes a la OLT.
4. OLT desencapsula la PDU GEM, ahora se ve la trama de ethernet original.
5. La OLT envía las tramas de ethernet desde un puerto de enlace ascendente especificado según las reglas que asignan los puertos de servicio y los puertos de enlaces ascendentes.

### Estructura de la trama del paquete ascendente

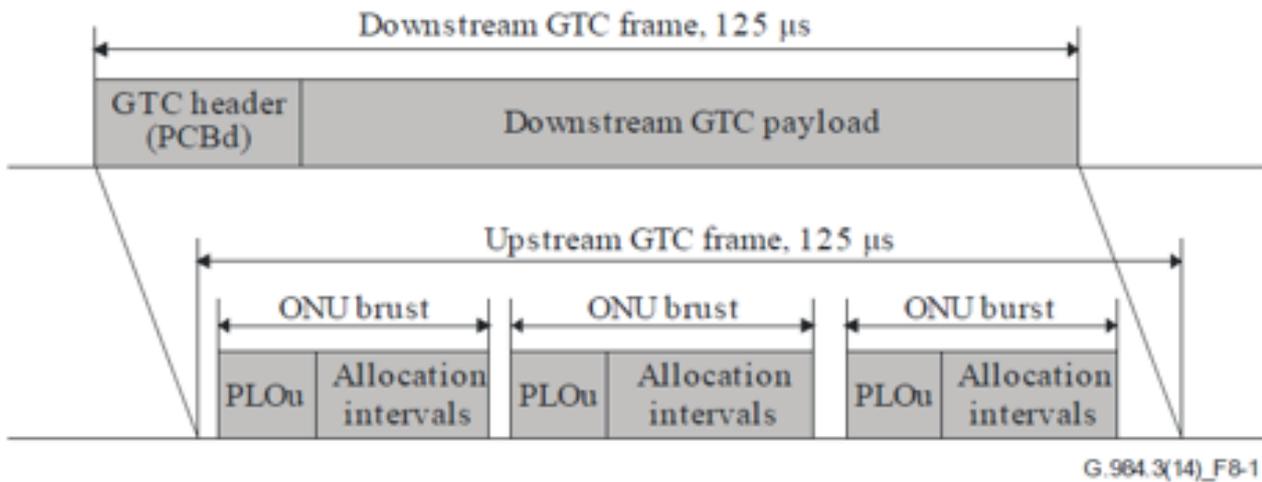
- Cada trama GPON ascendente tiene una longitud fija de 125  $\mu$ s.
- Cada trama ascendente contiene el contenido transportado por uno o más T-CONT/TCONT.
- Todas las ONU conectadas a un puerto GPON comparten el ancho de banda ascendente.
- Todas las ONU envían sus datos ascendentes en sus propios intervalos de tiempo según los requisitos del mapa de ancho de banda (BWmap).
- Cada ONU informa el estado de los datos que se enviarán a la OLT mediante el uso de tramas ascendentes. La OLT utiliza DBA para asignar intervalos de tiempo ascendentes a las ONU y envía actualizaciones en cada trama.

---

 Nota: Las tramas en sentido ascendente se envían como ráfagas, que se componen de la

- 
- ✎ sobrecarga de la capa física ascendente (PLOu) y uno o más intervalos de asignación de ancho de banda asociados con una ID de asignación específica
- 

Como se muestra en la imagen, la diferencia entre una trama descendente y ascendente.

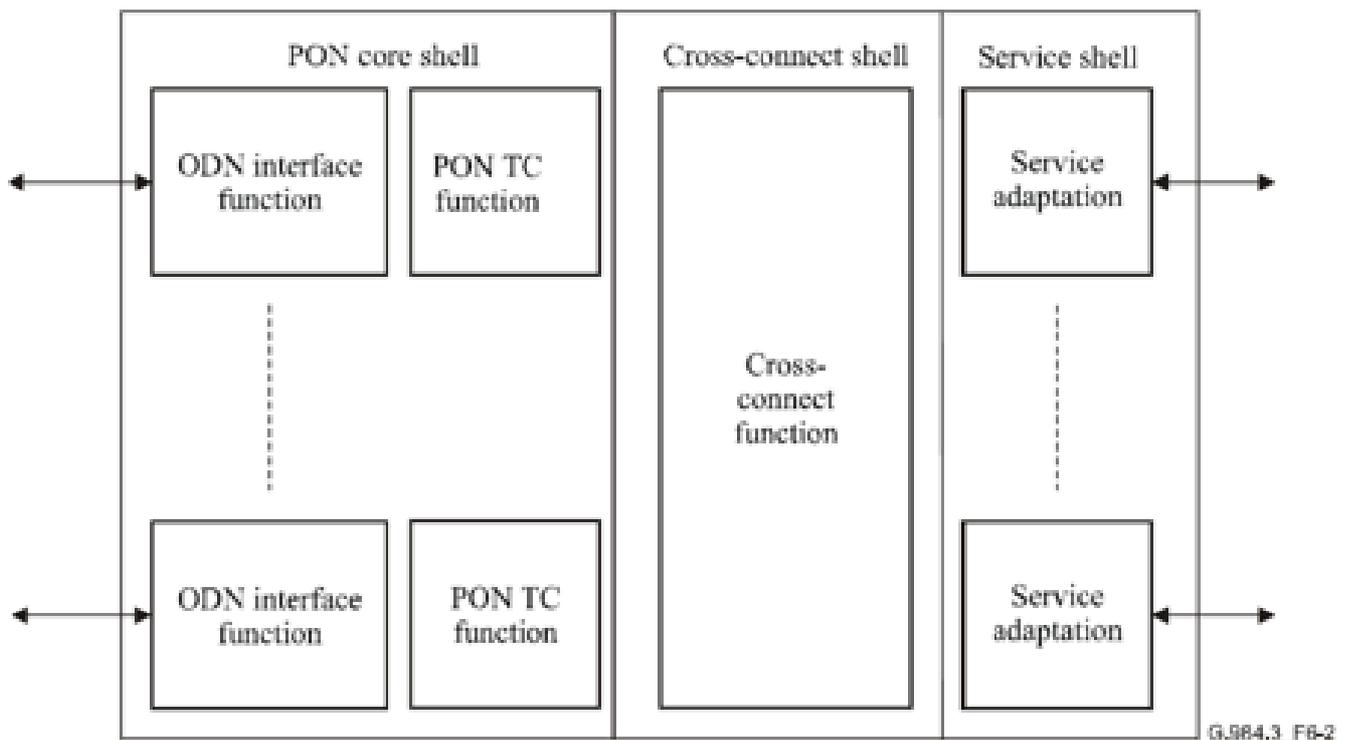


Términos clave:

- Sobrecarga de capa física ascendente (PLOu): sobrecarga de capa física en sentido ascendente.
- Capa física OAM ascendente (PLOAMu): mensajes PLOAM de datos ascendentes. Piense en esto como un canal de operación y administración basado en mensajes entre la OLT y las ONU/ONT.
- Secuencia de nivel de potencia ascendente (PLSu): secuencia de nivel de potencia ascendente
- Informe de ancho de banda dinámico ascendente (DBRu): informe de ancho de banda dinámico ascendente
- Carga útil: datos de usuario

## Bloques funcionales

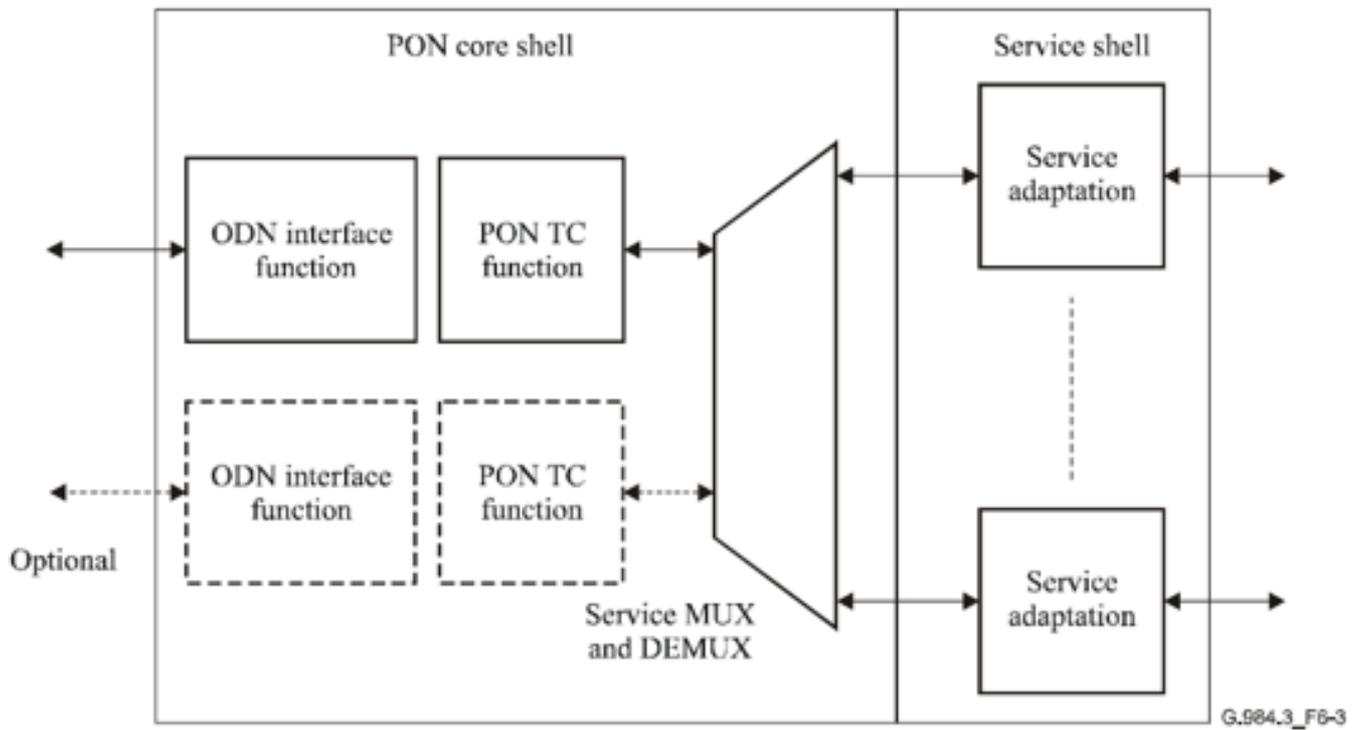
Bloques funcionales de OLT



Una OLT consta de tres partes principales:

1. Función de interfaz de puerto de servicio: brinda la traducción entre las interfaces de servicio y la interfaz de trama de TC de la sección PON.
2. Función de conexión cruzada: proporciona una ruta de comunicación entre el shell PON y el shell de servicio, así como la funcionalidad de conexión cruzada.
3. Interfaz de red de distribución óptica (ODN): se subdivide en dos partes:
  - Función de interfaz PON
  - Función PON TC: las responsabilidades incluyen la trama, el control de acceso a medios, OAM, DBA y la delimitación de la unidad de datos de protocolo (PDU) para la función de conexión cruzada y la administración de la ONU.

Bloques funcionales de ONU/OLT

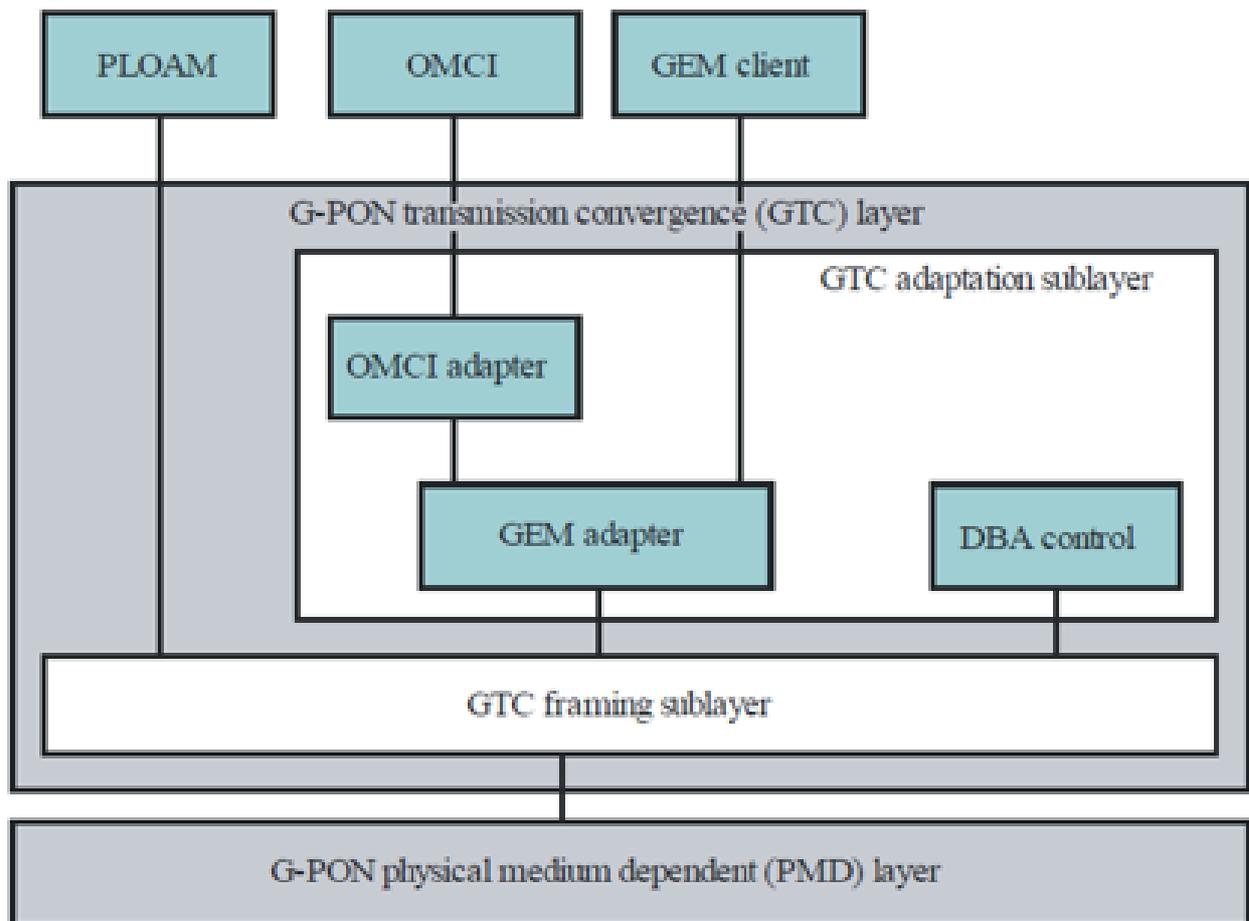


Los bloques funcionales son similares a la OLT. En el caso de que la ONU/OLT funcione con una única interfaz PON (máx. 2 para fines de protección), se omite la función de conexión cruzada. En lugar de esta función, el servicio MUX y DEMUX ahora son responsables del tráfico.

## Pilas de protocolos

El protocolo GPON tiene su propia pila, solo ethernet o IP.

Como se muestra en la imagen, la pila de protocolos para GPON:



G.984.3(14)\_F7-1

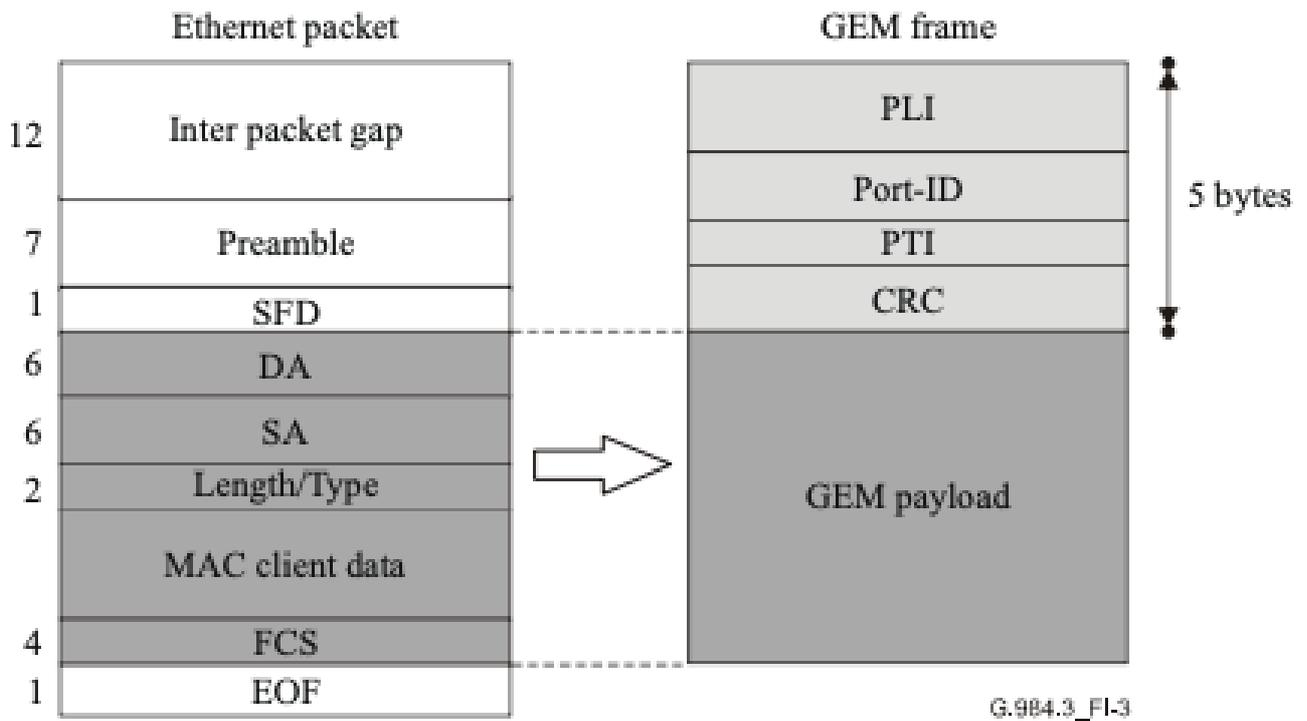
Términos clave:

- Capa de PMD: equivale a las interfaces GPON que se encuentran entre las OLT y las ONU.
- Capa GTC: responsable de la encapsulación de cargas útiles mediante el uso de celdas ATM o tramas GEM. Las tramas GEM pueden transportar celdas ethernet, POTS, E1 y T1.

Asignación de tráfico: Ethernet

- Resuelve las tramas de ethernet y asigna directamente los datos de las tramas de ethernet a la carga útil de GEM
- Las tramas GEM encapsulan automáticamente la información del encabezado.
- Alineación 1:1 entre una trama de ethernet y una trama de GEM.

Como se muestra en la imagen, cómo se asigna una trama de ethernet a una trama de GEM:



## OMCI

- Los mensajes de la interfaz de control y administración de la ONU (OMCI) se utilizan para detectar ONT/ONU para la administración y el control.
- Estos mensajes especializados se envían a través de puertos GEM exclusivos establecidos entre una OLT y una ONT/ONU.
- El protocolo OMCI permite a una OLT:
  - Definir y liberar conexiones con la ONT.
  - Administrar las UNI en la ONT.
  - Solicitar información de configuración y estadísticas de rendimiento.
  - Alerta autónoma de eventos, como una falla de enlace.

## Puntos clave:

- El protocolo se ejecuta a través de una conexión GEM entre OLT y ONT.
- La conexión GEM se establece mientras se inicia la ONT.
- La operación del protocolo es asíncrona: el controlador OLT funciona como principal, el controlador ONT como secundario.

# Técnicas importantes

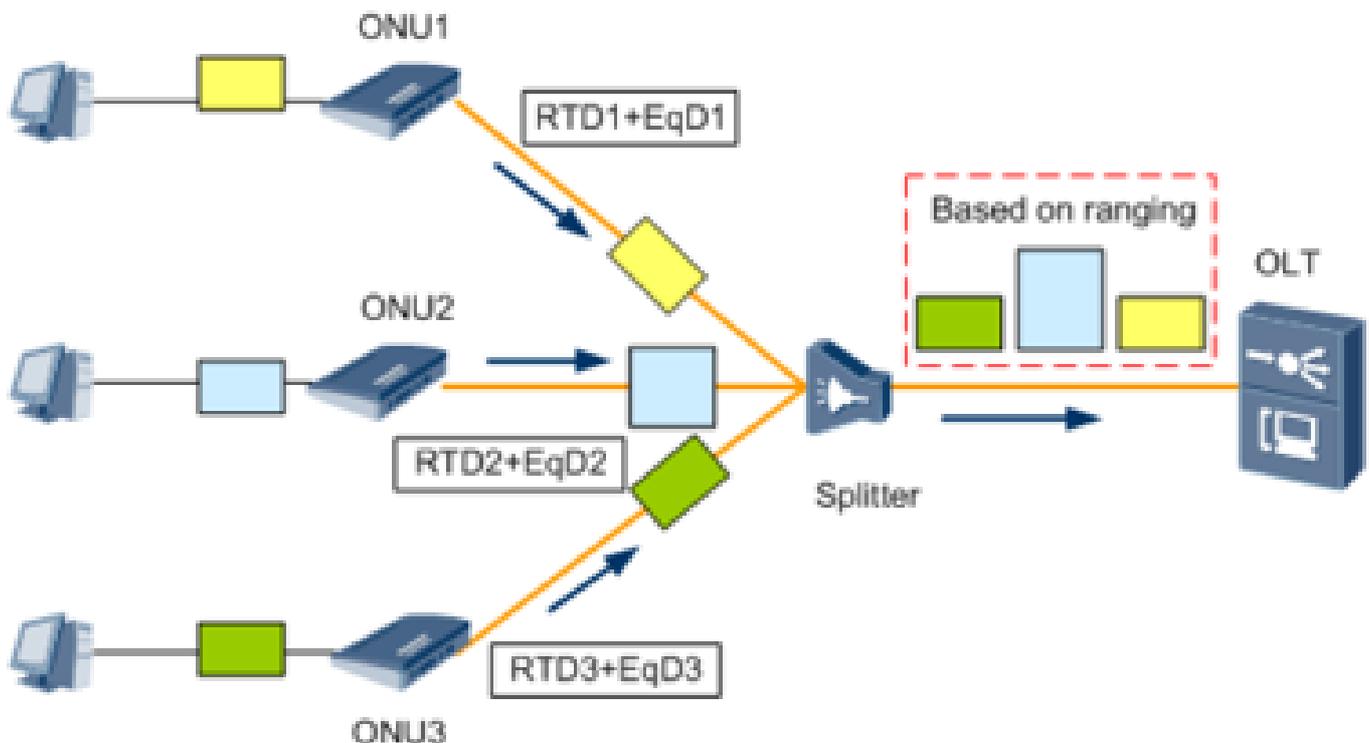
## Rangos

Para evitar conflictos de datos (colisiones), la OLT debe poder medir con precisión la distancia entre ella y cada ONU para proporcionar un intervalo de tiempo adecuado para facilitar los datos ascendentes. Esto permite que las ONU envíen datos en intervalos de tiempo específicos para evitar problemas en sentido ascendente. Este proceso se logra a través de una técnica llamada rango.

Proceso de rango:

- OLT inicia el proceso en una ONU cuando la ONU se registra por primera vez en la OLT y obtiene la demora de ida y vuelta (RTD) de la ONU. Según el RTD, se identifican los otros componentes clave:
- Cálculo del alcance físico de esa ONU específica, ya que esta OLT requiere una demora de ecualización (EqD) adecuado para cada ONU según el alcance físico.
- RTC y EqD sincronizan las tramas de datos enviadas por todas las ONU

Como se muestra en la imagen, una demostración de lo que logra el proceso es colocar todas las ONU/OLT a la misma distancia virtual de la OLT.



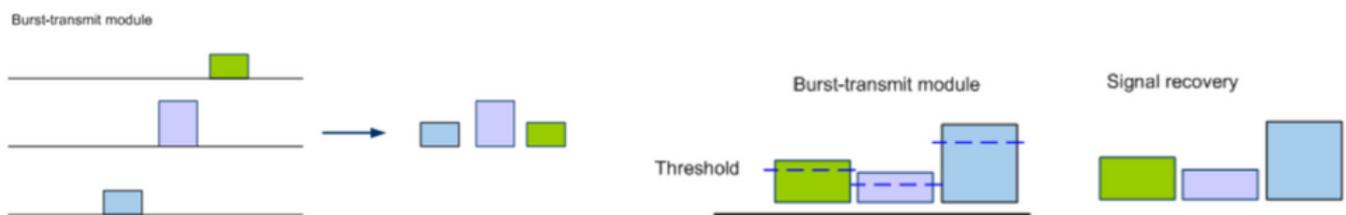
## Explosión de tecnología

El flujo de paquetes ascendente se logra mediante ráfagas, y cada ONU/ONT es responsable de

la transmisión de datos dentro de los intervalos de tiempo asignados. Cuando una ONU/ONT no está dentro de su intervalo de tiempo, el dispositivo desactiva la transmisión de su transceptor óptico para evitar otro impacto de la ONU/ONT.

- La función de transmisión de ráfaga es compatible con los módulos ONU/ONT.
- La función de recepción de ráfaga es compatible con los módulos OLT.
- La distancia variada entre cada ONU/ONT y OLT da como resultado una atenuación de la señal óptica. Como resultado, la potencia y el nivel de los paquetes recibidos por una OLT varían en diferentes intervalos de tiempo.
- El ajuste dinámico del umbral permite que la OLT ajuste dinámicamente el umbral para los niveles de potencia óptica. Esto garantiza que se puedan recuperar todas las señales de la ONU.

Como se muestra en la imagen, una demostración de diferentes datos se transmitió por ráfagas y luego se recuperó:



## Asignación dinámica de ancho de banda (DBA)

El DBA permite que un módulo OLT monitoree la congestión en la red PON en tiempo real. Esto permite que la OLT ajuste el ancho de banda en función de una variedad de factores, que incluyen la congestión, el uso del ancho de banda y la configuración.

Puntos clave de DBA:

- El módulo DBA integrado dentro de la OLT recopila constantemente informes de DBA, realiza cálculos y notifica a la ONU a través del campo BWMap dentro de la trama descendente.
- Como resultado de la información de BWMap, la ONU envía datos en sentido ascendente en los intervalos de tiempo asignados para ocupar el ancho de banda en sentido ascendente.
- El ancho de banda también se puede asignar en modo estático/fijo.
- El uso del DBA permite:

- Mejor uso del ancho de banda ascendente en un puerto PON.
- Mayor ancho de banda para los usuarios y soporte para más usuarios en un puerto PON.

## Corrección de errores de envío (FEC)

La transmisión de señales digitales puede presentar errores de bits y fluctuaciones, lo que puede degradar la calidad de transmisión de la señal. GPON puede aprovechar FEC, que permite que el extremo RX verifique si hay bits de error en la transmisión.

---

 Nota: FEC es unidireccional y no admite comentarios de información de errores.

---

Puntos clave de FEC:

- No requiere retransmisión de datos.
- Admite FEC solo en sentido descendente .
- Mejor calidad de transmisión de PCBd y procesamiento de carga útil.

## Cifrado de línea

Todos los datos descendentes se transmiten a todas las ONU. Un riesgo es que las ONU no autorizadas reciban datos descendentes para las ONU autorizadas. Para combatir esto, GPON utiliza el algoritmo AES128 para cifrar paquetes de datos.

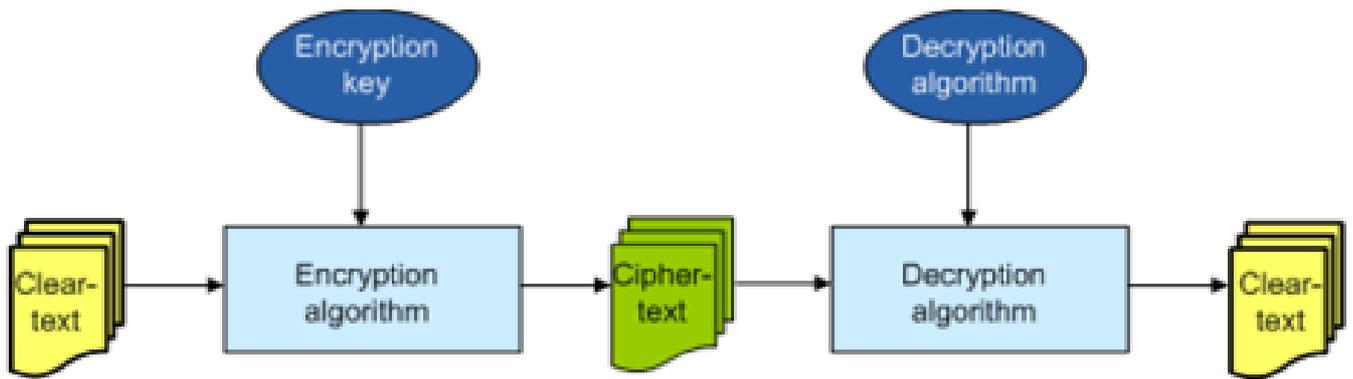
Puntos clave de cifrado de línea:

- El uso del cifrado de línea no aumenta la sobrecarga ni disminuye el uso del ancho de banda.
- El uso del cifrado de línea no prolonga las demoras de transmisión

Intercambio de claves y conmutación

- OLT inicia una solicitud de intercambio de claves a la ONU. La ONU responde a la solicitud con una nueva clave.
- Después de recibir la clave, la OLT utiliza la nueva clave para cifrar los datos.
- La OLT envía el número de trama de los usuarios de la nueva clave a la ONU.
- La ONU recibe el número de trama y activa la clave de verificación en las tramas de datos entrantes.

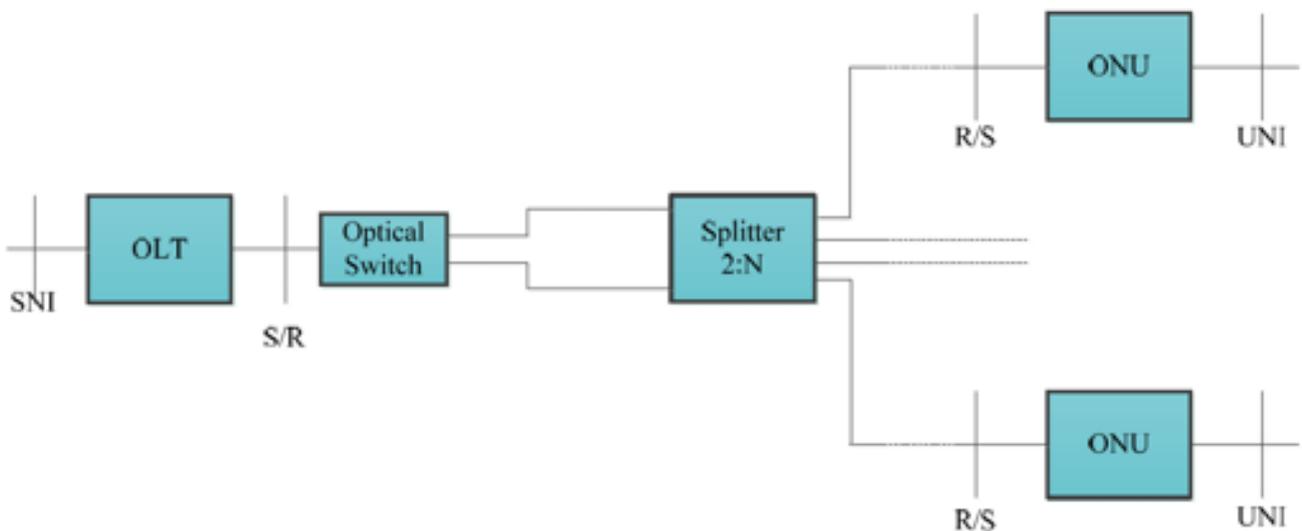
Como se muestra en la imagen, el proceso de intercambio de claves:



## Modos de protección de red

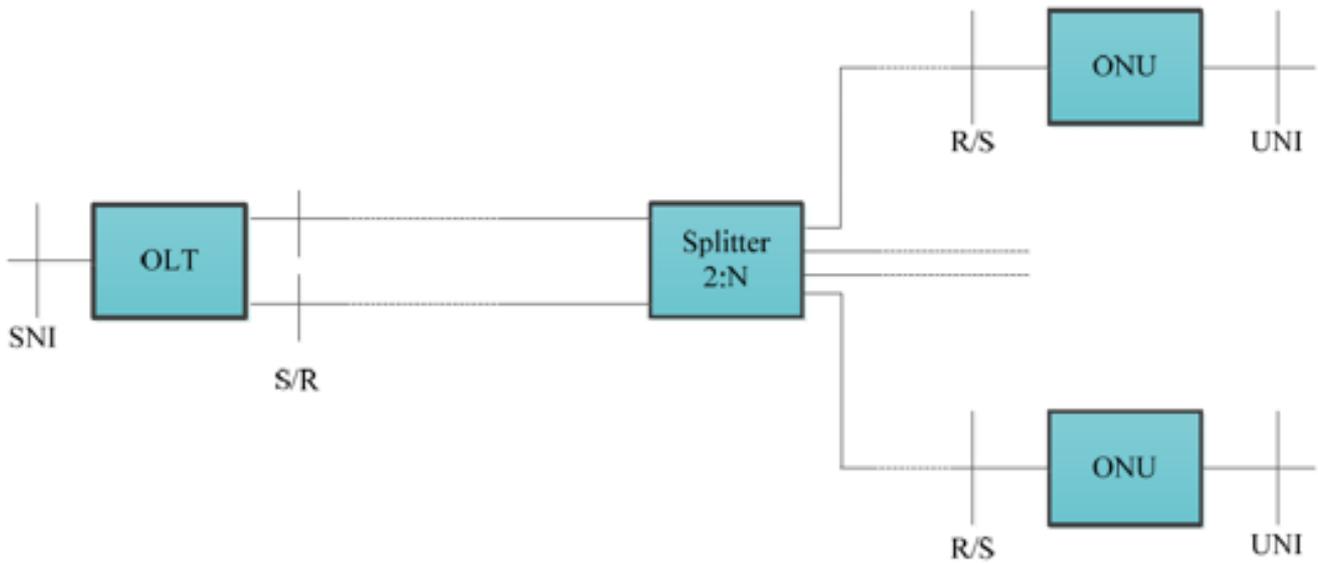
Existen varios tipos diferentes de modos de protección de red que GPON puede utilizar, consulte la imagen de los diferentes tipos.

Tipo A



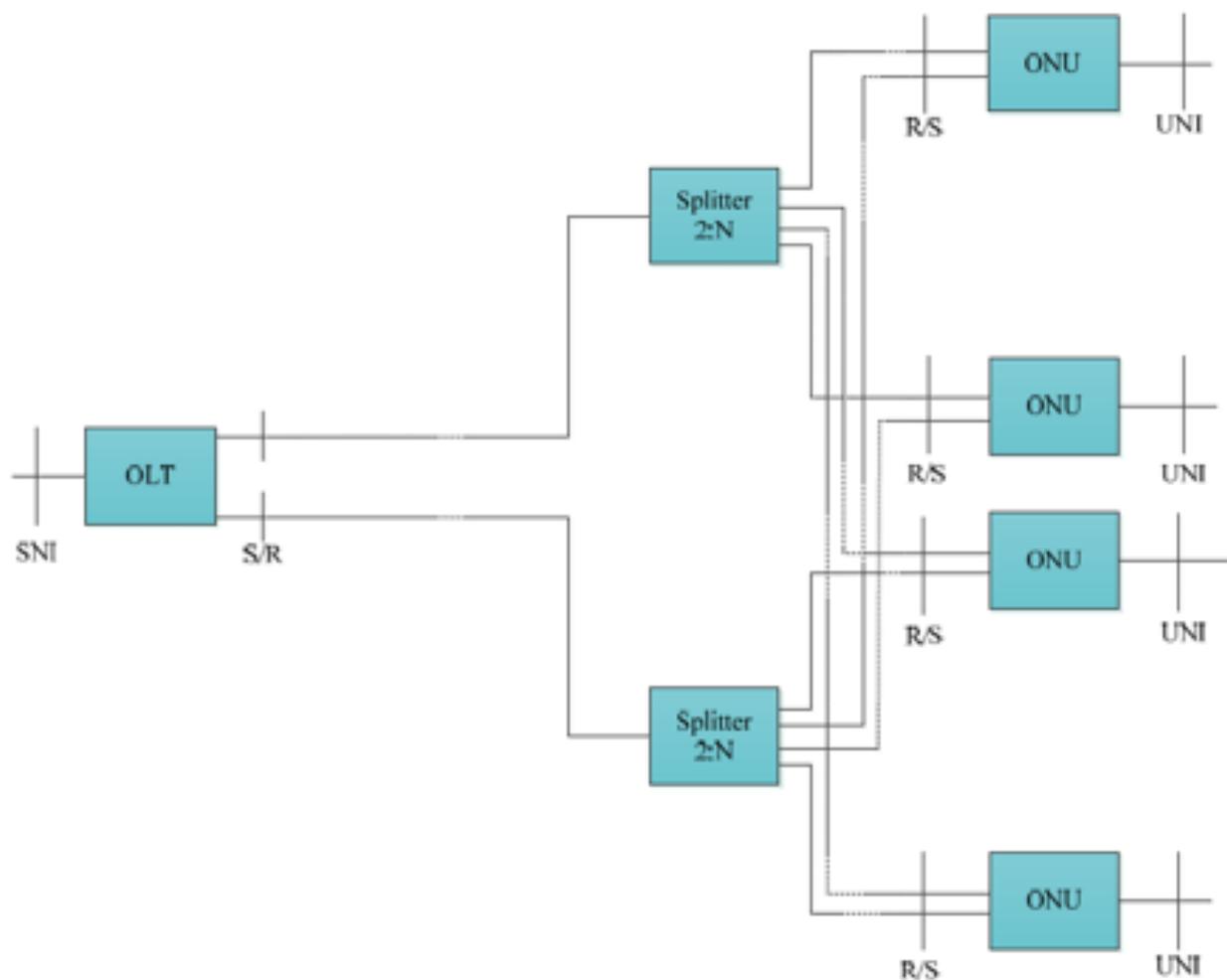
- No requiere un puerto PON OLT adicional.
- Cuando falla la fibra primaria, los servicios se transfieren a la fibra secundaria.
- La duración de la interrupción depende del tiempo de recuperación de la línea.
- Si la falla ocurre en la línea del divisor a la ONU, no hay respaldo.

Tipo B



- OLT proporciona dos puertos GPON como OLT válidos y de protección.
- La protección se limita a la fibra desde la OLT hasta el divisor y las placas de la OLT.
- No se proporciona redundancia de equipos en la ONU ni en las fibras de alimentación.
- Sin protección de la ONU u ODN completa.
- Utiliza un divisor 2 x N y sin pérdida óptica adicional.

Tipo C



- Redundancia para OLT, ODN y ONU.
- Proporciona 2 enlaces totalmente redundantes hasta las instalaciones del suscriptor.
- Hay dos opciones: Protección lineal 1 + 1 y lineal 1:1

#### Protección 1 + 1:

- El PON de protección es exclusivo del PON válido.
- El tráfico normal se copia y se envía a ambos PON, con un puente permanente entre los dos OLT.
- El tráfico se envía a una ONU simultáneamente, la selección entre las dos señales se basa en criterios predeterminados

#### Protección 1:1:

- El tráfico normal se transporta en el PON válido o de protección.
- La protección automática cambia entre los PON.
- Es el más costoso, pero proporciona la máxima disponibilidad.

## Acerca de esta traducción

Cisco ha traducido este documento combinando la traducción automática y los recursos humanos a fin de ofrecer a nuestros usuarios en todo el mundo contenido en su propio idioma.

Tenga en cuenta que incluso la mejor traducción automática podría no ser tan precisa como la proporcionada por un traductor profesional.

Cisco Systems, Inc. no asume ninguna responsabilidad por la precisión de estas traducciones y recomienda remitirse siempre al documento original escrito en inglés (insertar vínculo URL).

## Acerca de esta traducción

Cisco ha traducido este documento combinando la traducción automática y los recursos humanos a fin de ofrecer a nuestros usuarios en todo el mundo contenido en su propio idioma.

Tenga en cuenta que incluso la mejor traducción automática podría no ser tan precisa como la proporcionada por un traductor profesional.

Cisco Systems, Inc. no asume ninguna responsabilidad por la precisión de estas traducciones y recomienda remitirse siempre al documento original escrito en inglés (insertar vínculo URL).