Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-T G.661

(03/2006)

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

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

Características de los medios de transmisión – Características de los componentes y los subsistemas ópticos

Definición y métodos de prueba de los parámetros genéricos pertinentes de los dispositivos y subsistemas de amplificadores ópticos

Recomendación UIT-T G.661

UIT-T

Unión Internacional de Telecomunicaciones

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G

SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
Generalidades	G.600–G.609
Cables de pares simétricos	G.610–G.619
Cables terrestres de pares coaxiales	G.620–G.629
Cables submarinos	G.630–G.649
Cables de fibra óptica	G.650–G.659
Características de los componentes y los subsistemas ópticos	**G.660–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
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
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

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

Recomendación UIT-T G.661

Definición y métodos de prueba de los parámetros genéricos pertinentes de los dispositivos y subsistemas de amplificadores ópticos

Resumen

En esta Recomendación se proporcionan los parámetros pertinentes y comunes a los distintos tipos de amplificadores ópticos y los métodos de prueba de dichos parámetros que deben seguirse, siempre que sea posible, en los dispositivos y subsistemas amplificadores ópticos considerados por las Recomendaciones UIT-T.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.661 fue aprobada el 29 de marzo de 2006 por la Comisión de Estudio 15 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

PREFACIO

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

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

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

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

NOTA

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

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

PROPIEDAD INTELECTUAL

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

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

© UIT 2006

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

ÍNDICE

Página

1 Alcance 1

2 Referencias 1

3 Abreviaturas, siglas o acrónimos 1

4 Clasificación 2

5 Definiciones 3

5.1 Definiciones para los dispositivos OA 6

5.2 Parámetros para subsistemas OA 14

6 Métodos de prueba 15

Apéndice I – Principales diferencias entre los amplificadores de fibra óptica y los amplificadores ópticos de semiconductores 17

I.1 Observaciones generales 17

I.2 Comparación de las características ópticas de calidad de funcionamiento de los SOA y de los OFA 18

I.3 Aplicaciones 19

Apéndice II – Parámetros ambientales, mecánicos, físicos y de fiabilidad de los dispositivos y subsistemas de amplificadores ópticos 20

II.1 Parámetros para dispositivos OA 20

II.2 Parámetros para subsistemas OA 21

II.3 Métodos de prueba ambiental y de fiabilidad 22

BIBLIOGRAFÍA 23

Recomendación UIT-T G.661

Definición y métodos de prueba de los parámetros genéricos pertinentes de los dispositivos y subsistemas de amplificadores ópticos

1 Alcance

Esta Recomendación se aplica a todos los amplificadores ópticos (OAs) y subsistemas con amplificación óptica disponibles comercialmente. Se aplica a los OAs que usan fibras de bombeo óptico (OFAs, o amplificadores de fibra óptica, basados en fibras dopadas de tierra rara o en el efecto Raman), semiconductores (SOAs) y guías de onda (POWAs).

En esta Recomendación se definen los parámetros pertinentes, comunes a los distintos tipos de OA, enumerados en la cláusula 5, y los métodos de prueba de dichos parámetros descritos en la cláusula 6, que hay que seguir, en la medida de lo aplicable, para los dispositivos y subsistemas OA tratados por las Recomendaciones UIT-T. Sin embargo, las definiciones de los parámetros aplicables específicamente a los amplificadores Raman distribuidos se proporcionan en la Rec. UIT-T G.665.

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.

– Recomendación UIT-T G.662 (2005), *Características genéricas de los dispositivos y subsistemas amplificadores ópticos*.

– Recomendación UIT-T G.663 (2000), *Aspectos relacionados con la aplicación de los dispositivos y subsistemas de amplificadores ópticos*.

– Recomendación UIT-T G.665 (2005), *Características generales de los amplificadores Raman y de los subsistemas con amplificación Raman*.

– CEI 61290 (All Parts), *Basic specification for optical amplifier test methods*.

– CEI 61291-1 (1998), *Optical fibre amplifiers – Part 1: Generic specification.*

Los parámetros especificados para los OA son aquellos que caracterizan las propiedades de transmisión, funcionamiento, fiabilidad y ambientales del OA, cuando se considera en general a éste como una "caja negra". En la Rec. UIT-T G.662 se especifica un subconjunto de estos parámetros en función del tipo y de la aplicación del dispositivo o subsistema OA de que se trate.

3 Abreviaturas, siglas o acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas, siglas o acrónimos.

ASE Emisión espontánea amplificada (*amplified spontaneous emission*)

BER Tasa de errores en los bits (*bit error ratio*)

Bsp-sp Anchura de banda óptica espontánea-espontánea (*spontaneous-spontaneous optical bandwidth*)

DGD Retardo diferencial de grupo (*differential group delay*)

DOP Grado de polarización (*degree of polarization*)

EDFA Amplificador de fibra de silicio dopada con erbio (*erbium-doped fibre amplifier*)

F Índice de ruido (*noise factor*)

FIT Fallo de la hora (*failures in time*)

FWHM Anchura total de media amplitud (*full-width half-maximum*)

MPI Interferencia de trayectos múltiples (*multi-path interference*)

MTBF Tiempo medio entre fallos (*mean time between failures*)

NF Factor de ruido (*noise figure*)

OA Amplificador óptico (*optical amplifier*)

OAR Receptor con amplificación óptica (*optically amplified receiver*)

OAT Transmisor con amplificación óptica (*optically amplified transmitter*)

OFA Amplificador de fibra óptica (*optical fibre amplifier*)

OSA Analizador de espectro óptico (*optical spectrum analyser*)

PDG Ganancia dependiente de la polarización (*polarization-dependent gain*)

PDL Pérdida dependiente de la polarización (*polarization-dependent loss*)

PMD Dispersión por modo de polarización (*polarization mode dispersion*)

POWA Amplificador de guía de onda óptica plana (*planar optical waveguide amplifier*)

PSP Estado de polarización principal (*principal state of polarization*)

SNR Relación señal/ruido (*signal-to-noise ratio*)

SOA Amplificador óptico de semiconductores (*semiconductor optical amplifier*)

SOP Estado de polarización (*state of polarization*)

TM Método de prueba (*test method*)

4 Clasificación

Se definen diferentes categorías de aplicación de los OA en función de la tecnología usada y de la utilización del OA. La clasificación de las tecnologías de amplificadores ópticos figura también en CEI/TR 61292-3.

Estas categorías se identifican mediante una letra mayúscula, un número y una letra minúscula, como sigue:

Letra miayúscula

A OFAs que usan fibras basadas en sílice dopadas con iones de erbio para producir una fibra activa

B OFAs que usan otras fibras activas dopadas

C Amplificadores Raman

D SOA

E POWA

Número

1 Amplificadores de potencia (postamplificadores o amplificadores reforzadores)

2 Preamplificadores

3 Amplificadores de línea

4 OAT (transmisor con amplificación óptica)

5 OAR (receptor con amplificación óptica)

6 Amplificadores distribuidos

7 Amplificadores distribuidos compuestos y discretos

Letra minúscula

a Amplificadores para transmisión monocanal (longitud de onda) analógica

b Amplificadores para transmisión monocanal (longitud de onda) digital

c Amplificadores para transmisión multicanal (longitud de onda) digital

EJEMPLO – La categoría A2b remite a preamplificadores ópticos para transmisión monocanal digital con fibra basada en sílice dopada con iones de erbio.

El *amplificador de potencia* es un dispositivo OA de potencia de saturación elevada que se utiliza inmediatamente después del transmisor óptico para aumentar su nivel de potencia de señal.

El *preamplificador* es un dispositivo OA de muy bajo ruido que se utiliza inmediatamente antes del receptor óptico para mejorar su sensibilidad.

El *amplificador de línea* es un dispositivo OA de bajo ruido que se utiliza entre secciones de fibras ópticas pasivas para aumentar las longitudes de regeneración, o en una conexión punto a multipunto para compensar las pérdidas de derivación en la red de acceso óptico.

El OAT es un subsistema OA en el cual se integra un amplificador de potencia con un transmisor óptico, con lo que se obtiene un transmisor de potencia más elevada.

El OAR es un subsistema OA en el cual se integra un preamplificador con un receptor óptico, con lo que se obtiene un receptor de mayor sensibilidad.

El *amplificador distribuido* es una configuración de dispositivos que amplifica a lo largo de una mayor longitud en la fibra usada para la transmisión, como en el bombeo Raman, y de este modo se distribuye a una parte o a la totalidad del tramo de transmisión.

Los *amplificadores distribuidos complejos y discretos* se definen en la Rec. UIT-T G.665.

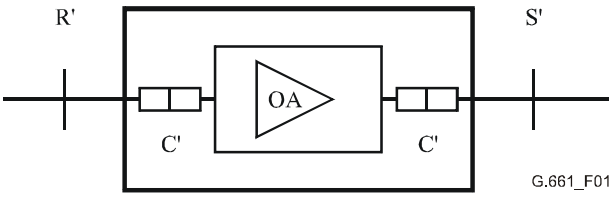
5 Definiciones

La lista de definiciones de parámetros de OA que se da en la parte siguiente de esta cláusula se divide en dos partes: en la primera se enumeran los parámetros aplicables a los dispositivos OA, a saber, amplificadores de potencia, preamplificadores, amplificadores de líneas y distribuidos, mientras que en la segunda se indican los parámetros que tienen que ver con los subsistemas elementales con amplificación óptica, a saber, el transmisor con amplificación óptica (OAT) y el receptor con amplificación óptica (OAR).

Cuando se proporcione el valor de un parámetro para un dispositivo en particular, habrá que especificar ciertas condiciones de funcionamiento idóneas, tales como temperatura, corriente de polarización, potencia de bomba óptica, etc. En esta cláusula se alude a dos condiciones de funcionamiento diferentes: *condiciones nominales de funcionamiento*, que son las que propone el fabricante en cuanto al uso normal del OA, y las *condiciones de funcionamiento limitadoras*, que hacen que todos los parámetros ajustables por el usuario (p.ej. la temperatura, la ganancia, la

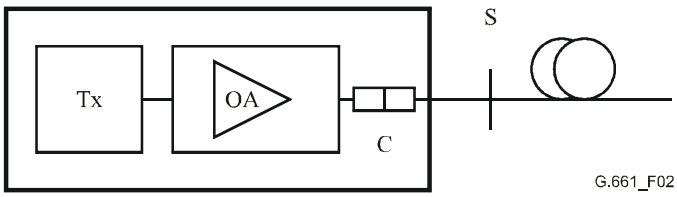
corriente de inyección del láser de bombeo, etc.) adquieran su valor máximo según los *índices máximos absolutos* establecidos por el fabricante.

El OA se considera una "caja negra", como se indica en la figura 1. El dispositivo OA posee dos puertos ópticos, uno de entrada y otro de salida. El OAT y el OAR se consideran un OA integrado con un transmisor o un receptor, respectivamente. En ambos tipos de integración se supone que la conexión entre el transmisor o el receptor y el OA es inherente y no tiene por qué especificarse. Por tanto, sólo puede definirse el puerto óptico de salida para el OAT (después del OA, como se muestra en la figura 2), y sólo el puerto óptico de entrada para el OAR (antes del OA, como puede verse en la figura 3). Los puertos ópticos pueden consistir en fibras sin terminar o en conectores ópticos. Asimismo, se precisan conexiones eléctricas para el suministro de energía (no se indica en las figuras 1 a 3). Si se aplica este enfoque de "caja negra", la pérdida de ambos pares de conectores directamente asociados al dispositivo (etiquetado como C o C' en las figuras 1 a 3) y la correspondiente incertidumbre se incluirá en los valores de ganancia, factor de ruido y otros parámetros del dispositivo OA.



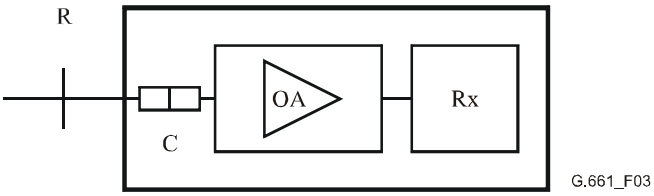
S' Punto de referencia en la fibra óptica situado inmediatamente después de la conexión óptica (C') del dispositivo OA
R' Punto de referencia en la fibra óptica situado inmediatamente antes de la conexión óptica (C') del dispositivo OA

Figura 1/G.661 – Diagrama de referencia del dispositivo OA



S Punto de referencia en la fibra óptica situado inmediatamente después de la conexión óptica (C) del OAT

Figura 2/G.661 – Diagrama de referencia OAT



R Punto de referencia en la fibra óptica situado inmediatamente antes de la conexión óptica (C) del OAR

Figura 3/G.661 – Diagrama de referencia OAR

Cabe señalar que las configuraciones de las figuras 1 a 3 se muestran en el contexto de los puntos de referencia del UIT-T e indican que la pérdida de dos pares conectores se incluye en la caja negra OA en lugar de uno de ellos. Los planos de referencia UIT-T representan normalmente las pérdidas de conexión de manera diferente, como puede verse en la Rec. UIT-T G.662. En el apéndice III/G.665 hay información más detallada al respecto. Se invita al usuario a tener en cuenta las correspondientes diferencias entre las pérdidas.

El OA amplifica las señales en una región nominal de *longitud de onda de funcionamiento*. Asimismo, otras señales fuera de la banda de la longitud de onda de funcionamiento pueden cruzar también el OA en ciertas aplicaciones. El propósito de estas señales *fuera de banda* y de su longitud de onda, o región de longitud de onda, puede determinarse en las especificaciones detalladas.

Cuando hay señales de diversa longitud de onda que inciden en el OA, como ocurre en el caso de sistemas de canales múltiples, habrá que ajustar adecuadamente las definiciones de ciertos parámetros significativos existentes, e introducir definiciones de nuevos parámetros significativos para esta diferente aplicación.

La figura 4 muestra una configuración típica de un OA en una aplicación multicanal. En el lado de transmisión, *n* señales provenientes de *n* transmisores ópticos, Tx1, Tx2, … Txn, cada una con su respectiva longitud de onda única, λ_1, λ_2, … λ_n, se combinan en un multiplexor óptico (OM). En el lado de recepción, las *n* señales de λ_1, λ_2, … λ_n, se separan en un demultiplexor óptico (OD) y se encaminan hacia los respectivos receptores ópticos separados, Rx1, Rx2, … Rxn. Con objeto de caracterizar el OA en esta aplicación multicanal, se define un plano de referencia de entrada y un plano de referencia de salida en los puertos OA de entrada y de salida, respectivamente, como puede verse en la figura 4.

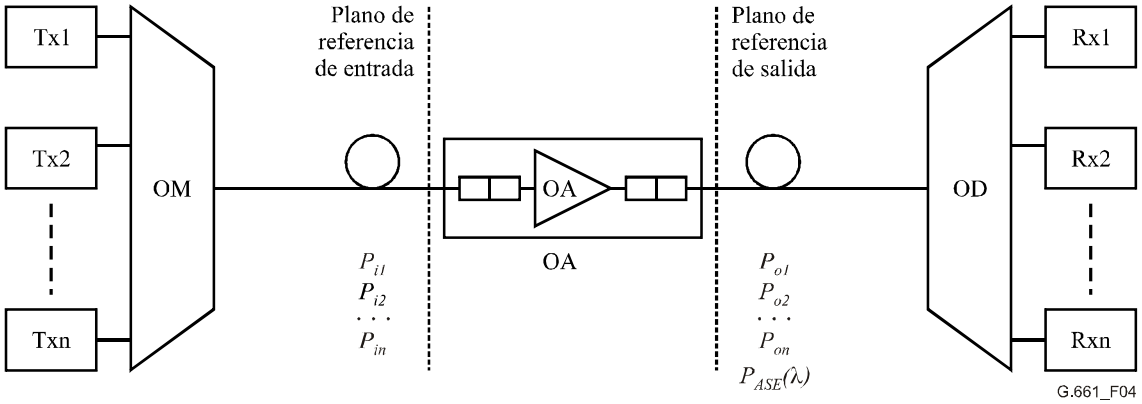


Figura 4/G.661 – Amplificador óptico en una aplicación multicanal

En el plano de referencia de entrada, se consideran *n* señales de entrada en las *n* longitudes de onda, cada una con un nivel de potencia único, P_{i1}, P_{i2}, … P_{in}, respectivamente. En el plano de referencia de salida, se consideran *n* señales en las *n* longitudes de onda, resultantes de la amplificación óptica de las correspondientes *n* señales de entrada, cada una con un nivel de potencia P_{o1}, P_{o2}, ... P_{on}, respectivamente. Además, es preciso considerar en el puerto OA de salida la emisión espontánea amplificada, ASE, de densidad espectral de potencia de ruido $P_{ASE}(\lambda)$.

Cabe señalar que la posición de los planos de referencia en la figura 2 se proporciona según el contexto de la nomenclatura usada normalmente en las Recomendaciones UIT-T. La nomenclatura CEI trata las pérdidas de conexión de manera diferente. En el apéndice III/G.655 se proporciona información adicional sobre este tema.

La mayoría de las definiciones de los parámetros monocanal significativos pueden extenderse adecuadamente a las aplicaciones multicanal. Cuando dicha extensión es sencilla, se usa la palabra "canal" en el parámetro pertinente. Concretamente, el factor de ruido y el factor de ruido señal-espontáneo pueden extenderse a aplicaciones multicanal, canal a canal, considerando el valor de $P_{ASE}(\lambda)$ en la longitud de cada canal y el ancho de banda de señal del canal. Para cada longitud de onda de canal hay un valor único de factor de ruido que es función de la potencia de entrada de todas las señales. En este caso, se introducen los parámetros factor de ruido de canal y factor de ruido señal-espontáneo. Sin embargo, es preciso definir parámetros adicionales. Así, para cada

parámetro debe especificarse la configuración multicanal concreta, lo que incluye el conjunto completo de longitudes de onda de la señal del canal y las potencias de entrada.

NOTA 1 – A no ser que se señale otra cosa, las potencias ópticas mencionadas a continuación son potencias medias.

NOTA 2 – Asimismo, los parámetros que se definen acto seguido dependerán en general de la temperatura y del estado de polarización de los canales de entrada. La temperatura y el estado de polarización deben mantenerse constantes y ser verificados o medidos y notificados junto con el parámetro medido.

NOTA 3 – Tratándose del amplificador distribuido, todos los parámetros están relacionados con una fibra de referencia adecuada que se utiliza para reproducir el comportamiento de la fibra de transmisión junto con el módulo de bombeo.

5.1 Definiciones para los dispositivos OA

Las definiciones enumeradas en esta cláusula remiten al significado de los términos usados en las especificaciones de los dispositivos OA.

5.1.1 ganancia: En un OA el aumento de la potencia óptica de señal desde el punto de referencia de entrada R' al punto de referencia de salida S', se expresa en dB.

NOTA 1 – Hay que procurar excluir la potencia de emisión espontánea amplificada de las potencias ópticas de señal tanto a la entrada como a la salida.

NOTA 2 – Esta definición difiere de la correspondiente definición dada por la CEI, pues incluye los efectos de cualquier conector directamente asociado al dispositivo OA tanto a la entrada como a la salida.

5.1.2 ganancia de pequeña señal: Ganancia del amplificador, funcionando en régimen lineal, en el que es esencialmente independiente de la potencia óptica de la señal de entrada, para una longitud de onda de la señal y un nivel de potencia óptica de bombeo determinados.

NOTA – Esta propiedad puede describirse para una longitud de onda discreta o como una función de la longitud de onda.

5.1.3 ganancia inversa de pequeña señal: Ganancia de pequeña señal medida en sentido inverso, es decir, del puerto de salida al puerto de entrada.

5.1.4 ganancia máxima de pequeña señal: La mayor de las ganancias de pequeña señal que puede conseguirse cuando el OA actúa en las mencionadas condiciones nominales de funcionamiento.

5.1.5 longitud de onda de ganancia máxima de pequeña señal: Longitud de onda con la que se produce la ganancia máxima de pequeña señal.

5.1.6 variación de la ganancia máxima de pequeña señal con la temperatura: Cambio de la ganancia de pequeña señal al variar la temperatura dentro de una gama especificada, expresado en dB.

5.1.7 pendiente de ganancia con longitud de onda única (para funcionamiento analógico): En presencia de una señal de longitud de onda y potencia de entrada dadas, la derivada de la ganancia de una pequeña sonda con respecto a la longitud de onda, en la longitud de onda de la señal, expresada en dB/nm.

NOTA – La potencia media total de la sonda debe ser como mínimo 20 dB menor que la señal de entrada para minimizar el efecto sobre el perfil de longitud de onda de la ganancia.

5.1.8 variación con la longitud de onda de la ganancia de pequeña señal: Variación cresta a cresta de la ganancia de pequeña señal en una gama dada de longitudes de onda.

5.1.9 estabilidad de la ganancia de pequeña señal: Grado de fluctuación de la ganancia de pequeña señal expresado mediante la relación (en dB) entre las ganancias máxima y mínima de pequeña señal, durante un periodo de prueba especificado, en condiciones nominales de funcionamiento.

5.1.10 estabilidad de salida de gran señal: Grado de fluctuación de la potencia óptica de salida expresado mediante la relación (en dB) entre las potencias ópticas máxima y mínima de la señal de salida, durante un periodo de prueba especificado, en condiciones nominales de funcionamiento y con una potencia óptica especificada de gran señal de entrada.

5.1.11 ganancia dependiente de la polarización (PDG, *polarization-dependent gain*): Máxima variación de la ganancia del OA debida a la variación del estado de polarización de la señal de entrada en condiciones nominales de funcionamiento.

NOTA – Una fuente de PDG en los OA es la pérdida dependiente de la polarización de los componentes pasivos usados en su interior.

5.1.12 potencia de salida de saturación (potencia de compresión de la ganancia): Potencia óptica asociada a la señal de salida para la que la ganancia se reduce N dB (típicamente N = 3), con respecto a la ganancia de pequeña señal a la longitud de onda de la señal.

NOTA 1 – Debe indicarse la longitud de onda para la que se especifica el parámetro.

NOTA 2 – Se indicará la potencia óptica de bombeo, para los OFA, o la corriente de bombeo, para los SOA, cuando sea aplicable.

5.1.13 potencia nominal de señal de salida: Potencia óptica de señal de salida para una potencia óptica de señal de entrada especificada en condiciones nominales de funcionamiento.

5.1.14 potencia máxima de señal de salida: Potencia óptica de señal de salida máxima que puede obtenerse a partir del OA en condiciones nominales de funcionamiento.

5.1.15 gama de potencia de entrada: Gama de potencias ópticas de entrada para las que la potencia óptica de la señal de salida correspondiente está comprendida en la gama de potencias de salida especificada, y en la que se garantiza el buen rendimiento del OA.

5.1.16 gama de potencia de salida: Gama de potencias ópticas de salida del OA para las que la potencia óptica de la señal de entrada correspondiente está comprendida en la gama de potencias de entrada especificada, y en la que se garantiza el buen rendimiento del OA.

5.1.17 factor de ruido (NF, *noise figure*): Disminución de la relación señal/ruido (SNR) a la salida de un detector óptico con eficacia cuántica unitaria, debida a la propagación de una señal limitada por ruido de granalla a través del OA, expresada en dB.

NOTA 1 – Deben indicarse las condiciones de funcionamiento para las que se especifica el factor de ruido.

NOTA 2 – Esta propiedad puede describirse para una longitud de onda discreta o en función de la longitud de onda.

NOTA 3 – La degradación de ruido debido al OA puede atribuirse a distintas contribuciones, por ejemplo, ruido de batido señal-espontáneo, ruido de batido espontáneo-espontáneo, ruido de reflexiones internas, ruido de granalla de la señal o ruido de granalla espontáneo. Cada una de estas contribuciones depende de diversas condiciones que deben especificarse para evaluar correctamente el factor de ruido.

NOTA 4 – Por convenio el factor de ruido es un número positivo.

NOTA 5 – En el caso de los OA para aplicaciones analógicas, el factor de ruido también representa la relación entre las relaciones portadora/ruido de entrada y de salida.

5.1.18 nivel de potencia de emisión espontánea amplificada hacia adelante (ASE, *amplified spontaneous emission*): Potencia óptica en una gama de longitudes de onda especificada asociada con la ASE que sale del puerto de salida, en condiciones nominales de funcionamiento.

NOTA 1 – Este parámetro tiene una importancia especial en el caso de los OA utilizados como preamplificadores o amplificadores de línea y depende sobre todo del filtro utilizado.

NOTA 2 – Deben indicarse las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, la ganancia y la potencia óptica de la señal de entrada) para las que se especifica el nivel de emisión espontánea amplificada.

5.1.19 nivel de potencia de emisión espontánea amplificada inversa: Potencia óptica en una gama de longitudes de onda especificada asociada a la emisión espontánea amplificada que sale del puerto de entrada, en condiciones nominales de funcionamiento.

5.1.20 reflectancia máxima de entrada: Fracción máxima de la potencia óptica incidente, a la longitud de onda de funcionamiento y en todos los estados de polarización de luz de entrada, reflejada por el OA del puerto de entrada, en condiciones nominales de funcionamiento especificadas y expresada en dB.

NOTA – La medición se efectúa con una potencia óptica de señal de entrada dada.

5.1.21 reflectancia de salida (no aplicable a los receptores con amplificación óptica): Fracción de la potencia óptica incidente, a la longitud de onda de funcionamiento, reflejada por el OA del puerto de salida, en condiciones nominales de funcionamiento y expresada en dB.

5.1.22 reflectancia máxima tolerable a la entrada: Máxima fracción de potencia, expresada en dB, que sale del puerto óptico de entrada del OA que, al reflejarse de nuevo en el OA, permite que el dispositivo siga cumpliendo sus especificaciones.

NOTA 1 – La medición se efectúa con una potencia óptica de señal de entrada determinada.

NOTA 2 – El factor de ruido es el parámetro más sensible a esta reflectancia.

5.1.23 reflectancia máxima tolerable a la salida: Máxima fracción de potencia, expresada en dB, que sale del puerto óptico de salida del OA que, al reflejarse de nuevo en el OA, permite que el dispositivo cumpla todavía sus especificaciones.

NOTA 1 – La medición se efectúa con una potencia óptica de señal de entrada dada.

NOTA 2 – El factor de ruido es el parámetro más sensible a esta reflectancia.

5.1.24 fuga de bombeo hacia la salida: Potencia óptica de bombeo que se emite desde el puerto de salida del OA.

NOTA 1 – La medición se efectúa con una potencia óptica de señal de entrada dada.

NOTA 2 – La máxima fuga de bombeo hacia la salida puede ocurrir en ausencia de señal de entrada.

5.1.25 fuga de bombeo hacia la entrada: Potencia óptica de bombeo que se emite desde el puerto de entrada del OA.

NOTA 1 – La medición se efectúa con una potencia óptica de señal de entrada dada.

NOTA 2 – La máxima fuga de bombeo hacia la entrada puede ocurrir en ausencia de señal de entrada.

5.1.26 pérdida de inserción fuera de banda: Pérdida de inserción del OA para una señal a la(s) longitud(es) de onda fuera de banda especificada(s).

5.1.27 pérdida de inserción inversa fuera de banda: Pérdida de inserción de OA para una señal a la(s) longitud(es) de onda fuera de banda especificada(s), medida en sentido inverso, es decir, desde el puerto de salida al puerto de entrada.

5.1.28 requisitos de control y de alimentación de energía: Corrientes eléctricas y/o voltajes y señales eléctricas necesarios para el funcionamiento del OA en los índices máximos establecidos. Se incluyen las tolerancias necesarias para la alimentación eléctrica y los procedimientos de encendido y apagado.

5.1.29 consumo máximo de potencia: Potencia eléctrica que necesita un OA que funciona dentro los índices máximos absolutos.

5.1.30 potencia de salida total máxima: Nivel de potencia óptica más elevado en el puerto de salida de un amplificador de fibra óptica que funciona dentro de los índices máximos absolutos.

5.1.31 temperatura de funcionamiento: Gama de temperaturas dentro de la cual puede trabajar el OA mientras sigue satisfaciendo todos sus valores de parámetros especificados.

5.1.32 conexiones ópticas: Conector y/o tipo de fibra utilizados como puertos de entrada y/o salida del OA.

NOTA – Las características y prestaciones ópticas, mecánicas y ambientales de los conectores ópticos y de las fibras de conexión deben ser conformes con CEI 60874-1 y CEI 60793-2, respectivamente.

5.1.33 dispersión por modo de polarización (PMD, *polarization mode dispersion*): Cuando una señal óptica pasa a través de una fibra, componente o subsistema óptico (como un amplificador óptico), el cambio de la forma y de la anchura del pulso a causa del retardo diferencial de grupo (DGD) (la diferencia de retardo de propagación entre los dos principales estados de polarización (PSP)) y de la distorsión de la forma de onda para cada PSP, obedece a la PMD. La PMD, junto con la pérdida dependiente de la polarización (PDL) y la ganancia dependiente de la polarización (PDG), puede introducir distorsiones en la forma de la onda que produzcan un aumento inaceptable de la proporción de bits erróneos.

NOTA – Cabe la posibilidad de que el nivel de la PMD dependa de la temperatura y de las condiciones de funcionamiento.

5.1.34 estados de polarización principales (PSP, *principal states of polarization*)**:** Para una frecuencia (o longitud de onda) dada, los dos estados de polarización de entrada ortogonales para los cuales los estados de polarización de salida correspondientes (SOP) son independientes de la frecuencia óptica hasta el primer orden.

NOTA 1 – Una fibra, componente o subsistema óptico se caracteriza típicamente por dos PSP que son función de la birrefringencia intrínseca del material y de las tensiones internas y externas inducidas que actúan sobre él.

NOTA 2 – El DGD entre estos dos PSP puede variar con el tiempo y la longitud de onda.

NOTA 3 – Una señal cuyo SOP está alineado con uno de los PSP no se verá afectada por la cantidad de PMD, al menos hasta el primer orden.

5.1.35 grado de polarización (DOP, *degree of polarization*) (aplicable a dispositivos de bombeo para amplificadores Raman de fibra): Para cada longitud de onda de emisión de la fuente de bombeo óptico, el valor

$$\frac{P_{\text{máx}} - P_{\text{mín}}}{P_{\text{máx}} + P_{\text{mín}}}$$

expresado como porcentaje, en el que $P_{\text{máx}}$ y $P_{\text{mín}}$ son respectivamente las potencias ópticas de salida máxima y mínima de la fuente de bombeo en todos los estados de polarización en esa longitud de onda de emisión, y medidas dentro de una anchura de banda específica.

NOTA 1 – Como el efecto Raman explotado en los amplificadores Raman es dependiente de la polarización, el grado de polarización puede influenciar la ganancia dependiente de la polarización del amplificador.

NOTA 2 – Como los amplificadores Raman se bombean a menudo con múltiples longitudes de onda y láseres multimodo, es preciso determinar separadamente el grado de polarización en cada longitud de onda de emisión, y no sólo el grado de polarización de la salida óptica total.

5.1.36 factor de ruido (F): Factor de ruido expresado en forma lineal.

5.1.37 factor de calidad para interferencia multitrayecto (MPI): Contribución de factor de ruido que origina por una interferencia multitrayecto integrada en todas las frecuencias de la banda de base (de cero a infinito).

NOTA – Por ejemplo, la interferencia multitrayecto puede ser generada por reflexiones parciales sucesivas en el trayecto óptico.

5.1.38 factor de calidad para dispersión de Rayleigh doble: Contribución de factor de ruido que origina una interferencia multitrayecto y obedece a una dispersión de Rayleigh doble integrada en todas las frecuencias de la banda de base (de cero a infinito).

NOTA – La dispersión de Rayleigh doble es especialmente importante en los amplificadores Raman de fibra, tanto distribuidos como discretos, debido a las grandes distancias de fibra amplificadora que generan cantidades importantes de luz dispersa además de la ganancia. Este efecto puede apreciarse también en otros amplificadores de fibra de ganancia elevada y fibras largas. La contribución aumenta con ganancias más elevadas.

5.1.39 contribución al factor de ruido independiente de la frecuencia: Factor de ruido que excluye la contribución de ruido de la interferencia multitrayecto.

5.1.40 factor de ruido señal-espontáneo (NF_{sig-sp}): Contribución del ruido de batido señal-espontáneo al factor de ruido, expresado en dB.

5.1.41 anchura de banda óptica espontánea-espontánea (equivalente) (B_{sp-sp}): Anchura de banda óptica equivalente por la que debe multiplicarse el cuadrado de la densidad espectral de potencia de la ASE, ρ_{ase}, a la frecuencia óptica de la señal, ν_{sig}, para obtener la integral del cuadrado de la densidad espectral de potencia ASE a lo largo de toda la anchura de banda ASE, B_{ase}. Es decir:

$$B_{sp-sp} = \rho_{ase}^{-2}(\nu_{sig}) \cdot \int_{B_{ase}} \rho_{ase}^{2}(\nu) d\nu$$

NOTA 1 – La anchura de banda óptica espontánea-espontánea equivalente puede minimizarse utilizando un filtro óptico a la salida del OA.

NOTA 2 – Este parámetro está relacionado con la generación de ruido de batido espontáneo-espontáneo y, por consiguiente, requiere la utilización de la densidad espectral de potencia de la ASE al cuadrado.

5.1.42 factor de ruido efectivo (sólo aplicable a los amplificadores distribuidos): Disminución de la relación señal/ruido (SNR) a la salida de un detector óptico con eficacia cuántica unitaria, debido a la propagación de una señal de ruido de granalla limitado a través de una fibra óptica con amplificación distribuida cuando el bombeo es activo en comparación con el caso de bombeo desactivado, expresado en dB.

NOTA 1 – El factor de ruido efectivo difiere del factor de ruido por el hecho de que en el primero no se compara la SNR a la salida con la SNR a la entrada del amplificador. Así, el aumento de la intensidad de señal relevante en el cambio de la SNR es la ganancia efectiva en lugar de la ganancia. Concretamente, la contribución del factor de ruido señal-espontáneo, el cual puede calcularse a partir de la diferencia entre la potencia ASE y la ganancia expresada en dB queda reducida en cuanto al factor de ruido efectivo en una cantidad igual a la pérdida pasiva entre la entrada y la salida, por lo que es posible que el factor de ruido efectivo de amplificación distribuida sea negativo, expresado en dB.

NOTA 2 – El factor de ruido efectivo puede entenderse como el factor de ruido de un amplificador óptico discreto equivalente situado al final de la fibra óptica, que produce la ganancia efectiva y la misma potencia de salida ASE que la amplificación distribuida. Como la ASE generada en el interior de la fibra del amplificador distribuido se reduce parcialmente también debido a la atenuación de esta fibra, la potencia de salida ASE puede ser menor que la realizable físicamente a partir de dicho amplificador discreto.

5.1.43 factor de ruido señal-espontáneo equivalente (sólo aplicable a los amplificadores distribuidos): Contribución de ruido de batido señal-espontáneo al factor de ruido efectivo.

5.1.44 ancho de banda ASE: Diferencia entre dos longitudes de onda en la cual se observa una disminución concreta de la amplitud espontánea amplificada (ASE) de salida con respecto al valor de cresta del espectro ASE de salida.

NOTA 1 – Una disminución de 30 a 40 dB se considera adecuada.

NOTA 2 – Debido a una posible distorsión del espectro medido (causada, por ejemplo, por fugas en el bombeo) puede que sea necesario aplicar la correspondiente extrapolación.

5.1.45 pérdida de inserción en banda (aplicable únicamente a los dispositivos OA): En un estado sin conexión eléctrica, la pérdida de inserción de la señal en el caso del OA, dada una longitud de onda de la señal de entrada y un determinado nivel de potencia de la señal.

NOTA 1 – Cabe describir esta propiedad a una anchura de banda discreta o como función de la anchura de banda.

NOTA 2 – Habría que estar atento a excluir la contribución de la ASE de salida a la hora de medir este parámetro.

NOTA 3 – La pérdida de inserción en banda depende del nivel de potencia de la señal de entrada.

5.1.46 máxima reflectancia tolerable a la entrada y a la salida (aplicable solamente a los dispositivos OA): Máxima reflectancia de dos reflectores idénticos situados simultáneamente en los puertos de entrada y salida de un OA, para los cuales dicho OA sigue cumpliendo sus especificaciones.

NOTA 1 – La medición se realiza para una potencia óptica de la señal de entrada determinada.

NOTA 2 – El factor de ruido es el parámetro más sensible a la reflectancia.

5.1.47 banda de longitudes de onda de potencia (aplicable únicamente a los amplificadores de potencia): Gama de longitudes de onda en la que la potencia de la señal de salida del OA se mantiene en la gama de potencia de salida especificada, mientras que la potencia de señal de entrada del OA está comprendida en la gama de potencia de entrada especificada.

5.1.48 banda de longitudes de onda de señal disponible (aplicable únicamente a los preamplificadores con filtro(s) óptico(s)): Banda de longitudes de onda del OA preamplificador resultante incluyendo el efecto del filtro o filtros ópticos.

5.1.49 gama de longitudes de onda sintonizables (aplicable únicamente a los preamplificadores y a los receptores con amplificación óptica que poseen fibra óptica o fibras ópticas sintonizables): Gama de longitudes de onda en la que es posible sintonizar el filtro o filtros ópticos sintonizables dentro del OA preamplificador.

5.1.50 ganancia de canal (tratándose del funcionamiento multicanal): La ganancia para cada canal (con longitud de onda λ_j) en una configuración multicanal especificada, expresada en dB.

La ganancia de canal puede expresarse del modo siguiente (P_{ij} y P_{oj} son respectivamente las potencias de entrada y de salida, en dBm, del j-ésimo canal, y j = 1, 2, …, n; n es el número total de canales):

$$G_j = P_{oj} - P_{ij}$$

NOTA – Dado que la potencia de saturación del amplificador viene determinada por el efecto combinado de las señales de entrada en todas las longitudes de onda, la ganancia de canal dependerá de la potencia de entrada de todas las señales.

5.1.51 variación de ganancia multicanal (diferencia de ganancia entre canales) (tratándose del funcionamiento multicanal): Diferencia entre las ganancias de canal de dos canales cualesquiera en una configuración multicanal especificada, expresada en dB.

La variación de ganancia multicanal puede expresarse del modo siguiente (G_j y G_l son respectivamente las ganancias de canal del canal j-ésimo y l-ésimo, y j = 1, 2, … n; $j \neq 1$; n es el número total de canales):

$$\Delta G_{jl} = G_j - G_l$$

NOTA – Normalmente, este parámetro se especifica como máxima variación de ganancia multicanal, entendido como máximo valor absoluto de la variación de ganancia multicanal y considerando todas las combinaciones posibles de pares de canales. Las potencias de entrada se ajustarán por lo general a sus valores mínimos y máximos especificados. También podrán especificarse las potencias de entrada con objeto de lograr ciertos valores de ganancia, o potencias de salida totales. La variación máxima de ganancia multicanal puede expresarse como sigue:

$$\Delta G_{MÁX} = MÁX_{j,l}\left\{\left|\Delta G_{jl}\right|\right\}$$

5.1.52 saturación cruzada de ganancia (tratándose del funcionamiento multicanal): Para una configuración multicanal especificada, la relación entre el cambio de la ganancia de canal de un canal, ΔG_j, y un cambio dado de la potencia de entrada de otro canal, ΔP_l, mientras que la potencia de entrada de todo el resto de canales se mantiene constante, expresada en dB por dB.

La saturación cruzada de ganancia puede expresarse del modo siguiente (j, l = 1, 2, … n; $j \neq 1$; n es el número total de canales):

$$GXS_{jl} = \Delta G_j / \Delta P_l$$

NOTA – Normalmente, este parámetro se especifica para una distribución de potencia de entrada inicial entre los canales con potencia mínima permitida en cada uno de los mismos. Es posible indicar otras distribuciones en la especificación correspondiente del producto.

5.1.53 diferencia de cambio de ganancia multicanal (diferencia de cambio de ganancia entre canales) (tratándose del funcionamiento multicanal): Para una asignación de canal especificada, la diferencia de cambio de ganancia en un canal con respecto al cambio de ganancia de otro canal para dos conjuntos especificados de potencia de entrada de canal, expresada en dB.

La diferencia de cambio de ganancia multicanal puede expresarse del modo siguiente ($G_j^{(1)}$, $G_j^{(2)}$ y $G_l^{(1)}$, $G_l^{(2)}$, siendo las ganancias de canal del canal j-ésimo y l-ésimo en cada uno de los dos conjuntos especificados de potencia de entrada de canal (1) y (2) respectivamente, y j, l = 1, 2, … n; n es el número total de canales):

$$GD_{jl} = \left[G_j^{(1)} - G_j^{(2)}\right] - \left[G_l^{(1)} - G_l^{(2)}\right]$$

NOTA 1 – Los dos conjuntos especificados de potencias de entrada de canal son en general: (1) todas las potencias de entrada ajustadas a su valor mínimo y (2) todas las potencias de entrada ajustadas a su valor máximo.

NOTA 2 – Normalmente, se especificará la diferencia máxima de cambio de ganancia multicanal. Podrían definirse diferentes conjuntos de condiciones de entrada en la especificación pertinente del producto.

NOTA 3 – La potencia ASE hacia adelante puede resultar significativa cuando los OA se utilizan como preamplificadores o amplificadores de línea. En este caso, la potencia de entrada del canal incluirá la contribución ASE hacia adelante.

NOTA 4 – Puede recurrirse a este parámetro en lugar de a la descompensación de ganancia multicanal cuando no pueda aplicarse la definición de descompensación de ganancia multicanal.

5.1.54 descompensación de ganancia multicanal (relación de cambio de ganancia entre canales) (tratándose del funcionamiento multicanal): La relación, expresada en dB, entre los cambios de ganancia en cada canal y el cambio de ganancia en un canal de referencia a medida que se varían las condiciones de entrada para hacerlas pasar de un conjunto de potencias de canales de entrada a un segundo conjunto de potencias de canales de entrada, expresada en dB.

La descompensación de ganancia multicanal puede expresarse de la siguiente forma ($G_j^{(1)}$, $G_j^{(2)}$ y $G_r^{(1)}$, $G_r^{(2)}$, siendo respectivamente las ganancias de canal del canal j-ésimo y del canal de referencia en cada uno de los dos conjuntos especificados de potencia de entrada de canal, y j = 1, 2, … n; donde n es el número total de canales):

$$GT_j = \left[G_j^{(1)} - G_j^{(2)}\right] / \left[G_r^{(1)} - G_r^{(2)}\right]$$

NOTA 1 – La descompensación de ganancia multicanal se utiliza normalmente con el fin de predecir las ganancias en cada canal para varios conjuntos de potencias de canal de entrada, basándose en cambios observados en el canal de referencia.

NOTA 2 – Los conjuntos de potencias de canal de entrada son generalmente aquellos en los que (1) todas las potencias se equiparan al máximo permitido y (2) todas las potencias se equiparan al mínimo permitido.

NOTA 3 – Deben indicarse las características del canal de referencia en la correspondiente especificación del producto. La descompensación de ganancia del multicanal del canal de referencia es por definición igual a 1 dB/dB.

NOTA 4 – La aplicación de la descompensación de ganancia multicanal para prever la ganancia de canal en diferentes condiciones podría verse menoscabada en los casos de amplificadores híbridos multietapa, medios de ganancia no homogénea y, en particular, para amplificadores con control automático de ganancia.

5.1.55 respuesta de ganancia de adición/supresión de canal (en régimen permanente) (tratándose del funcionamiento multicanal): Para una configuración multicanal especificada, el cambio en régimen permanente de la ganancia de canal de cualquiera de los canales debido a la adición/supresión de uno o más canales, expresado en dB.

NOTA 1 – Normalmente, el parámetro especificado es la máxima respuesta de ganancia de adición/supresión de canal cuando la potencia final o inicial de cada uno de los canales de entrada es igual al mínimo permitido. Sin embargo, pueden indicarse diferentes potencias finales o iniciales en la correspondiente especificación del producto.

NOTA 2 – El caso más desfavorable de respuesta de ganancia de adición/supresión de canal se produce generalmente cuando se añaden o suprimen todos los canales menos uno.

5.1.56 respuesta de ganancia transitoria de adición/supresión de canal (tratándose del funcionamiento multicanal): Para una configuración multicanal especificada, el cambio máximo en la ganancia de canal de cualquiera de los canales debido a la adición/supresión de uno o más canales durante el periodo transitorio tras la adición/supresión de canal, expresado en dB.

NOTA 1 – Normalmente, el parámetro especificado es la máxima respuesta de ganancia transitoria de adición/supresión de canal cuando la potencia final o inicial de cada uno de los canales de entrada es igual al mínimo permitido. Sin embargo, pueden indicarse diferentes potencias finales o iniciales en la especificación pertinente del producto.

NOTA 2 – El caso más desfavorable de respuesta de ganancia transitoria de adición/supresión de canal se plantea generalmente cuando se añaden o suprimen todos los canales menos uno.

5.1.57 constante de tiempo de respuesta transitoria de adición/supresión de canal (tratándose del funcionamiento multicanal): El periodo de tiempo comprendido entre la adición/supresión de un canal y el momento en que la potencia de salida de ese o de otro canal alcanza, para estabilizarse en él, el valor de ± N dB con respecto al de régimen permanente.

NOTA – El valor de N debe establecerse en la especificación pertinente del producto.

5.1.58 factor de ruido de canal (tratándose del funcionamiento multicanal): Para una configuración multicanal especificada, el factor de ruido para cada canal en una anchura de banda óptica especificada, expresada en dB.

5.1.59 factor de ruido señal espontáneo de canal (tratándose del funcionamiento multicanal): El factor de ruido señal-espontáneo para cada canal en una configuración multicanal especificada, expresada en dB.

5.1.60 asignación de canal (tratándose del funcionamiento multicanal): La asignación de canal se determina por el número de canales, las longitudes de onda/frecuencias centrales nominales de los canales y su tolerancia de longitud de onda/frecuencia central.

5.1.61 seguridad óptica: Precauciones o medidas de seguridad acordadas que han de observar o tomar los instaladores, operadores y fabricantes para garantizar un funcionamiento seguro con los OA. A menos que se especifique otra cosa, se aplicarán las normas CEI 60825-1 y CEI 60825-2. Puede ampliarse información al respecto en la Rec. UIT-T G.664, *Procedimientos y requisitos de seguridad óptica para sistemas ópticos de transporte* y en CEI/TR 61292-4, *Optical amplifiers – Part 4: Maximum permissible optical power for the damage-free and safe use of optical amplifiers, including Raman amplifiers*.

5.2 Parámetros para subsistemas OA

Las definiciones que figuran en esta cláusula remiten a los correspondientes parámetros de los subsistemas OA elementales, concretamente el transmisor con amplificación óptica (OAT) y el receptor con amplificación óptica (OAR).

5.2.1 subsistema OA genérico

5.2.1.1 longitud de onda de la señal: La longitud de onda de la portadora óptica de la señal.

5.2.1.2 anchura de línea de la señal: La anchura total de media amplitud (FWHM) del espectro óptico de la señal.

5.2.2 Subsistema del transmisor con amplificación óptica (OAT)

5.2.2.1 potencia de señal después del conector de salida: La potencia óptica asociada a la señal que sale del puerto óptico de salida del OAT.

5.2.2.2 gama de longitudes de onda de la señal de funcionamiento: La gama de longitudes de onda en la que la potencia de la señal de salida del OAT se mantiene en un rango de potencia de salida especificada.

5.2.2.3 nivel de potencia ASE: Potencia óptica asociada a la ASE (emisión espontánea amplificada) que sale del puerto óptico de salida del OAT, en condiciones nominales de funcionamiento.

5.2.2.4 reflectancia de salida: Fracción de potencia óptica incidente, en la longitud de onda de funcionamiento, reflejada por el OAT a partir del puerto óptico de salida, en condiciones nominales de funcionamiento, expresada en dB.

5.2.2.5 máxima potencia óptica de retorno: Máxima potencia óptica que puede entrar por el puerto de salida del OAT, para la que el OAT todavía cumple sus especificaciones.

5.2.2.6 fuga de bombeo hacia la salida: Potencia óptica de bombeo emitida a partir del puerto de salida del OAT, en condiciones nominales de funcionamiento.

NOTA 1 – La medición se efectúa con una potencia óptica de señal dada.

NOTA 2 – La fuga máxima de bombeo hacia la salida puede tener lugar en ausencia de señal.

5.2.2.7 conexiones ópticas: El tipo de conector y/o el tipo de fibra utilizado como puerto de salida del OAT.

NOTA – las características y prestaciones ópticas, mecánicas y ambientales del conector óptico y de la fibra conectora deben ser con arreglo a CEI 60874-1 y CEI 60793-2, respectivamente.

5.2.3 Subsistema del receptor con amplificación óptica (OAR)

5.2.3.1 sensibilidad: Mínima potencia óptica asociada a la señal de entrada, inmediatamente anterior al conector de entrada, necesaria para lograr un valor BER fijo (p. ej., 10^{-12}).

NOTA – Se pueden aplicar otras definiciones, actualmente en estudio, para este parámetro.

5.2.3.2 gama de longitudes de onda de la señal de funcionamiento: Rango de longitudes de onda en el que el OAR posee la sensibilidad especificada y potencia de sobrecarga de entrada con una BER determinada (p. ej., 10^{-12}) y a una velocidad binaria especificada.

5.2.3.3 gama de longitudes de onda sintonizables (solamente para los OAR con filtro o filtro ópticos sintonizables): Gama de longitudes de onda (en el rango de longitudes de onda de la señal de funcionamiento) en la que se puede sintonizar el filtro o los filtros ópticos sintonizables dentro del OAR.

5.2.3.4 nivel de potencia ASE: Potencia óptica asociada a la ASE que sale del puerto óptico de entrada del OAR, en condiciones nominales de funcionamiento.

5.2.3.5 reflectancia de entrada: Fracción de potencia óptica incidente, en la longitud de onda de funcionamiento, reflejada por el OAR a partir del puerto óptico de entrada, en condiciones nominales de funcionamiento, expresada en dB.

5.2.3.6 ancho de banda del filtro ASE: La FWHM de la longitud de onda del filtro ASE.

NOTA – El ancho de banda del filtro ASE fija el máximo ancho de línea de la señal de entrada.

5.2.3.7 máxima potencia óptica de entrada: Máxima potencia óptica que puede entrar por el puerto de entrada del OAR, para la que el OAR sigue funcionando con arreglo sus especificaciones.

5.2.3.8 fuga de bombeo hacia la entrada: Potencia óptica de bombeo emitida a partir del puerto de entrada del OAR, en condiciones nominales de funcionamiento.

NOTA 1 – La medición se efectúa con una potencia óptica de señal dada.

NOTA 2 – La fuga máxima de bombeo hacia la entrada puede tener lugar en ausencia de señal.

5.2.3.9 conexiones ópticas: el tipo de conector y/o el tipo de fibra usado como puerto de entrada del OAR.

NOTA – Las características y prestaciones ópticas, mecánicas y ambientales del conector óptico y de la fibra conectora deben ser con arreglo a la normativa internacional CEI 60874-1 y CEI 60793-2, respectivamente.

5.2.3.10 seguridad: Precauciones o medidas de seguridad acordadas a observar por parte de instaladores, operadores y fabricantes para garantizar un funcionamiento seguro con los subsistemas OA. A menos que se especifique lo contrario, se aplicarán las normativas CEI 60825-1 y CEI 60825-2. Puede ampliarse información al respecto en la Rec. UIT-T G.664, *Procedimientos y requisitos de seguridad óptica para sistemas ópticos de transporte* y en CEI/TR 61292-4, *Optical amplifiers – Parte 4: Maximum permissible optical power for the damage-free and safe use of optical amplifiers, including Raman amplifiers.*

6 Métodos de prueba

Según lo convenido con CEI-SC86C-WG 3, las directrices que deben seguirse para la medición de la mayoría de los parámetros definidos en la cláusula 5 figuran en general en (todas las partes) 61290 "*Basic specification for OFA test methods*". Cada método de prueba se define generalmente para la medida de un grupo de parámetros relacionados. La agrupación de los parámetros relacionados puede verse en el cuadro 1, junto con la referencia de la especificación del método de prueba correspondiente. Los métodos de prueba descritos actualmente en la serie CEI 61290 para cada grupo de parámetros también se proporcionan en el cuadro 1.

NOTA 1 – Los métodos de prueba indicados en estos documentos de la CEI remiten a definiciones de parámetros CEI que tratan las pérdidas en el conector de manera diferente a las definiciones de esta Recomendación. Se proporciona una explicación más detallada al respecto en el apéndice III/G.665.

NOTA 2 – Actualmente se está realizando una evaluación comparativa de los métodos de prueba que figuran en las especificaciones básicas de la CEI. Cuando esté disponible, se indicarán los métodos de prueba de referencia elegidos y los posibles métodos de prueba alternativos para cada uno de los parámetros corrCespondientes definidos en la presente Recomendación.

Cuadro 1/G.661 – Métodos de prueba recomendados para los parámetros definidos en la cláusula 5

Grupo de parámetros de prueba	Número de especificación del método de prueba	Métodos de prueba (TM)
Parámetros de ganancia	CEI 61290-1	CEI 61290-1-1: Optical spectrum analyser (OSA) TM CEI 61290-1-2: Electrical spectrum analyser TM CEI 61290-1-3: Optical power meter TM CEI 61290-10-1: Multichannel pulse method with optical switch and OSA TM CEI 61290-10-2: Multichannel pulse method with gated OSA TM CEI 61290-10-3: Multichannel probe methods TM
Parámetros de potencia óptica	CEI 61290-1	CEI 61290-1-1: Optical spectrum analyser TM CEI 61290-1-2: Electrical spectrum analyser TM CEI 61290-1-3: Optical power meter TM CEI 61290-10-1: Multichannel pulse method with optical switch and OSA TM CEI 61290-10-2: Multichannel pulse method with gated OSA TM CEI 61290-10-3: Multichannel probe methods TM
Parámetros de ruido	CEI 61290-3: Métodos de prueba para los parámetros de factor de ruido	CEI 61290-3-1: Optical spectrum analyser TM CEI 61290-3-2: Electrical spectrum analyser TM CEI 61290-10-1: Multichannel pulse method with optical switch and OSA TM CEI 61290-10-2: Multichannel pulse method with gated OSA TM CEI 61290-10-3: Multichannel probe methods TM
Dispersión por modo de polarización	CEI 61290-11	CEI 61290-11-1: Jones Matrix eigenanalysis TM CEI 61290-11-2: Poincaré Sphere analysis TM
Parámetros de reflectancia	CEI 61290-5	CEI 61290-5-1: Optical spectrum analyser TM CEI 61290-5-2: Electrical spectrum analyser TM CEI 61290-5-3: Reflectance tolerance test, electrical spectrum analyser TM
Parámetros de fuga del bombeo	CEI 61290-6	CEI 61290-6-1: Optical demultiplexer TM
Parámetros de pérdida de inserción	CEI 61290-7	CEI 61290-7-1: Filtered power meter TM
Parámetros del subsistema OA	CEI 61290-9	En estudio

Apéndice I

Principales diferencias entre los amplificadores de fibra óptica y los amplificadores ópticos de semiconductores

Este apéndice trata las diferencias clave entre los amplificadores de fibra óptica y los amplificadores ópticos de semiconductores. Un amplio abanico de clases de amplificadores ópticos, incluyendo los amplificadores de semiconductores, los amplificadores de fibra óptica que usan muchos tipos de dopantes de tierra rara y otros tipos de amplificadores se abordan más detalladamente en CEI/TR 61292-3, *Optical amplifiers – Part 3: Classification, characteristics, and application*. En la Rec. UIT-T G.665, *Características generales de los amplificadores Raman y de los subsistemas con amplificación Raman*, se proporciona información adicional sobre los amplificadores ópticos Raman distribuidos.

I.1 Observaciones generales

El mecanismo físico que proporciona ganancia en los amplificadores ópticos de semiconductores (SOA, *semiconductor optical amplifiers*) difiere en diversos aspectos del de los amplificadores de fibra óptica. Básicamente, los SOA son láseres de semiconductores sin la realimentación por cavidad óptica (las facetas del chip tienen un recubrimiento antirreflexión), y por tanto la inversión de la población se genera en la región activa mediante una corriente eléctrica. La emisión estimulada de fotones se produce mediante procesos de recombinación de electrones-huecos inducidos por los fotones de señal (a las longitudes de onda incluidas en la banda de amplificación del material semiconductor). La ganancia de los materiales semiconductores por unidad de longitud es mucho mayor que las fibras activas dopadas con tierras raras (REDF, *rare-earth doped active fibres*), lo cual explica las pequeñísimas longitudes de estos dispositivos: 0,5 mm frente a las decenas de metros de las REDF. Este hecho, junto con el bombeo directo mediante la corriente de polarización, hace de los SOA dispositivos muy simples y compactos en comparación con los OFA que requieren largas fibras activas, fuentes láser para bombeo óptico y diversos componentes de fibra óptica.

Además, los SOA son flexibles en cuanto a la longitud de onda de trabajo y, dependiendo de la composición del material semiconductor, pueden utilizarse en la región de la segunda (1310 nm) o tercera (1550 nm) longitud de onda, mientras que actualmente los OFA de mejor calidad suelen operar en torno a los 1550 nm.

Otra diferencia importante es que la dinámica de ganancia de los SOA es mucho más rápida que la de los OFA. El tiempo característico necesario para que la ganancia se recupere completamente suele ser de 200 ps en un SOA frente a los 0,5-10 ms en un OFA. Por consiguiente, los SOA no son inmunes a la interferencia de saturación cruzada ni a la distorsión de forma de onda provocada por la saturación, como los OFA.

La dinámica de ganancia rápida también implica que los SOA sean fuertemente no lineales cuando operan en el régimen de saturación, contrariamente a los OFA que se comportan linealmente en casi todas las condiciones de funcionamiento de interés en las telecomunicaciones ópticas. Esta característica, que puede ser perjudicial para aplicaciones de los SOA como son los amplificadores de línea en los sistemas de multiplexación por división en longitud de onda (WDM), puede resultar ventajosa en la implementación de algunas funcionalidades de sistemas importantes, tales como la conversión de longitud de onda, la conmutación óptica y la demultiplexación.

Finalmente, la geometría de las guías activas de los SOA no concuerda con la de las fibras ópticas, produciendo pérdidas de acoplamiento bastante elevadas con las fibras de la línea, y, debido a la simetría rectangular, pueden causar una ganancia marcadamente dependiente de la polarización.

Estas diferencias estructurales entre los SOA y los OFA se reflejan en la calidad de funcionamiento de los dispositivos. El objetivo de este apéndice es comparar las características de los dos tipos de amplificadores ópticos. La lista de los principales parámetros ópticos que deben considerarse para caracterizar y comparar la calidad de funcionamiento óptica de los SOA y el EDFA se recoge en I.2. En lo que sigue se dan algunas indicaciones sobre los valores que pueden asociarse con los parámetros de los SOA mencionados y una comparación con los correspondientes valores de los OFA. Los valores indicados para los OFA son los típicos para los EDFA.

De hecho los EDFA constituyen la tecnología OFA más desarrollada; la tecnología EDFA está muy implantada y los EDFA se hallan ampliamente distribuidos en el mercado desde hace varios años y son producidos por diferentes fabricantes en el mundo entero. Por otro lado, los SOA se hallan aún en la fase de R&D. Hoy día, muy pocos fabricantes los producen y la producción es muy baja. Aun cuando la tecnología de los SOA se basa en la muy acreditada tecnología de los láseres de semiconductores, varios problemas importantes relativos al embalaje, conexión de rabillos de fibra, recubrimiento antirreflexión y sensibilidad de polarización aún no han encontrado soluciones satisfactorias de producción a gran escala.

Además, las pruebas en funcionamiento real con los SOA se han iniciado recientemente y hoy día sólo hay una limitada experiencia en la utilización de los SOA en explotación real [B.1].

En este apéndice, sólo se tienen en consideración las características de amplificación de los SOA ya que su posible utilización para la implementación de otras funcionalidades cae fuera de su alcance.

I.2 Comparación de las características ópticas de calidad de funcionamiento de los SOA y de los OFA

Los valores de los parámetros de SOA de los que se informa en la comparación siguiente sólo son indicativos y reflejan el estado actual de la tecnología de los SOA; pueden ser objeto de cambios a medida que evolucione la tecnología de los SOA.

– *Ganancia de pequeña señal*

  La ganancia de pequeña señal de los SOA es afectada por la pérdida de acoplamiento del amplificador de fibra (despreciable en el caso de los EDFA). Los valores típicos giran en torno a 30 dB para prototipos de laboratorio, sin incluir la pérdida de acoplamiento, y de 10-15 dB fibra a fibra para unidades comerciales unidas por rabillos de fibra. Para las unidades EDFA la ganancia de pequeña señal suele ser mayor que 30 dB.

– *Anchura de banda de longitud de onda*

  La anchura de banda de longitud de onda de los SOA suele ser de 40 nm o más, comparada con los 35 nm de los EDFA. Los SOA pueden utilizarse en la segunda (1310 nm) o tercera (1550 nm) región de longitudes de onda, dependiendo de la composición del material semiconductor. Experimentos recientes con los SOA Multi Quantum Well demostraron la posibilidad de obtener una anchura de banda de longitud de onda de hasta 120 nm.

– *Variación de la ganancia de pequeña señal con la longitud de onda*

  El uso de recubrimientos antirreflexión muy buenos en la faceta del chip ha permitido reducir, en SOA comerciales, la variación de ganancia de pequeña señal cresta a cresta con la longitud de onda a menos de 1 dB en la anchura de banda de longitud de onda.

– *Potencia de salida de saturación*

  La potencia de salida de saturación puede ser de hasta +15 dBm para los SOA prototipo de laboratorio (fibra-fibra). Los valores obtenidos de este parámetro comienzan a ser comparables con los de las unidades EDFA comerciales (+17/+20 dBm o más).

– *Factor de ruido (NF)*

  El NF de los SOA no es afectado por la pérdida de acoplamiento bastante elevada de las fibras. En módulos de laboratorio de SOA se han obtenido valores de unos 5-6 dB, mientras que en unidades comerciales conectadas por rabillos de fibra, son típicos valores de 7 a 9 dB. Valores típicos de EDFA comerciales son 5-6 dB para EDFA bombeados de 980 nm y de 6-7 dB para EDFA bombeados de 1480 nm.

– *Ganancia dependiente de la polarización (PDG)*

  En los prototipos de SOA de laboratorio, la PDG se ha reducido hasta valores despreciables (0,2 dB). En los SOA comerciales, valores típicos son 2-5 dB. La PDG es despreciable en los EDFA (0,2 dB).

– *Diafonía dinámica de ganancia*

  Queda en estudio.

I.3 Aplicaciones

En la fase actual de la tecnología de los SOA, las aplicaciones más adecuadas de los SOA como bloques de ganancia en los sistemas ópticos punto a punto parece ser como amplificadores de refuerzo, integrados con el láser emisor, aun cuando haya algunas limitaciones en cuanto a la potencia de salida.

Los problemas relacionados con las aplicaciones del amplificador de línea y del preamplificador (tales como sensibilidad de polarización y factor de ruido relativamente elevado) van a ser resueltos (por ejemplo, utilizando SOA fijados en ganancia [B.2]). Recientemente, los SOA se han utilizado con éxito como amplificadores de línea en pruebas reales a 10 Gbit/s [B.3]. En este experimento de transmisión, el sistema óptico se hizo funcionar a 1310 nm: no se han desarrollado hasta la fecha OFA de calidad superior.

Además, los SOA tienen un gran potencial como dispositivos funcionales en los conmutadores ópticos, para proporcionar simultáneamente ganancia y funciones de compuerta rápidas, y en otros dispositivos de procesamiento de señal (convertidores de longitud de onda, multiplexores y demultiplexores ópticos), debido a la respuesta fuertemente no lineal que presentan en régimen de saturación. Pueden también integrarse en matrices de conmutación óptica para compensar las pérdidas internas a la propia matriz.

Apéndice II

Parámetros ambientales, mecánicos, físicos y de fiabilidad de los dispositivos y subsistemas de amplificadores ópticos

Se proporcionan términos adicionales a título informativo en cuanto a los aspectos ambientales, mecánicos, físicos y de fiabilidad de los dispositivos de amplificadores ópticos. Estos términos son normativos en la Edición 2.0 de CEI 61291-1.

II.1 Parámetros para dispositivos OA

II.1.1 Dimensiones externas y peso

Altura, longitud, anchura y peso máximos del OA.

II.1.2 Condiciones ambientales

Gama de temperatura, humedad y niveles de vibración en la que se puede almacenar, operar o transportar el OA atendiendo aún a todos sus parámetros especificados.

II.1.3 Máxima humedad relativa de funcionamiento

Máxima humedad relativa en la que puede funcionar el OA atendiendo aún a todos sus parámetros especificados.

II.1.4 Nivel de vibración máxima de funcionamiento

Máximo nivel de vibración al que puede funcionar el OA atendiendo aún a todos sus parámetros especificados.

II.1.5 Temperatura de almacenamiento

Gama de temperatura en la que puede almacenarse el OA atendiendo aún a todos sus parámetros especificados.

II.1.6 Máxima humedad relativa de almacenamiento

Máxima humedad relativa en la que puede almacenarse el OA atendiendo aún a todos sus parámetros especificados.

II.1.7 Máximo nivel de vibraciones y de choques durante el transporte

Nivel máximo de vibraciones y de choques que puede soportar el OA al transportarlo y sin dejar por ello de atender aún a todos sus parámetros especificados.

II.1.8 Fiabilidad

Vida útil esperada. La fiabilidad de un OA se expresa mediante uno de los siguientes parámetros: tiempo medio entre fallos (MTBF, *mean operating time between failures*) o fallos de la hora (FIT, *failures in time*). MTBF es el periodo medio de funcionamiento ininterrumpido del OA sin fallos en las condiciones ambientales y de funcionamiento especificadas. FIT es el número de fallos en 10^9 horas en las condiciones ambientales y de funcionamiento especificadas.

NOTA – La calificación de fiabilidad se aborda en CEI 61291-5-2.

II.1.9 Control remoto y local de alarmas

Funciones que pueden verificar el funcionamiento del subsistema OA, detectando y señalando posibles fallos.

II.2 Parámetros para subsistemas OA

Las definiciones de esta cláusula hacen referencia a los parámetros relevantes para los aspectos ambientales, mecánicos, físicos y de fiabilidad de los subsistemas OA genéricos, es decir, el transmisor con amplificación óptica (OAT) y el receptor con amplificación óptica (OAR).

II.2.1 Requisitos de control y alimentación

Los corrientes eléctricas y/o los voltajes, y las señales eléctricas necesarios para que el subsistema OA funcione con arreglo a los índices máximos establecidos. Se incluyen las tolerancias necesarias para la alimentación eléctrica y los procedimientos de encendido y apagado.

II.2.2 Máximo consumo de potencia

Potencia eléctrica que se requiere para mantener el subsistema OA funcionando con arreglo a los índices máximos establecidos.

II.2.3 Temperatura de funcionamiento

Gama de temperatura en la que puede funcionar el subsistema OA atendiendo aún a todos sus parámetros especificados.

II.2.4 Máxima humedad relativa de funcionamiento

Máxima humedad relativa en la que puede funcionar el subsistema OA atendiendo aún a todos sus parámetros especificados.

II.2.5 Nivel de vibración máxima de funcionamiento

Máximo nivel de vibración al que puede funcionar el subsistema OA atendiendo aún a todos sus parámetros especificados.

II.2.6 Temperatura de almacenamiento

Gama de temperatura en la que puede almacenarse el subsistema OA atendiendo aún a todos sus parámetros especificados.

II.2.7 Máxima humedad relativa de almacenamiento

Máxima humedad relativa en la que puede almacenarse el subsistema OA atendiendo aún a todos sus parámetros especificados.

II.2.8 Máximo nivel de vibraciones y de choques durante el transporte

Nivel máximo de vibraciones y de choques que puede soportar el subsistema OA al transportarlo y sin dejar por ello de atender aún a todos sus parámetros especificados.

II.2.9 Fiabilidad

Vida útil esperada. La fiabilidad de un subsistema OA se expresa mediante uno de los siguientes parámetros: tiempo medio entre fallos (MTBF) o fallos de la hora (FIT). MTBF es el periodo medio de funcionamiento ininterrumpido sin fallos en las condiciones ambientales y de funcionamiento especificadas. FIT es el número de fallos en 10^9 horas en las condiciones ambientales y de funcionamiento especificadas.

NOTA – La calificación de fiabilidad se aborda en CEI 61291-5-2.

II.2.10 Control remoto y local de alarmas

Funciones que pueden verificar el funcionamiento del subsistema OA, detectando y señalando posibles fallos.

II.3 Métodos de prueba ambiental y de fiabilidad

Los métodos de prueba incluidos actualmente en la serie CEI 61290 para los parámetros definidos en este apéndice se proporcionan en el cuadro II.1.

Cuadro II.1/G.661 – Métodos de prueba recomendados para los parámetros definidos en el apéndice II

Grupo de parámetros de prueba	Número de la especificación del método de prueba	Método de prueba (TM)
Parámetros ambientales y de fiabilidad	CEI 61291-5-2: Calificación de fiabilidad	En estudio.

BIBLIOGRAFÍA

[B.1] REID (J.J.) *et al*.: Proceedings of the 11th International Conference on Integrated Optics and Optical Fibre Communications (IOOC) and of the 23rd European Conference on Optical Communications (ECOC), Vol. 1, pág. 83, Edinburgh, (Reino Unido), 22-25 de septiembre de 1997.

[B.2] VAN DEN HOVEN (G.N.), TIEMEIJER, (L.F.): Technical Digest of Optical Amplifiers and their Applications (OAA), Invited Paper TuC1, Victoria (BC, Canadá), 21-23 de julio de 1997.

[B.3] KUINDERSMA (P.I.) *et al*.: Proceedings of the 11th International Conference on Integrated Optics and Optical Fibre Communications (IOOC) and of the 23rd European Conference on Optical Communications (ECOC), Vol. 1, pág. 79, Edinburgh (Reino Unido), 22-25 de septiembre de 1997.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	**Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales**
Serie H	Sistemas audiovisuales y 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	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación

Impreso en Suiza
Ginebra, 2006