



VIAVI

VIAVI Solutions

Nota de la aplicación

Manual de implementación de redes 5G

Segunda edición



Índice

Introducción.....	3	Prueba de red de radio.....	24
El papel de la fibra óptica en la tecnología 5G.....	4	– Prueba de caracterización y conformidad de radiofrecuencia.....	25
Pruebas de fibra.....	6	– Análisis de haces 5G.....	26
– Inspección de la fibra óptica.....	6	– Agregación de portadoras 5G (ocho veces).....	26
– Pruebas con OTDR.....	7	– Validación de espectro en tiempo real persistente.....	27
Multiplexación por división de longitud de onda (WDM).....	8	– Análisis de cobertura 5G.....	28
– Pruebas de xWDM.....	11	– Pruebas de radiofrecuencia sobre CPRI.....	29
– Comprobación de canales.....	11	Alineación de antenas.....	31
– Pruebas con OTDR de WDM.....	12	Gestión de activos y mano de obra.....	36
– Pruebas con OTDR para redes PON.....	12	Conclusión.....	37
Medición de la potencia óptica.....	14	Guía de soluciones.....	38
Monitorización de la fibra óptica.....	14		
Red de transporte fronthaul.....	16		
– Prueba de sincronización.....	17		
– Prueba de red FTN.....	19		
– Prueba de GPS (prueba de cobertura de señal/satélite GPS).....	20		
– Prueba de PTP (prueba de errores de sincronización PTP).....	21		
– Prueba de Ethernet.....	21		
– Prueba de rendimiento de la red (prueba OTN) ...	22		
– Prueba de rendimiento de red virtual.....	23		

Introducción

A medida que la tecnología 5G pasa de ser un concepto en el laboratorio a implementarse en el terreno, los instaladores, los técnicos y los ingenieros de campo se enfrentan a los numerosos desafíos que supone llevar a cabo una implementación óptima. Una cosa es validar la tecnología 5G en el laboratorio, y otra bien distinta es escalarla en campo, ya que se requieren soluciones de pruebas y verificación de las redes 5G robustas, eficaces y escalables. Dado que la [tecnología 5G](#) trasciende todos los aspectos de la red, es decir, el núcleo, el transporte y la red de acceso por radio (RAN), así como la red de fibra óptica subyacente que compacta todo, disponer de soluciones de validación y aseguramiento en campo que sean eficaces, fáciles de usar y versátiles puede ayudar a los proveedores de servicios a poner en marcha con éxito la tecnología 5G manteniendo la infraestructura 4G existente. Analicemos algunos de los cambios en la red que se han introducido con la tecnología 5G y sus implicaciones.

Uno de los principales casos prácticos de la tecnología 5G es la banda ancha móvil mejorada (eMBB), donde se proporcionan decenas de Gbps a través de la interfaz aérea. Este alto rendimiento exige que la infraestructura de red evolucione más allá del nivel de servicio actual, lo que está empujando a los proveedores de servicios de todo el mundo a actualizar su infraestructura de fibra óptica para cumplir los requisitos de tráfico de la tecnología 5G. Una característica clave de la tecnología 5G es que la misma red que proporcionará el servicio de eMBB será suficientemente ágil para ofrecer también comunicaciones de baja latencia ultraconfiables (uRLLC), lo que significa que algunas de las funciones de transporte y radiofrecuencia podrían situarse en ubicaciones distintas, posiblemente de forma virtual. La virtualización de las funciones de red y la segmentación de las redes permite a los operadores ofrecer aplicaciones y servicios diversos en la misma red, lo que les ayuda a adaptarse a distintos casos prácticos de la tecnología 5G. No obstante, este cambio tecnológico se suma a la complejidad de la implementación y la gestión de la red.

A continuación, se proporciona un resumen de algunos de los desafíos clave de la tecnología 5G:

1. Tecnologías nuevas de gran complejidad (la banda milimétrica o mmWave, la red óptica pasiva de próxima generación o NG-PON, el sistema de antenas adaptativas, las divisiones funcionales fronthaul, la estructura de tramas de latencia optimizada, la virtualización, la segmentación de redes, etc.)
2. Actualización de la infraestructura de la fibra óptica y los portadores
3. Envergadura de la actualización (de 20 a 30 veces el número de small cells)
4. Gestión de diversas tecnologías de red RAN
5. Falta de conocimientos para gestionar flujos de trabajo complejos
6. Gestión de los gastos operativos y de capital

Como con cada tecnología del proyecto 3GPP, las redes 5G se extenderán a lo largo de varias versiones. En la primera fase de la tecnología 5G, la versión 15, la opción no independiente (NSA) no será compatible y los primeros usuarios podrán utilizar su núcleo 4G con la radio NR del proyecto 3GPP para prestar servicios 5G. La primera fase de la versión 15 se basará principalmente en las tecnologías eMBB, uRLLC y MIMO masiva.

La segunda fase de la versión 15 permitirá el funcionamiento independiente (SA), de manera que será posible prestar servicios 5G en el núcleo de la próxima generación. Aunque la virtualización de las funciones de red y la segmentación de redes se admitirá en la segunda fase de la versión 15, pasará algún tiempo hasta que estén implementadas en campo. La versión 16 y las posteriores traerán consigo mejoras para admitir el IoT industrial, la comunicación de vehículo con todo (V2X), las bandas sin licencia y un espectro mayor (>52,6 GHz), lo que se implementará probablemente en el ámbito comercial más tarde (pasados los años 2020).

El papel de la fibra óptica en la tecnología 5G

Se presta poca atención a la fibra óptica dentro del ámbito de la tecnología 5G, pero la realidad es que, para que esta tenga éxito, la infraestructura de red cableada que suministra los servicios 5G desempeñará un papel crucial. En la mayoría de los casos, toda la red estará constituida de fibra óptica. Esto está empujando a los proveedores de servicios a invertir miles de millones en implementar infraestructuras nuevas de fibra óptica o en actualizar las existentes. La infraestructura de red actual no es capaz de asimilar todas las aplicaciones de la tecnología 5G, donde los gigabytes de capacidad de datos, la realidad aumentada, las comunicaciones masivas entre máquinas, los coches conectados, etc. deben admitirse en la misma red física con requisitos de SLA distintos en términos de latencia, capacidad y confiabilidad. De acuerdo con el [informe prospectivo de microondas de Ericsson](#), incluida Asia nororiental, para 2023 casi dos tercios del backhaul será de fibra óptica (consulte la Figura 1).

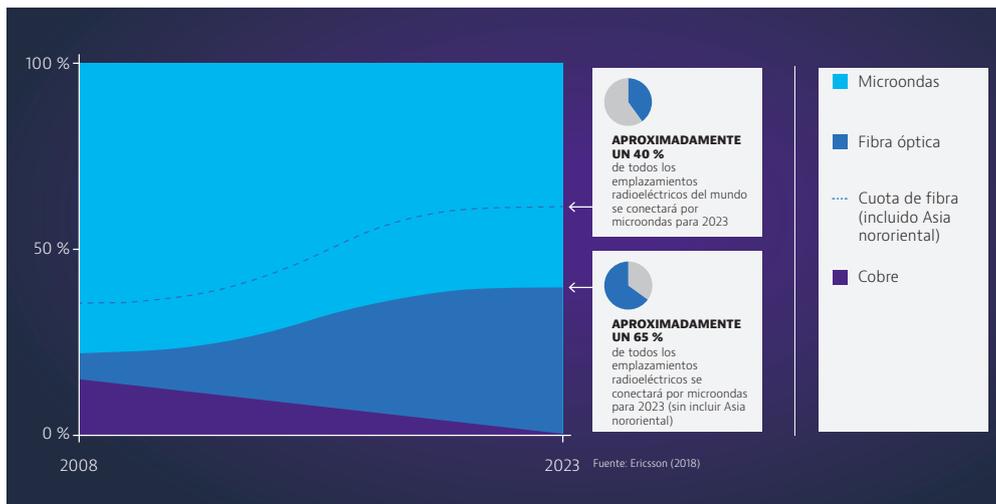


Figura 1: Distribución de medios de backhaul global

1243.900.0922

Sin embargo, todas estas actualizaciones de fibra óptica exigen que los operadores dispongan de recursos con los conocimientos adecuados y soluciones de pruebas para llevar a cabo la implementación y el mantenimiento de la infraestructura de fibra óptica. No hacerlo, puede afectar significativamente a la calidad de los servicios 5G e incrementará los gastos operativos y de capital de los proveedores de servicios.

Como se muestra en la Figura 2, todas las conexiones entre el núcleo de próxima generación (NGC) del centro de datos al sistema de antenas activas (AAS) compatible con la tecnología 5G NR implican una interfaz física de fibra óptica. Las tecnologías empleadas para llegar al AAS pueden variar (por ejemplo, NG-PON, CWDM, DWDM, eCPRI, ORAN etc.), pero el requisito fundamental para validar cada conexión de fibra óptica sigue siendo el mismo.

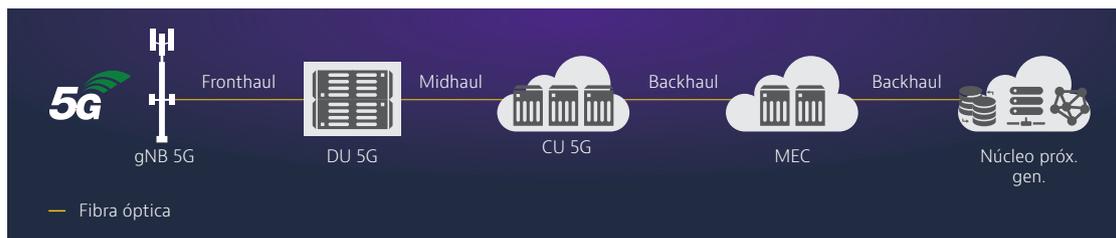


Figura 2: Arquitectura típica de las redes 5G

1244.900.0922



Figura 3: Ciclo de vida típico de una red

1245.900.0922

La calidad de servicio que ofrece cualquier red depende de determinadas operaciones que se realizan durante cada una de las etapas de su ciclo de vida. Desde los inicios de una red hasta su retirada, los operadores de red se dedican sin descanso a asegurarse de que sus inversiones en gastos operativos y de capital generen el máximo retorno posible. Merecerá la pena invertir algo de tiempo en comprender las distintas etapas del ciclo de vida de una red, como se muestra en la Figura 3, y las medidas necesarias para asegurarse de que la red proporcione un servicio de la mejor calidad posible.



Planificación

Para ofrecer una red inalámbrica líder en su clase, la clave está en una planificación meticulosa. Identificar requisitos de capacidad y áreas de cobertura clave en el nivel de aplicación ayuda a los proveedores de servicios a encontrar la solución y la arquitectura adecuadas para sus redes. Los componentes de la red y la infraestructura deben haberse diseñado para permitir el crecimiento de la red en el futuro, y cumplir los acuerdos de nivel de servicio (SLA) y los indicadores clave de rendimiento (KPI).



Instalación y puesta en marcha

En la etapa de implementación, cuando la infraestructura de red se está instalando, los proveedores de servicios, sus distribuidores, y los contratistas deben asegurarse de que cada interfaz física (fibra óptica, cobre y conexiones de radiofrecuencia) se someta a las pruebas adecuadas y se valide antes de que los equipos encargados de la puesta en marcha validen el procesamiento de llamadas y la aprobación del servicio. De no hacerlo, el plazo de comercialización podría extenderse demasiado y se podrían perder beneficios, con gastos operativos considerables en el futuro.



Aceptación

Tanto si se pone en marcha toda la red de una vez o solo un clúster parcial, es necesario realizar pruebas de integración y aceptación antes de que se implemente el tráfico comercial. Es esencial validar los indicadores clave de rendimiento, como la capacidad, la caída de conexiones, los fallos de acceso, las transferencias, etc. En el caso de una actualización o una tecnología nueva, también se debe validar el interfuncionamiento con la red heredada. Si no se cumple alguno de los requisitos de los criterios de aceptación, el servicio comercial y las ganancias máximas se verán afectados negativamente.



Mantenimiento

Tras la aceptación, los proveedores de servicios o los socios de los servicios gestionados son los responsables del mantenimiento y el aseguramiento de la red. Cualquier problema, ya sea de hardware, software o configuración, se debe aislar y solucionar rápidamente o la calidad del servicio de la red se verá afectada, con la pérdida de clientes como resultado. La calidad del servicio depende en realidad de que se apliquen prácticas de pruebas y medición exhaustivas y eficaces durante todo el ciclo de vida de la red.

¿Qué se debe comprobar?

Como ya hemos explicado, tanto si los proveedores de servicios implementan una nueva tecnología como si ponen en marcha una red completamente nueva, se debe someter a pruebas toda la infraestructura de componentes de fibra óptica y radiofrecuencia, conexiones y la transmisión de radio como parte de la red general. En esta sección, abordaremos algunas de las pruebas clave de fibra óptica, Ethernet y radiofrecuencia que son vitales para poner en marcha la tecnología 5G con éxito y en poco tiempo, especialmente aquellos componentes y tecnologías que se vayan a actualizar o implementar para la tecnología 5G.

Pruebas de fibra

Como parte de las actualizaciones de la tecnología 5G, se prevé que se implementen sobre el terreno más conectores MPO (del inglés Multi-Fiber Push On) de centros de datos regionales para redes RAN centralizadas (C-RAN). Disponer de la herramienta adecuada para inspeccionar rápidamente todas las fibras de un [conector MPO](#) en cuestión de segundos es ahora más importante que nunca, dada la envergadura de la implementación.

Inspección de la fibra

Los conectores contaminados son una de las principales causas de los problemas en las redes de fibra óptica. Una sola partícula acoplada al núcleo de una fibra puede provocar una reflexión de retorno y una pérdida por inserción significativas, e incluso daños en el equipo. Los operadores deben seguir siempre el proceso de inspección previo a la conexión ("[Inspect Before You Connect](#)") para garantizar que las terminaciones de fibra óptica están limpias antes de acoplar los conectores.



1246.900.0922

Figura 4: Proceso de inspección previa a la conexión



Figura 5: Microscopio de sonda FiberChek y sistema FiberChek Sidewinder de VIAVI

Pruebas con OTDR

Un [reflectómetro óptico en el dominio de tiempo](#) (OTDR) permite a los técnicos detectar, localizar y medir eventos en enlaces de fibra óptica como conectores acoplados, empalmes, curvaturas, extremos y roturas. Además, se pueden medir las siguientes propiedades accediendo a solo un extremo de la fibra (pruebas unidireccionales):

- Atenuación: pérdida de señal o potencia óptica, o velocidad de la pérdida entre dos puntos a lo largo de la fibra.
- Pérdida por evento: diferencia entre el nivel de potencia óptica antes y después de un evento.
- Reflectancia: relación entre la potencia reflejada y la potencia incidente de un evento.
- Pérdida por retorno óptico (ORL): relación entre la potencia reflejada y la potencia incidente de un enlace óptico.

El dispositivo [SmartOTDR](#) y los [módulos OTDR de la serie 4100](#) de VIAVI permiten a técnicos de cualquier nivel de cualificación realizar todas las pruebas básicas de la fibra óptica. En la aplicación Smart Link Mapper (SLM), cada evento se muestra como un icono, de modo que se proporciona a los técnicos una vista esquemática de todo el enlace, lo que les sirve de ayuda para utilizar el OTDR de forma más efectiva, todo ello sin necesidad de comprender ni interpretar los resultados basados en las trazas del OTDR.

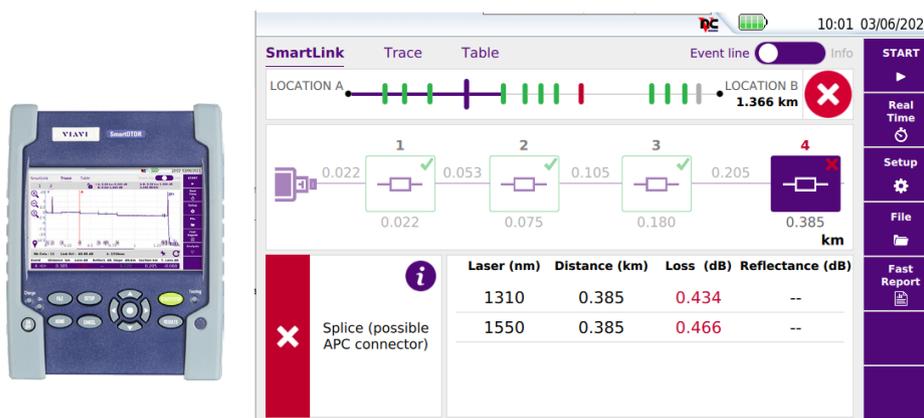


Figura 6: SmartOTDR y aplicación SmartLinkMapper

Si se utiliza el módulo OTDR correcto con OneAdvisor 800™ para el tipo específico de aplicación (por ejemplo, redes xWDM, PON etc.), los técnicos pueden realizar pruebas rápidamente de pérdida por inserción y pérdida por retorno óptico, además de localizar anomalías en un enlace de fibra óptica, como empalmes, curvaturas y roturas. El sistema OneAdvisor 800 es la solución perfecta de mantenimiento en campo de estaciones base con funciones de pruebas modulares para solucionar todo tipo de problemas de rendimiento de las estaciones base.

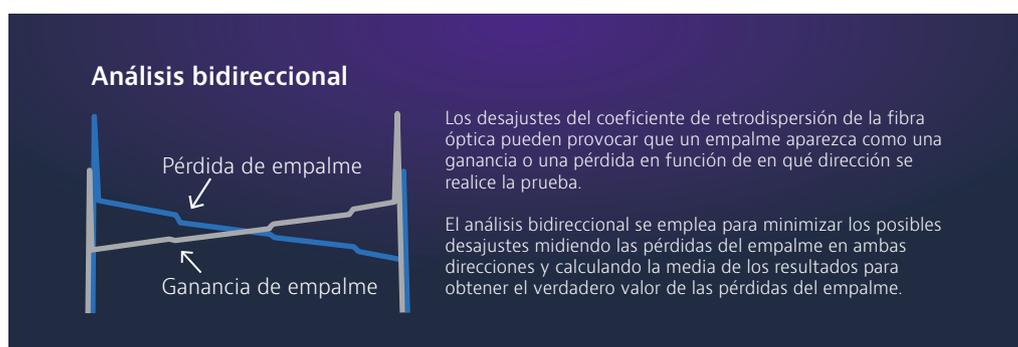


Figura 6a: OneAdvisor 800 con módulo OTDR

Para caracterizar de forma más precisa los enlaces de fibra óptica y cada evento, e intentar destapar otros eventos que hayan podido quedar ocultos debido al propio rendimiento de zonas muertas del OTDR al realizar las pruebas de manera unidireccional, los proveedores de fibra oscura o el propio propietario u operador de la fibra pueden llevar a cabo [pruebas bidireccionales](#). Estas permiten una medición más precisa de los eventos (pérdidas, reflejos, etc.), así como confirmar que son los mismos en ambas direcciones, ya que pueden darse eventos debido a las tolerancias, la mala correspondencia o los empalmes de la fibra, que pueden provocar pérdidas ópticas excesivas o distintas (o ganancias aparentes) si se observan desde direcciones diferentes.

Tenga en cuenta que, al realizar una instalación de fibra óptica, nunca puede estar seguro al 100 % de en qué dirección de servicio se empleará la fibra. Muchas aplicaciones son de fibra doble, con una fibra de transmisión y otra de recepción, pero también existen implementaciones de una sola fibra con distintas longitudes de onda para la transmisión y la recepción en la misma fibra y en direcciones opuestas.

El sistema [FiberComplete PRO™](#) de VIAVI es una solución automatizada e integral con un solo puerto de pruebas que mide la reflectometría óptica en el dominio de tiempo (OTDR), la pérdida por retorno óptico (ORL) y la pérdida por inserción (IL) de carácter bidireccional.



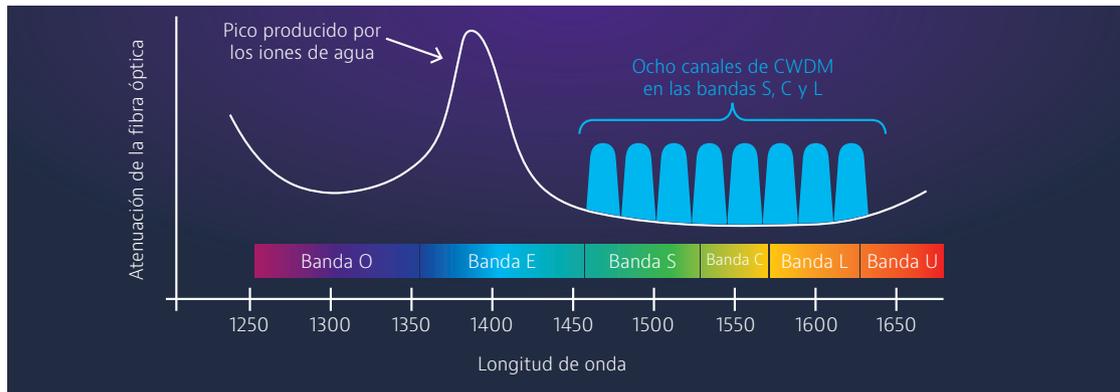
1249.900.0922

Figura 7: Aplicación FiberComplete

Multiplexación por división de longitud de onda (WDM)

La WDM permite a los proveedores de servicios aumentar la capacidad añadiendo nuevos equipos en cualquiera de los dos extremos de un hilo de fibra, y combinar varios canales y longitudes de onda en un solo hilo de fibra óptica. Los multiplexores se emplean para combinar longitudes de onda en una sola fibra, mientras que los demultiplexores se utilizan para separar las longitudes de onda en el otro extremo. Principalmente, se emplean cuatro tecnologías:

La multiplexación por división aproximada de longitud de onda (CWDM) proporciona hasta 18 canales (o longitudes de onda) en una sola fibra para permitir una mayor capacidad. Las redes CWDM normalmente son pasivas sin amplificadores activos para ahorrar en costos y complejidad y, debido a las separaciones más amplias entre los canales, se pueden emplear componentes más económicos (transceptores SPF de transmisión y recepción, multiplexores y demultiplexores, y filtros), lo que abarata una vez más la implementación. Tenga en cuenta que uno de los aspectos clave de las redes de acceso es el costo. Además, con solo 18 canales, la gestión y el mantenimiento resultan más sencillos (solo hay 18 variaciones de transceptor SFP que gestionar en la implementación y el mantenimiento). La CWDM pasiva se suele utilizar únicamente para distancias de hasta 80 km, aunque, en el caso de distancias entre 40 y 80 km, puede darse una reducción en el número de canales utilizables hasta solo los ocho superiores. Esto se debe a la atenuación de las longitudes de onda de la fibra por debajo de los 1470 nm, provocada por picos producidos por iones de agua. Las pérdidas por longitud de onda en todas las bandas de transmisión se conocen como el perfil de atenuación (AP) de la fibra. El AP varía en función de las fibras y los tipos de fibra, y determina en parte el número de canales utilizables que afectarán a la escalabilidad de la capacidad. El pico de atenuación producido por los iones de agua (LWPF) lleva disponible un tiempo, pero es recomendable realizar una comprobación, a menos que no tenga ninguna duda sobre la fibra de los conductos. Por último, para los enlaces pasivos, el presupuesto de potencia óptica de los transceptores, las pérdidas de los elementos pasivos, las pérdidas de los empalmes y los conectores, y el AP de la fibra (es decir, la pérdida óptica por longitud de onda por kilómetro) definirán la longitud máxima que puede tener el enlace.

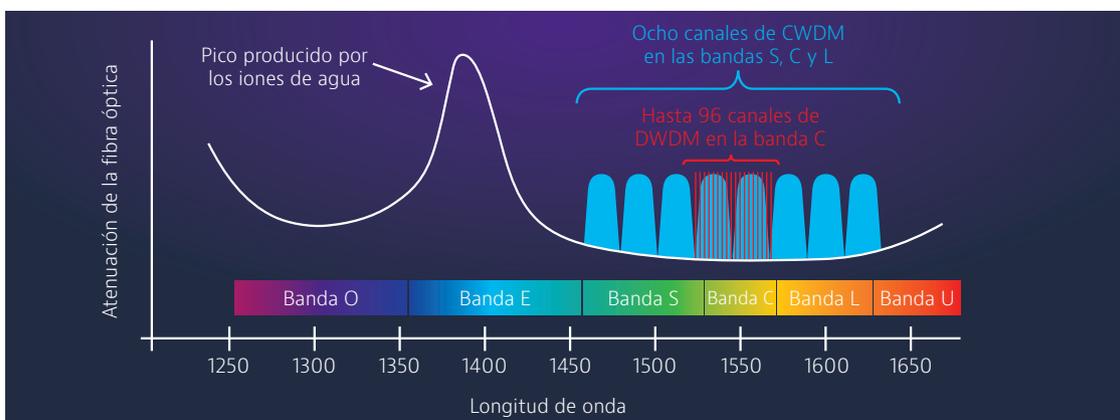


1252.900.0922

Figura 8: Canales de CWDM en las bandas S, C y L

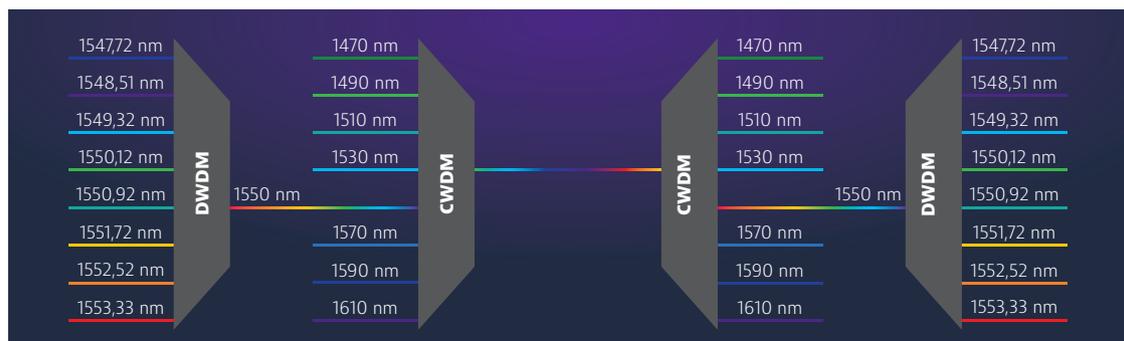
La **multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM)** proporciona hasta 96 canales por fibra en función de la separación que se utilice. La separación de 100 GHz continúa siendo la más común, pero los sistemas de DWDM actuales admiten 50 GHz (0,4 nm) e incluso es posible una separación de 25 GHz con hasta 160 canales. Para que lo comprendamos mejor, la WDM tiene una separación de 20 nm por canal. Las redes DWDM pueden ser pasivas o activas; qué enfoque se aplique dependerá principalmente de las distancias que entren en juego, los actuales requisitos de datos y las necesidades de capacidad en un futuro. En cuanto a la WDM pasiva, la distancia máxima para la DWDM pasiva dependerá de las limitaciones de potencia óptica del transceptor y de las pérdidas de la fibra por kilómetro para cada longitud de onda (su AP).

La **multiplexación híbrida entre la CWDM y la DWDM (xWDM)** ofrece la posibilidad de ampliar la capacidad de la infraestructura de CWDM empleando un canal de CWDM adecuado para dar cabida a varias longitudes de onda de DWDM. En este entorno híbrido, las longitudes de onda de DWDM emplean normalmente una separación de 100 GHz, lo cual responde a dos motivos: primero, para permitir pequeñas desviaciones en las longitudes de onda transmitidas, de modo que el filtrado no afecte a otros servicios, y segundo, para mantener al mínimo el costo de los transceptores, los filtros, y los multiplexores y demultiplexores a fin de utilizar componentes más económicos con tolerancias mayores.



1250.900.0922

Figura 9: Multiplexación híbrida entre la CWDM y la DWDM

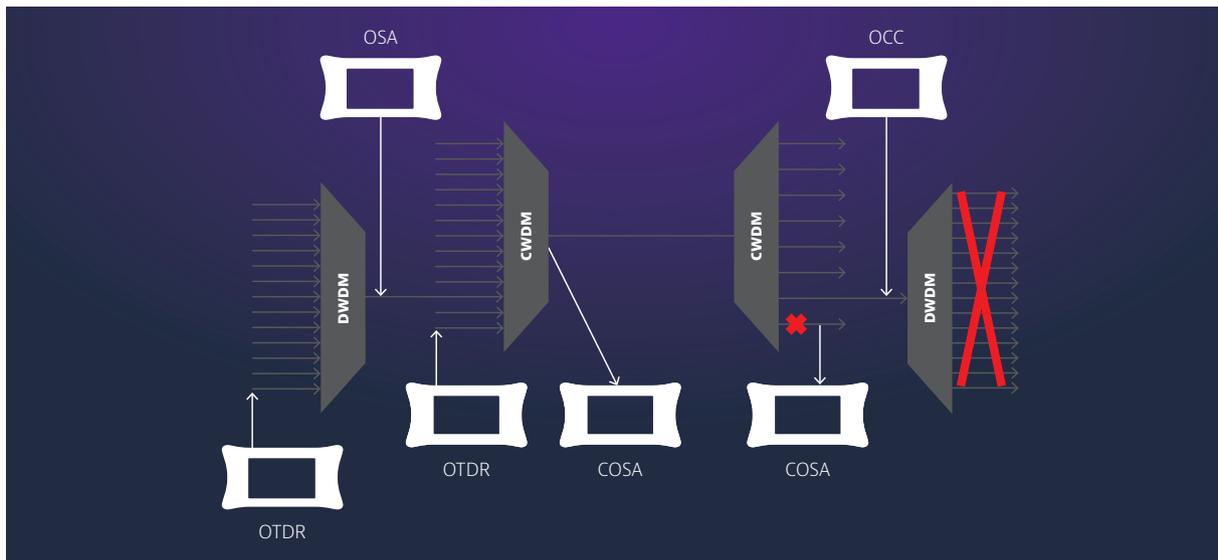


1251.900.0922

Figura 10: Ejemplo de ocho canales de DWDM (separación de 100 GHz) añadidos a una red CWDM de ocho canales existente

Pruebas de xWDM

Se espera que la mayor parte de la infraestructura de red de fibra óptica se actualice para sacar partido de las tecnologías de multiplexación superiores y ofrecer así una mayor capacidad. No obstante, las pruebas de las redes xWDM no es un asunto tan trivial, especialmente desde que los canales de DWDM se encuentran tan cerca. Los transmisores de DWDM requieren un control preciso de la temperatura para mantener la estabilidad de las longitudes de onda y funcionar correctamente, y los filtros de longitudes de onda deben llevar a cabo su labor de dejar pasar la longitud de onda adecuada y bloquear el resto. Esto significa que un problema con un canal podría crear problemas con los canales del otro lado, de modo que las pruebas y el mantenimiento de las redes de DWDM serían más complejos. Las redes DWDM se deben someter a pruebas de pérdidas, limpieza de conectores y calidad espectral. Es esencial realizar las siguientes pruebas en las redes xWDM.



1254.900.0922

Figura 12: Pruebas de xWDM

Comprobación de canales

Se puede utilizar un medidor de potencia de CWDM o DWDM (también conocido como comprobador de canal óptico u OCC) como los sistemas OCC-55 (CWDM) y OCC-56C (DWDM) para realizar comprobaciones básicas de los niveles de potencia y la presencia de las longitudes de onda a fin de certificar que el enrutamiento de las longitudes de onda es correcto.

Se puede emplear también un comprobador de canal óptico o analizador de espectro óptico de CWDM o DWDM de tamaño reducido, los módulos de la serie 4100 [COSA \(CWDM\)](#) y [OCC-4056C \(DWDM\)](#) para los procesadores centrales MTS-2000, MTS-4000, MTS-4000 V2 y MTS-5800 V2, para realizar las mismas comprobaciones de nivel de potencia y presencia de longitudes de onda. No obstante, con la función añadida de proporcionar información sobre los números de canal ITU-T, los técnicos pueden medir rápidamente la longitud de onda real para comprobar la derivación o el desplazamiento, e informar sobre la separación entre canales real (especialmente importante en el caso de la DWDM). Por otro lado, las bahías de transceptores SFP integradas duales permiten a los técnicos comprobar la longitud de onda y el canal de transceptores SFP de color y regulables, que también ofrecen la opción de convertirse en una fuente de luz regulable que se puede emplear para pruebas de pérdidas de inserción y enrutamiento de enlaces.



Figura 13: OCC-55

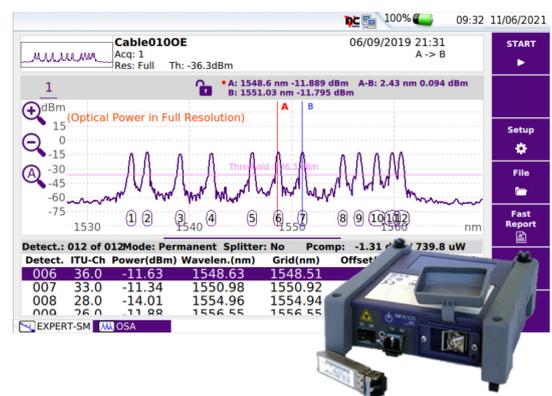


Figura 14: Módulo de comprobador de canal óptico DWDM OCC-4056C

Pruebas con OTDR de WDM

Se puede utilizar un OTDR de CWDM o DWDM, como los módulos OTDR de CWDM y DWDM de la serie 4100 de VIAVI para los procesadores centrales MTS-2000, MTS-4000, MTS-4000 V2 y MTS-5800 V2, a fin de validar la capacidad de las fibras de un núcleo de transportar todas las longitudes de onda de xWDM durante la certificación de la creación y antes de la conexión al multiplexor o demultiplexor de WDM. Se pueden emplear también después de la conexión del multiplexor o demultiplexor para validar el enrutamiento de la longitud de onda de extremo a extremo y las pérdidas de determinadas longitudes de onda, o para exponer y detectar cualquier curvatura, rotura, mala conexión o empalme en tareas de mantenimiento y solución de problemas. Los OTDR estándar que emplean longitudes de onda tradicionales de 1310/1550 nm para las pruebas no se pueden utilizar para este segundo nivel de pruebas debido al filtrado de longitudes de onda implementado en los dispositivos multiplexores y demultiplexores.

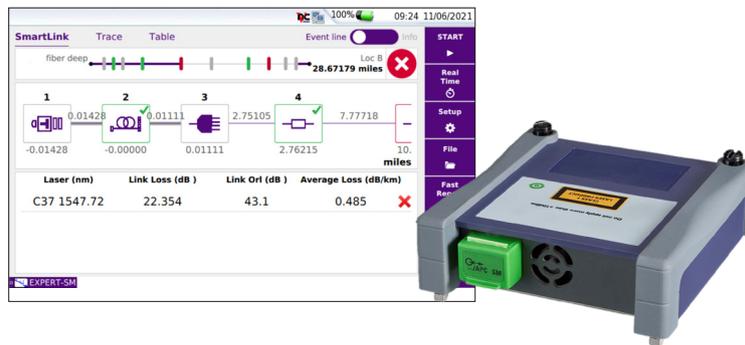


Figura 15: Módulo OTDR de DWDM

Pruebas con OTDR para redes PON (durante la creación, la instalación y la construcción de la fibra óptica)

Antes de realizar la conexión a los splitters, la certificación bidireccional de las fibras alimentadores a las fibras de distribución en términos de pérdida por inserción (IL) y por retorno óptico (ORL) y longitud es un requisito mínimo. Comprobar si hay conectores con pérdidas altas o empalmes mal realizados requiere realizar pruebas con un OTDR, mientras que comprobar si hay curvaturas exige realizar pruebas con un OTDR en diversas longitudes de onda. Los técnicos tienen que utilizar un mínimo de dos longitudes de onda para la detección de curvaturas, normalmente 1310 y 1550 nm, preferiblemente una tercera de 1625 o 1650 nm, ya que de esta manera se mejora la detección de curvaturas y proporciona al técnico un recurso que se puede emplear para la solución de problemas en servicio una vez que la red PON se ha activado; las pruebas con OTDR en la longitud de onda de 1490 nm no ofrece mejores resultados que las pruebas con la longitud de onda de 1550 nm ([consulte el documento técnico](#)). Además, al certificar las longitudes de onda más largas, como de 1625 nm o 1650 nm, se garantiza que se pueda utilizar en el futuro la red PON para servicios PON como NG-PON2, donde las longitudes de onda más largas de la banda L son mucho más susceptibles a las pérdidas inducidas por las curvaturas.

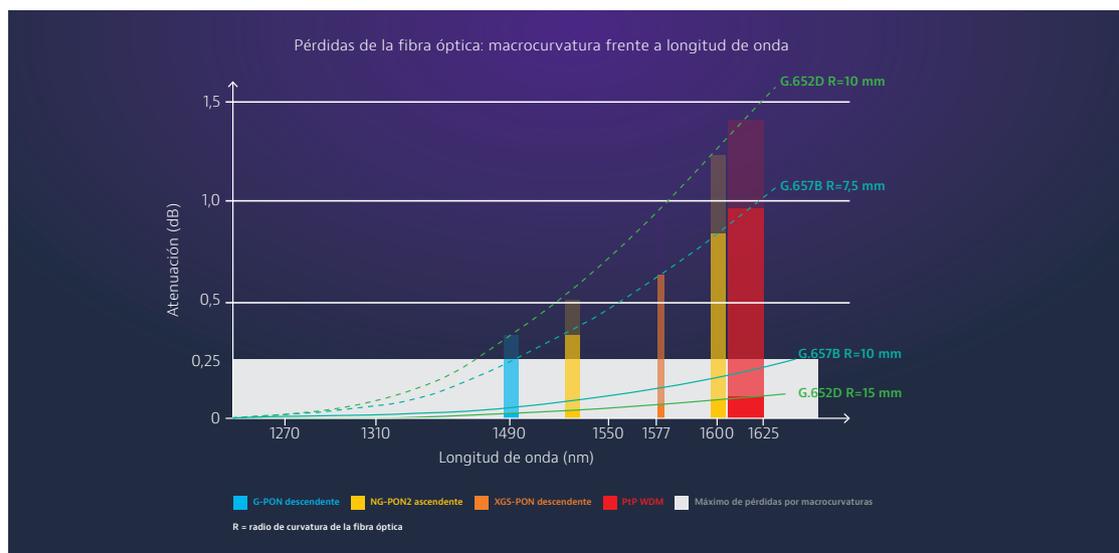


Figura 16: Pérdidas por curvaturas: longitud de onda frente a tipo de fibra óptica para el radio de curvatura mínimo

Para una mayor precisión en los resultados del OTDR, se recomienda encarecidamente llevar a cabo pruebas bidireccionales. Esto permite a los técnicos identificar posibles fallos que podrían quedar ocultos en zonas muertas del OTDR. Las pruebas bidireccionales servirán para certificar el rendimiento de la fibra óptica en ambas direcciones (recuerde que las fibras de las redes PON transportan luz en dos direcciones: ascendente y descendente). La automatización de las pruebas bidireccionales y del proceso de generación de informes, que presenta los resultados con un formato más fácil de leer (Smart Link Mapper), junto con pruebas de rendimiento a través de un solo puerto de pruebas, reducirá de forma significativa el tiempo de las pruebas, mejorará el flujo de trabajo y reducirá la complejidad (es decir, el riesgo de que se produzcan errores y sea necesario repetir las pruebas). La solución FiberComplete de VIAVI permite la automatización de la certificación de la reflectometría óptica en el dominio de tiempo (OTDR), la pérdida de retorno óptico (ORL) y la pérdida por inserción (IL) de carácter bidireccional de la fibra óptica.



Figura 17: FiberComplete para MTS-2000, MTS-4000 V2, MTS-5800 V2 y OneAdvisor 800

Después de conectar los splitters, es necesaria la certificación con OTDR para confirmar la creación final de la red PON. Los técnicos tienen que comprobar el total de pérdidas de extremo a extremo, incluidas las pérdidas de los splitters. Esto se lleva a cabo normalmente de forma unidireccional desde el lado del terminal de red óptica (ONT) o la unidad de red óptica (ONU) de la red hacia la oficina central o local mediante un OTDR, que emplea una técnica de adquisición de varios pulsos junto con una aplicación de pruebas específica para redes PON/FTTx a fin de someter a prueba los splitters (individuales o en cascada) y caracterizar todas las secciones de la red PON. Una sola unidad FiberComplete con la aplicación FTTH-SLM, o bien, un SmartOTDR con la aplicación FTTH-SLM tienen estas capacidades.



Figura 18: SmartOTDR

En la aplicación Smart Link Mapper (SLM), cada evento se muestra como un icono, de modo que se proporciona a los técnicos una vista esquemática de todo el enlace, lo que les sirve de ayuda para utilizar el OTDR de forma más efectiva, todo ello sin necesidad de comprender ni interpretar los resultados basados en las trazas del OTDR. La versión específica de SLM para redes FTTH/PON emplea nombres, etiquetas e iconos específicos y exclusivos de los entornos PON.

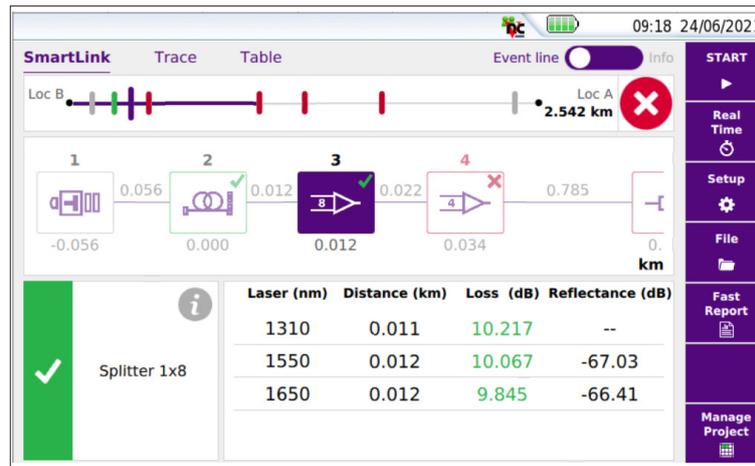


Figura 19: FTTH-SLM

Medición de la potencia óptica (durante la activación de la red)

Como parte de la activación de las redes PON, los técnicos deben certificar que los niveles de potencia óptica descendentes y ascendentes se encuentran dentro de los rangos esperados antes de proceder a la conexión final del ONT, la estación base o la radio. En el caso de la tecnología 5G, se prevé que se adopten las redes XGS-PON y, después, las redes NG-PON2, mientras que los organismos normalizadores ITU-T e IEEE se plantean estándares futuros, como las redes 25G-PON. En cuanto a las redes G-PON y XGS-PON o NG-PON2, el [medidor de potencia de redes PON OLP-87](#) puede realizar mediciones selectivas del nivel de potencia de las longitudes de onda. Además, admite por medio del funcionamiento de modos y el modo de ráfaga ascendente mediciones de los niveles de potencia ascendente y descendente. Asimismo, contribuye en la validación del dispositivo ONT/ONU al comprobar si el dispositivo está activo y responde al equipo de red PON (terminal de línea óptica u OLT).



Figura 20: Medidor de potencia de selectivo para redes PON OLP-87G y XGS-PON

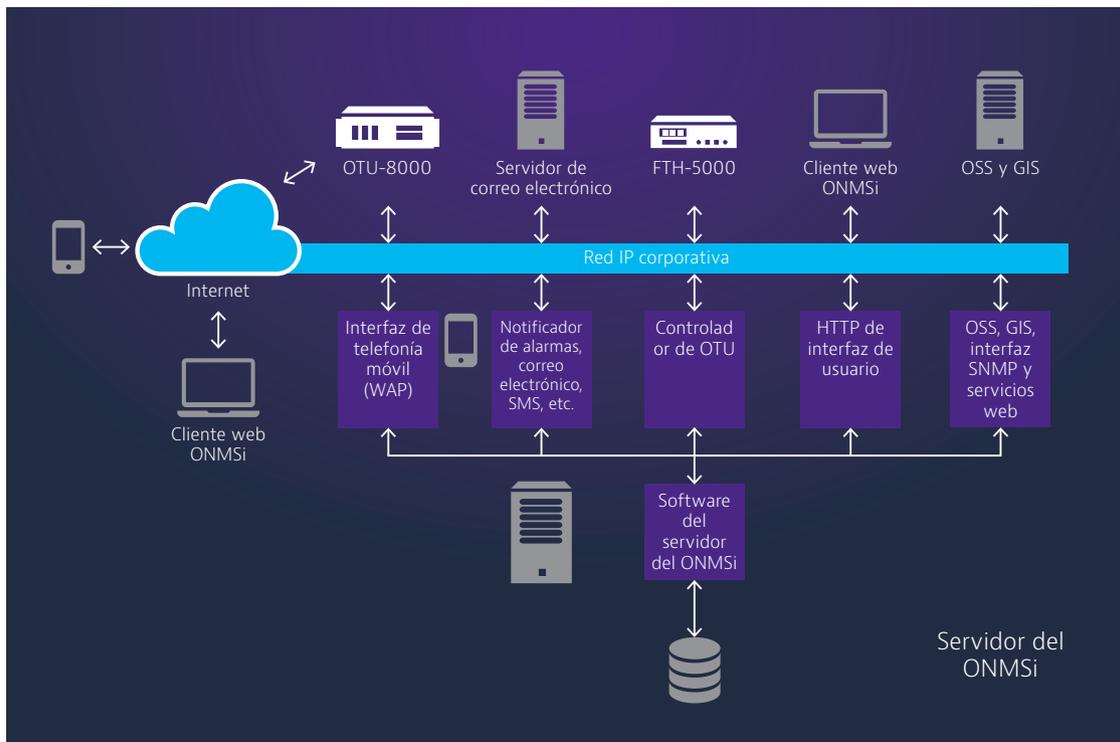
o NG-PON2 Medidor de energía PON selectivo

Monitorización de la fibra óptica

Como hemos analizado anteriormente, las redes PON y sus variantes se emplearán en la infraestructura de fibra óptica de la tecnología 5G. Además, a medida que se incremente la escala de las redes PON, también lo harán las necesidades de solución de problemas y mantenimiento. La automatización de las pruebas de la capa física de un sistema PON desde una ubicación centralizada, como una oficina de conmutación de telefonía móvil (MTSO), puede reducir los tiempos de puesta en marcha y el costo de mantenimiento, así como mejorar la calidad del servicio de la red. Como ya hemos explicado, un OTDR puede identificar la ubicación de los fallos de un enlace de fibra óptica y certificar el trabajo realizado en una instalación. El [sistema de monitorización de redes de fibra óptica](#) (ONMSi, del inglés Optical Network Monitoring System) de VIAVI puede realizar pruebas y certificar una red PON durante las fases de creación y construcción y, después, llevar a cabo una monitorización continua de varias redes PON durante la fase operativa de estas. El sistema ONMSi permite que un solo técnico realice las pruebas en la red durante la instalación. Después de la activación del servicio, el sistema detecta y localiza de forma precisa la degradación de la fibra óptica, y avisa a los operadores y los gestores con los detalles de los fallos.

Dado que cada vez se implementa más fibra óptica, los proveedores de servicios observan una tasa de fallos de activación del servicio del 25 al 30 % debido a la instalación inadecuada de redes de distribución óptica (splitters, conectores y empalmes con grandes pérdidas, macrocurvaturas, conexiones incorrectas de splitters y puertos, etc.). Por eso, las funciones de monitorización de fibra maximizan la capacidad de respuesta a los fallos inducidos por la fibra óptica y las interrupciones del servicio de la red resultantes.

El sistema ONMSi de VIAVI permite la monitorización, la detección y la localización ininterrumpidas de fallos basándose en la comparativa de las trazas de OTDR. Se generan notificaciones por SNMP, SMS o correo electrónico con archivos adjuntos de trazas de OTDR con geolocalización en programas de asignación de fibra óptica (OFM) o sistemas de información geográfica (GIS) externos para determinadas topologías FTTx. El sistema ONMSi contribuye a ampliar la implementación y el mantenimiento de las redes ópticas. Esta solución se puede proporcionar también como una solución puntual (SmartOTU) con todo el hardware y el software instalados en un mismo chasis.



1256.900.092

Figura 21: Arquitectura de solución ONMSi



Figura 22: Panel y vista esquemática de enlaces

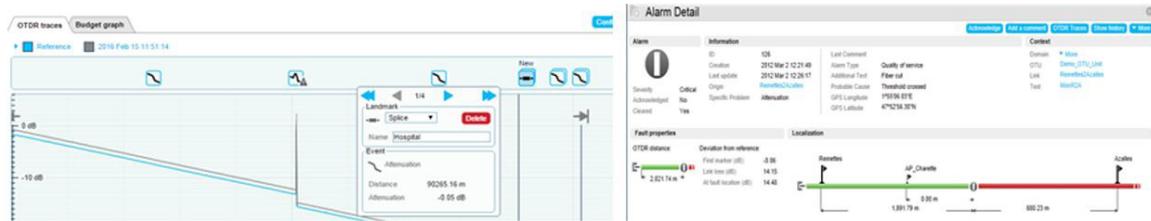
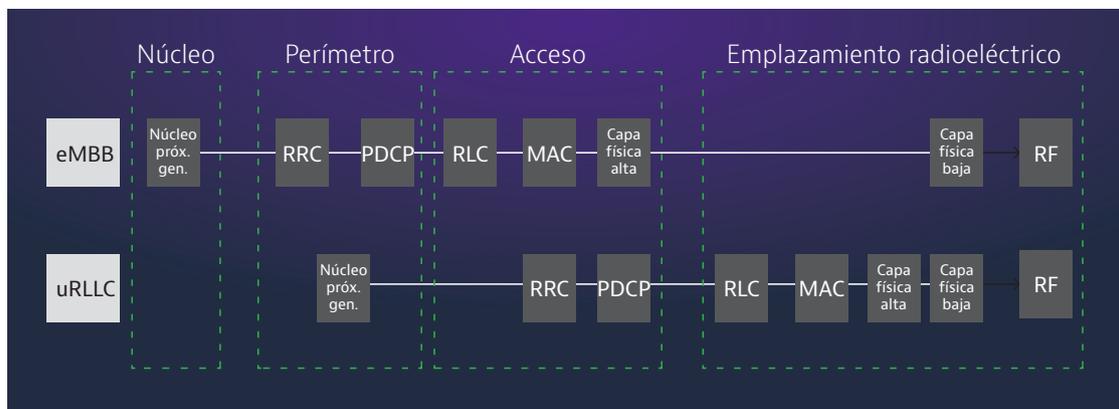


Figura 23: Vista de trazas detallada de OTDR y vista de SLM

Red de transporte fronthaul

Actualmente, la interfaz de radio pública común (CPRI) ofrece un protocolo de transporte específico diseñado concretamente para transportar formas de onda de radio entre la RRU y la BBU. Las tramas de la CPRI se amplían con el incremento del ancho de banda del canal de radio y el número de elementos de la antena. La CPRI no resulta muy eficaz en la multiplexación estadística y no es capaz de adaptarse a las exigencias de la tecnología 5G. Ethernet como medio de transporte resulta muy atractivo, ya que ofrece compatibilidad con las versiones anteriores de la CPRI y otras tecnologías nuevas de paquetes como la interfaz eCPRI y las redes ORAN. No obstante, la sincronización puede ser complicada. Para superar este desafío, se pueden utilizar tecnologías como el GPS, el protocolo de tiempo de precisión (PTP), el Ethernet síncrono o similares. Los organismos normalizadores trabajan para que nuevos requisitos aborden este problema para los distintos tipos de tráfico de la tecnología 5G. Utilizar Ethernet para el transporte tiene todo el sentido, ya que admite las tecnologías anteriores, con lo que permite equipos básicos, una mayor convergencia de las redes de acceso y una multiplexación estadística que contribuye a reducir los requisitos de velocidad de datos total. El uso de la conmutación y el enrutamiento de redes IP/Ethernet estándar también harán que la virtualización funcional y la organización general de la red resulten sencillas.

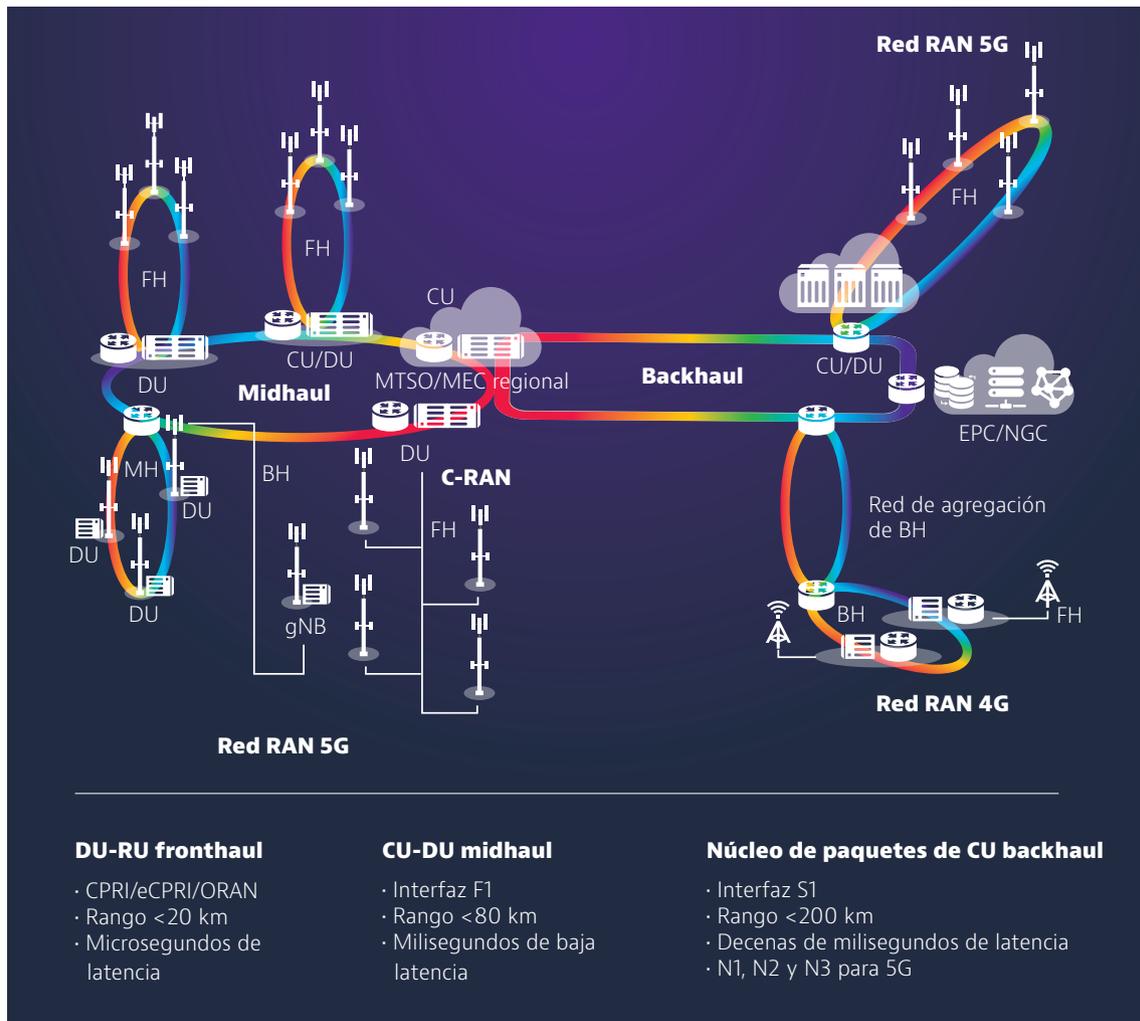
La segmentación de redes y la virtualización de funciones de red (NFV) permiten a los operadores ofrecer distintas categorías de servicios con una amplia diversidad de requisitos de servicio en una red física común compartida. Además, permite distintas divisiones para establecer las funciones digitales y de radio en ubicaciones geográficas diferentes.



1257.900.0922

Figura 24: Segmentación de redes para aplicaciones de eMBB y uRLLC

En la Figura 24 se ilustra un ejemplo de implementación de una red física para una eMBB y una aplicación de latencia ultrabaja al mismo tiempo. Mientras que el primero exige el uso de una arquitectura de división doble (opciones 2 y 7) entre el núcleo 5G (NGC) y la antena, el segundo requiere que se ubiquen las funciones del núcleo más cerca del perímetro para cumplir los exigentes requisitos de latencia. Esta arquitectura flexible exigirá una red fronthaul también flexible y capaz de admitir varios tipos de tráfico con requisitos de latencia y funciones de protocolo distintos que se pueda desplazar cerca o lejos de la radio en función de los requisitos de ancho de banda y las limitaciones de latencia. La topología de la red donde residen las funciones de CU y DU variará en función del proveedor de servicios y las aplicaciones que ofrezca.



1258.900.0922

Figura 25: Evolución del X-haul

Prueba de sincronización

Como hemos visto antes, la temporización y la sincronización desempeñan un papel vital en el rendimiento de una red inalámbrica.

En la tecnología 5G, estos requisitos se han mejorado aún más debido a las exigencias de fase y temporización en las redes en base a las técnicas de radio coordinadas y a la duplexación por división en el tiempo (TDD). Las redes móviles anteriores exigían principalmente la sincronización de las frecuencias para alinear las señales, pero solo la sincronización de las frecuencias no será suficiente con la tecnología 5G.

Los requisitos de sincronización derivan de varios organismos, incluido el proyecto 3GPP (del inglés 3rd Generation Partnership Project, proyecto de asociación de tercera generación). Las especificaciones técnicas 36.104/38.104 del proyecto 3GPP son dos documentos clave en los que se detallan los requisitos de transmisión y recepción por radio de las estaciones base. En concreto, la sección 6.5 (calidad de la señal de transmisión) enumera varios requisitos que son esenciales para el diseño de la red de sincronización, incluido el error de alineación temporal (TAE). El TAE se define como la máxima diferencia de tiempo entre dos señales cualesquiera que pertenezcan a grupos de antenas o transmisores distintos. Los requisitos se categorizan en función del caso práctico inalámbrico (Tabla 1). A estos casos prácticos se les asignan categorías únicas de A+ a A, B y C. Los casos prácticos de la parte inferior de la tabla se están desarrollando actualmente y aún no tienen una categoría asignada.

Función del proyecto 3GPP	Redes RAN	
	LTE	NR
Transmisión de diversidad TX o tecnología MIMO	Categoría A+	Categoría A+
Agregación de portadoras contiguas intrabanda	Categoría A	Tipo de estación base 1: Categoría B Tipo de estación base 2: Categoría A
Agregación de portadoras no contiguas intrabanda	Categoría B	Categoría C
Agregación de portadoras intrabanda	Categoría B	Categoría C
TDD	Categoría C	Categoría C
Conectividad dual	Categoría C	Categoría C
COMP	No se ha especificado en el proyecto 3GPP	No está listo en el proyecto 3GPP
Enlace ascendente suplementario	No aplicable para LTE	No está listo en el proyecto 3GPP
Uso compartido del espectro en banda	No está listo en el proyecto 3GPP	No está listo en el proyecto 3GPP
Posicionamiento	No se ha especificado en el proyecto 3GPP	No está listo en el proyecto 3GPP
MBSFN	No se ha especificado en el proyecto 3GPP	No está listo en el proyecto 3GPP

Tabla 1: Categorías de precisión de temporización (requisitos de transporte de eCPRI)

La categoría A+ exige los requisitos de sincronización más rigurosos (Tabla 2); los requisitos de la categoría C están en línea con las redes backhaul LTE actuales. Los requisitos se identifican en términos de error de tiempo (TE) relativo o absoluto. El TE relativo especifica el error de tiempo entre dos RU (o eRE) cualesquiera. El TE absoluto es el error de tiempo en cuanto a un reloj de tiempo de referencia primario (PRTC). En la mayoría de los casos, los requisitos de TE absoluto se suman a los del TE relativo correspondiente (categorías A+, A y B).

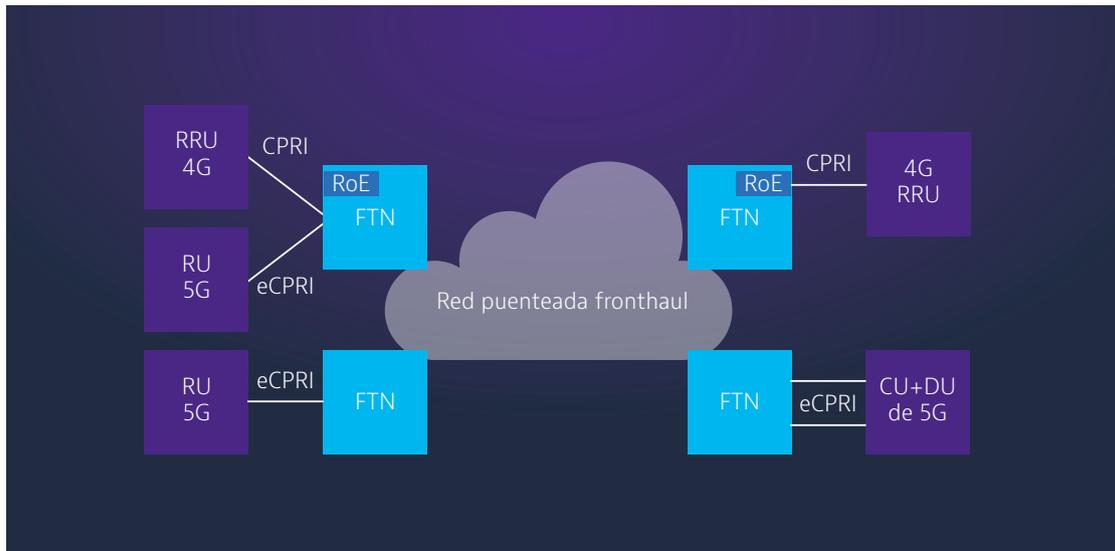
Categoría	Error de tiempo
A+ (relativo)	20-32 ns
A (relativo)	60-70 ns
B (relativo)	100-200 ns
C (absoluto)	1100 ns

Tabla 2: Requisitos de error de tiempo

Prueba de red FTN

Se introduce un nodo de red de transporte fronthaul (FTN) para gestionar el anillo de acceso Ethernet que puede proporcionar una eCPRI 5G y una CPRI heredada compatible con la red fronthaul convergente como se muestra en la Figura 26.

Esto soluciona algunas dificultades topológicas, pero es importante asegurarse de que las redes FTN no creen retardos excesivos y que se ajusten a las limitaciones de retardo y sincronización de la red de acceso. En la tabla siguiente, se explican algunos de los requisitos de transporte de la eCPRI.



1259.900.0922

Figura 26: Arquitectura de las redes FTN

Esto soluciona algunas dificultades topológicas, pero es importante asegurarse de que las redes FTN no creen retardos excesivos y que se ajusten a las limitaciones de retardo y sincronización de la red de acceso. En la tabla siguiente, se explican algunos de los requisitos de transporte de la eCPRI.

Nombre	Uso de ejemplo	Retardo de paquetes máximo unidireccional	Relación de pérdida de paquetes unidireccional
Alto	Plano de usuario	100 μ s	10^{-7}
Medio	Plano de usuario (lento) y plano de control y gestión (rápido)	1 ms	10^{-7}
Bajo	Plano de control y gestión	100 ms	10^{-6}

Tabla 3: Requisitos de división E y divisiones I_D , II_D e I_U

El comprobador [MTS-5800 \(100G\)](#) de VIAVI puede realizar pruebas de eCPRI y ayudar a medir la capacidad, el retardo y las fluctuaciones entre paquetes. Los ingenieros pueden configurar tipos de mensajes de eCPRI de conformidad con las especificaciones de dicha interfaz, medir el ancho de banda para cada tipo de mensaje y medir el retardo de ida y vuelta (RTD) con una precisión por debajo de los 5 ns. Al realizar las pruebas en redes FTN, los ingenieros pueden validar los requisitos de retardo y sincronización de la red FTN, y garantizar que se encuentre dentro de las especificaciones de la red diseñada.

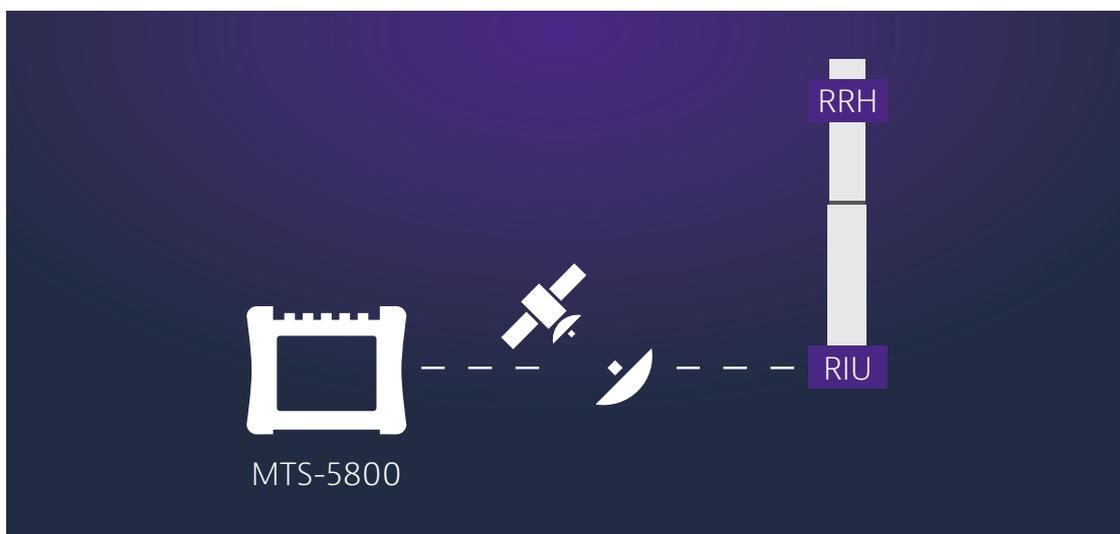
El dispositivo MTS de VIAVI puede realizar las pruebas siguientes en las redes fronthaul 5G:

- Generación y análisis de señales de eCPRI (10/25GE)
- Generación/filtrado de subcabeceras eCPRI
- Medición de retardo unidireccional
- Pruebas de control y gestión, SNMP, UDP y TCP
- Pruebas de PTP/SyncE/GPS de sincronización
 - Emulación de esclavo/maestro PTP
 - Medición de error de tiempo, fluctuaciones, PDV y MTIE/TDEV
 - Intensidades de señal GPS y registros
- Pruebas de administración y mantenimiento de operaciones (OAM) Ethernet (bucle invertido, LoC y traza)

Prueba de GPS (prueba de cobertura de señal/satélite GPS)

Es importante comprobar la estabilidad y la idoneidad de la señal GPS en la ubicación de la antena GPS en el momento de la instalación, así como de forma periódica después de la instalación, ya que las condiciones en el entorno de las instalaciones podrían haber cambiado. El dispositivo MTS-5800 de VIAVI comprueba las señales GPS con un receptor GPS integrado y proporciona los siguientes resultados:

- Número de satélites visibles
- Intensidades de la señal
- Línea de visión del espectrograma de mapa CNO hasta los satélites a medida que se desplazan por la órbita con el tiempo



1261.900.0922

Figura 27: Pruebas de GPS con MTS-5800 de VIAVI

Prueba de PTP (prueba de errores de sincronización PTP)

Como hemos visto antes, el servicio inalámbrico depende de una sincronización confiable. Para que el protocolo PTP funcione de forma confiable, el esclavo PTP (RIU) debe ser capaz de conectarse a su gran maestro PTP asignado y cumplir los límites de la red de perfiles de frecuencia PTP como el porcentaje de paquetes base. Además, los perfiles de hora y fase de PTP tienen que ajustarse a los límites de red de error de tiempo. Con el dispositivo MTS de VIAVI, que funciona como esclavo PTP, un ingeniero puede comprobar la conectividad al gran maestro PTP y verificar si el error de sincronización está dentro de los requisitos con una guía paso a paso.



1260.90C

Figura 28: Comprobación de PTP con MTS-5800 de VIAVI

Prueba de Ethernet

Consiste en validar el rendimiento de la red backhaul desde el núcleo a la unidad central virtual (vCU) para garantizar la correcta configuración y el transporte de alta calidad de los planos de datos y de control. Las metodologías de pruebas Y.1564 y RFC 2544 validan la configuración de extremo a extremo tanto en el nivel de Ethernet como de IP, y garantizan que se cumplan los objetivos clave de rendimiento, como el tamaño de ráfaga concertado (CBS), la tasa de información confirmada (CIR), la latencia, la fluctuación entre paquetes y la pérdida de tramas. Los operadores de red pueden seleccionar las metodologías RFC 2544 o Y.1564 para someter a pruebas un solo servicio, o la metodología Y.1564 para comprobar varias clases de servicios.

Las pruebas se pueden llevar a cabo en una topología de pruebas de un solo extremo o de dos extremos. Esta última requiere dos unidades de pruebas, pero puede asegurar la caracterización adecuada de la red en ambos sentidos, además de detectar posibles asimetrías entre los dos sentidos. Se puede medir también el retardo unidireccional para identificar asimetrías causadas por los equipos de la red, los componentes o las longitudes de la fibra. El dispositivo MTS-5800-100G de VIAVI proporciona las siguientes pruebas de dos puertos hasta 100G:

- Pruebas de capacidad/unidireccional y latencia de bucle invertido/pérdida de trama/fluctuaciones
- Pruebas RFC2544
- Pruebas Y.1564

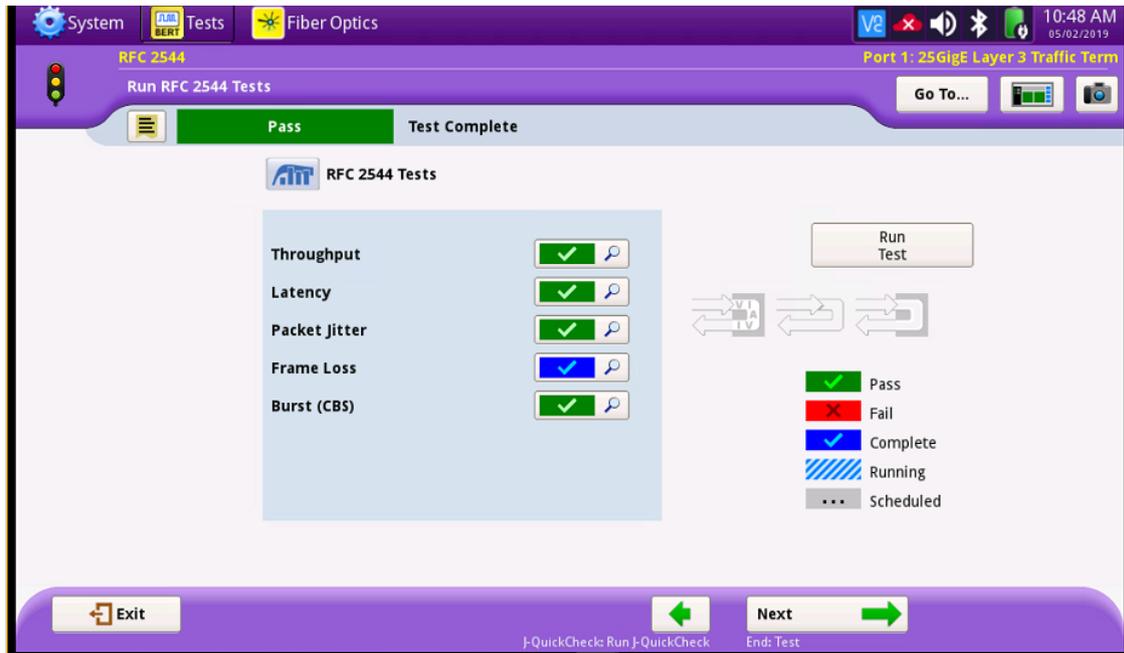


Figura 29: Pruebas RFC 2544 fáciles de hacer con el dispositivo MTS-5800

Pruebas de rendimiento de red (prueba de red de transporte óptico u OTN)

Los estándares de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)-T definen las siguientes pruebas para las redes OTN:

- Tasa de errores de bit de carga
- Retardo de ida y vuelta/latencia
- Transparencia del canal general de comunicación (GCC)
- Interrupción del servicio

FAS			MFAS	SM	GCC0	RES	OPUk OH
RES	PM y TCM	TCM ACT	TCM6	TCM5	TCM4	FTFL	
TCM3	TCM2		TCM1	PM	EXP		
GCC1	GCC2	APS/PCC		RES			

Figura 30: Cabecera de red OTN

El dispositivo MTS-5800 de VIAVI proporciona una aplicación de comprobación de redes OTN que comprueba todos los parámetros anteriores, además de garantizar que el ingeniero no tenga que ser un experto en la tecnología OTN.

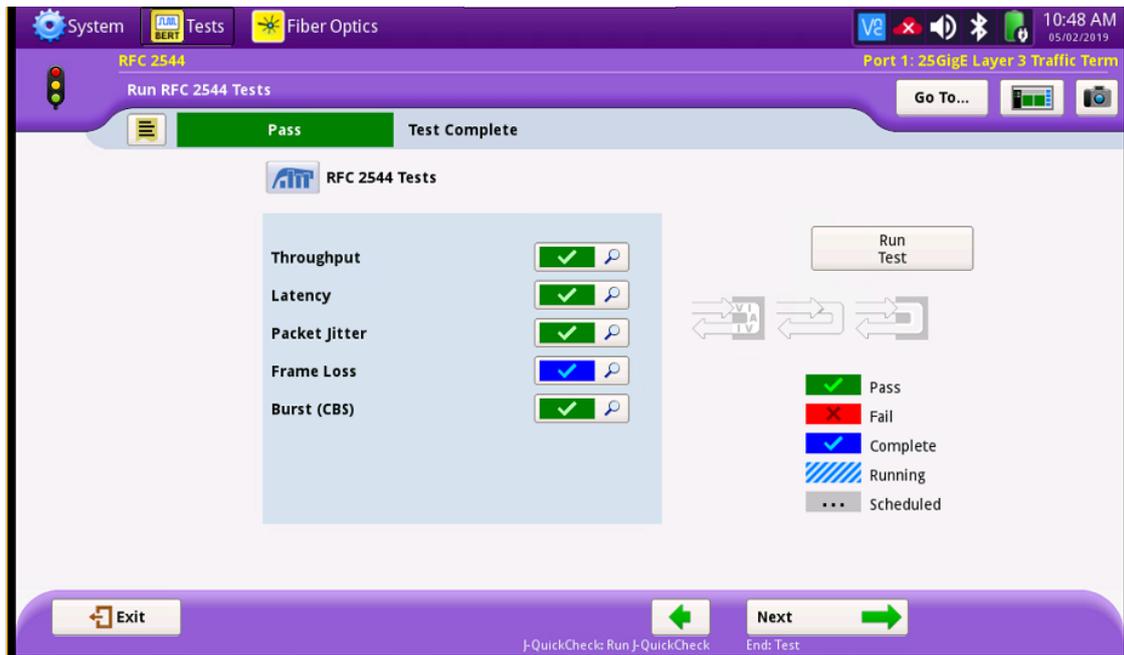
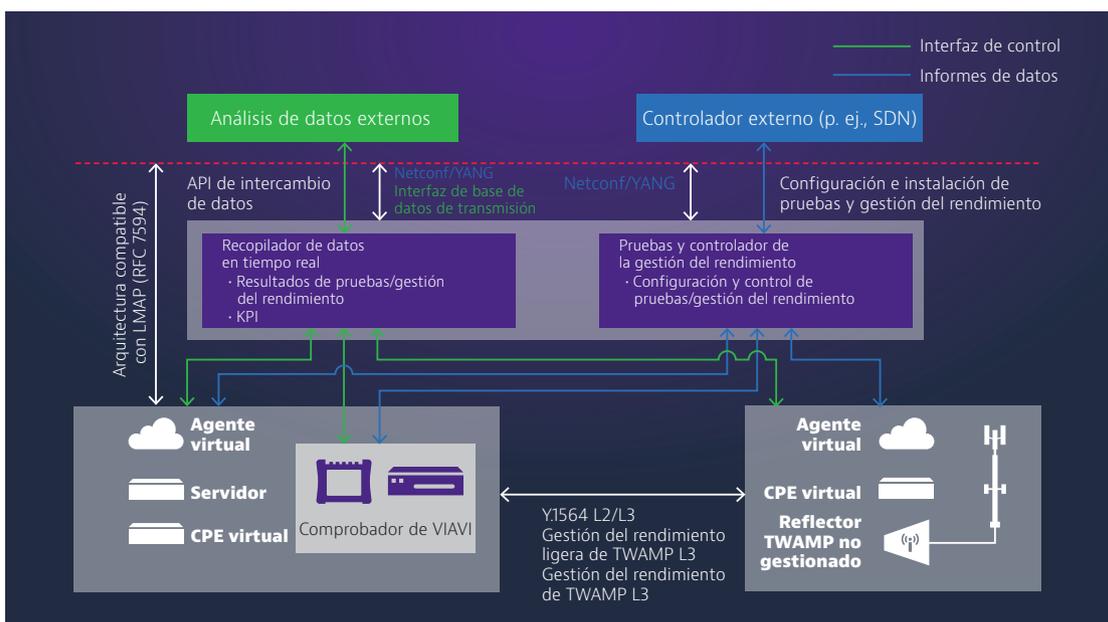


Figura 31: Aplicación OTN Check del dispositivo MTS-5800

Prueba de rendimiento de red virtual

Con la virtualización de funciones de red (NFV), la red está dejando atrás una infraestructura de red de propiedad centrada en el hardware en favor de un modelo de software abierto basado en estándares que está revolucionando la forma en que las redes se diseñarán, implementarán y operarán.

VIAVI [Fusion](#) combina agentes basados en software con metodologías de recopilación de datos basadas en estándares (RFC 7594) para permitir a los operadores sacar partido de las plataformas informáticas de dominio público que ya están implementando (para funciones de red virtual).



1262.900.0922

Figura 32: Arquitectura de Fusion

Con la solución virtual Fusion, los operadores pueden añadir sondas de pruebas virtuales y monitorización del rendimiento a sus redes cuando y donde sea necesario. Al mismo tiempo, pueden sacar partido a los equipos de pruebas físicas y las sondas de pruebas de hardware de VIAVI para realizar pruebas de alto rendimiento.

Las sondas virtuales que se ejecutan en servidores x86 o en plataformas informáticas constituyen la base de la solución al proporcionar funciones de pruebas para las capas 2-4 de la red. Con las metodologías Y:1564 y RFC 6349, Fusion mide el rendimiento y la capacidad de la red, y evalúa la calidad general de la misma. Fusion también es capaz de monitorizar un servicio activo con el protocolo de medición activa bidireccional (TWAMP por sus siglas en inglés).

Prueba de red de radio



1262.900.05

Figura 33: Evolución de la red RAN 5G

La tecnología 5G NR es la nueva interfaz aérea que se implementará en diversas fases y versiones del proyecto 3GPP. Como ya hemos comentado, los casos prácticos de la tecnología 5G, como los de eMBB, URLLC y mMTC, solo se pueden llevar a cabo con esta nueva interfaz aérea, que tiene las siguientes características clave:

1. Compatibilidad con un ancho de banda de gran envergadura para proporcionar una capacidad de gigabits (frecuencias más altas como la onda milimétrica proporcionan un ancho de banda de transmisión muy amplio, de 100 s de MHz)
2. Funcionamiento conjunto en la banda inferior y superior (la propagación de complementos limita el uso de las bandas superiores en términos de capacidad, al tiempo que se amplía la cobertura 5G empleando bandas inferiores)
3. Tecnología MIMO masiva para aumentar la cobertura especialmente en bandas de frecuencias más altas mediante el uso de conformación de haces.
4. Diseño ultraajustado para minimizar la transmisión siempre activa para que la red y los dispositivos sean más eficaces.
5. Numerología flexible con separación entre subportadoras entre 15 KHz y 240 KHz que seguirá un cambio proporcional en la duración del prefijo cíclico.
6. Trasmisión de pequeños intervalos para permitir una latencia baja y evitar una transmisión basada en intervalos continua a otro dispositivo, lo que permite una transmisión inmediata de los datos con una latencia muy baja.
7. TDD dinámica, donde (partes de) un intervalo se pueden asignar dinámicamente a un enlace ascendente o un enlace descendente como parte de la decisión del programador para mejorar la latencia.

Donde las mejoras de radio de la tecnología 5G ofrezcan una red táctil flexible, también dificultades significativas para que los proveedores de servicios gestionen una amplia diversidad de tecnologías complejas como la onda milimétrica, la tecnología MIMO masiva, la conformación de haces y la conectividad dual junto con varias aplicaciones con diversas demandas de rendimiento. Todos estaremos de acuerdo en que la envergadura de la red será mucho mayor. Desde el punto de vista del proveedor de servicios, será esencial poder ampliar los recursos en esta red de redes en constante evolución. Los métodos tradicionales de activación del servicio y mantenimiento de la red no se podrán ampliar. Validar todas estas tecnologías con las soluciones adecuadas durante las etapas de instalación y aceptación será la clave para una implementación exitosa y eficaz de la red.

Prueba de caracterización y conformidad de radiofrecuencia

Las pruebas de caracterización y conformidad de radiofrecuencia son la clave para implementar con éxito las redes 5G. Garantizar que las radios 5G NR funcionen de conformidad con las recomendaciones del proyecto 3GPP ayudará a eliminar las interferencias de radiofrecuencia y los problemas de rendimiento de la radio. Al validar la potencia del canal, el ancho de banda ocupado, la tasa de fuga del canal adyacente y la máscara de emisión espuria mediante el dispositivo [OneAdvisor 800](#) de VIAVI, los técnicos pueden validar rápidamente el rendimiento de la radio.

Las soluciones de pruebas de campo inalámbricas OneAdvisor 800 de VIAVI son instrumentos portátiles y modulares que permiten a los técnicos de estaciones base y los ingenieros de radiofrecuencia someter a pruebas la fibra óptica, la radiofrecuencia y la interfaz CPRI/Ethernet, todo ello con un único instrumento que sustituye a diversas herramientas independientes (el reflectómetro óptico en el dominio de tiempo, el analizador de cable y antena, y el microscopio de fibra óptica) y reduce significativamente el costo total de propiedad.

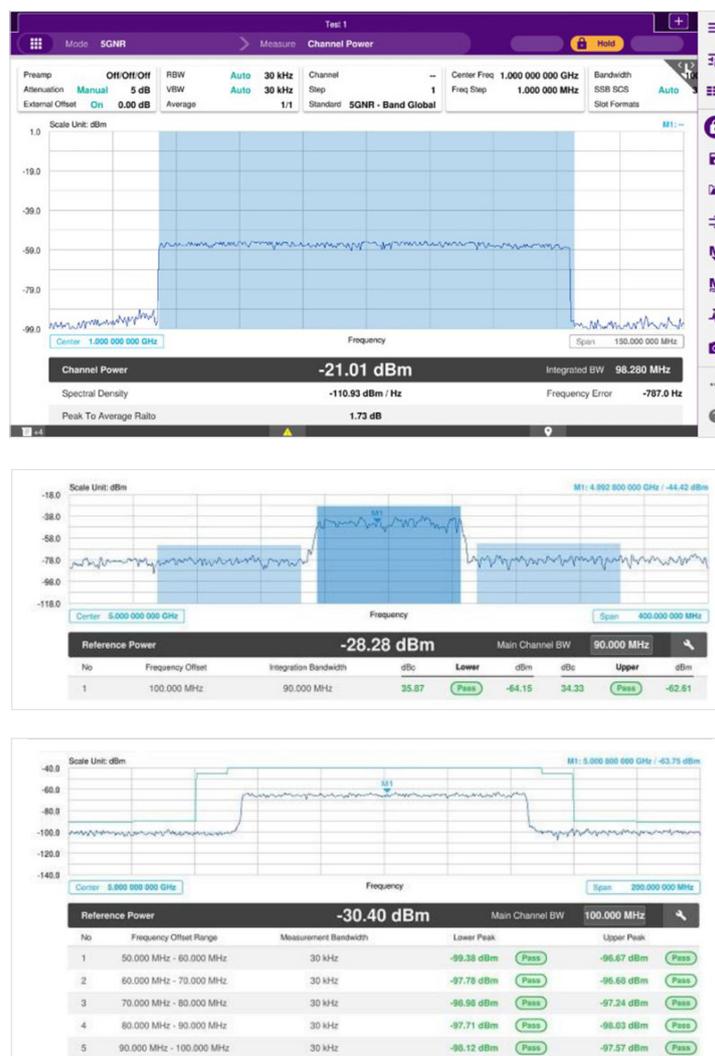


Figura 34: Pruebas de conformidad de la tecnología 5G

Análisis de haces 5G

La tecnología MIMO masiva y la conformación de haces de antenas son las tecnologías clave que hacen posible la red 5G, lo que cambiará de una cobertura estática centrada en haces a una cobertura dinámica basada en usuarios para las redes de acceso por radio 5G. La conformación de haces (beamforming) es la capacidad de generar y dar forma a diversos haces mediante un conjunto de antenas de tamaño mucho mayor manipulando la fase y la amplitud de los conjuntos, de modo que se dirija la energía al área de servicio específica del usuario.

Con frecuencias más altas, como la onda milimétrica, resulta más fácil integrar un conjunto más grande de antenas en un factor de forma relativamente más pequeño. La utilización de la onda milimétrica es esencial para la tecnología MIMO masiva y la conformación de haces, pero plantea obstáculos adicionales, ya que estas frecuencias son mucho más susceptibles a la pérdida de propagación por las condiciones ambientales y la pérdida de penetración a través de los materiales del edificio. Validar el rendimiento por radio (OTA) es extremadamente importante para garantizar que los dispositivos de los usuarios finales puedan realizar el seguimiento y la conmutación de los haces en este complicado entorno de radiofrecuencia.

La validación del rendimiento de los haces supone un desafío para los operadores que necesitan realizar una planificación y una optimización de la radio centrada en los haces, así como solucionar problemas rápidamente e identificar la causa raíz de una tecnología MIMO masiva y un rendimiento de la conformación de haces deficientes. El dispositivo [OneAdvisor 800](#) permite a los ingenieros validar fácilmente el rendimiento de los haces y garantizar que se está sacando partido de la tecnología MIMO masiva y la conformación de haces.

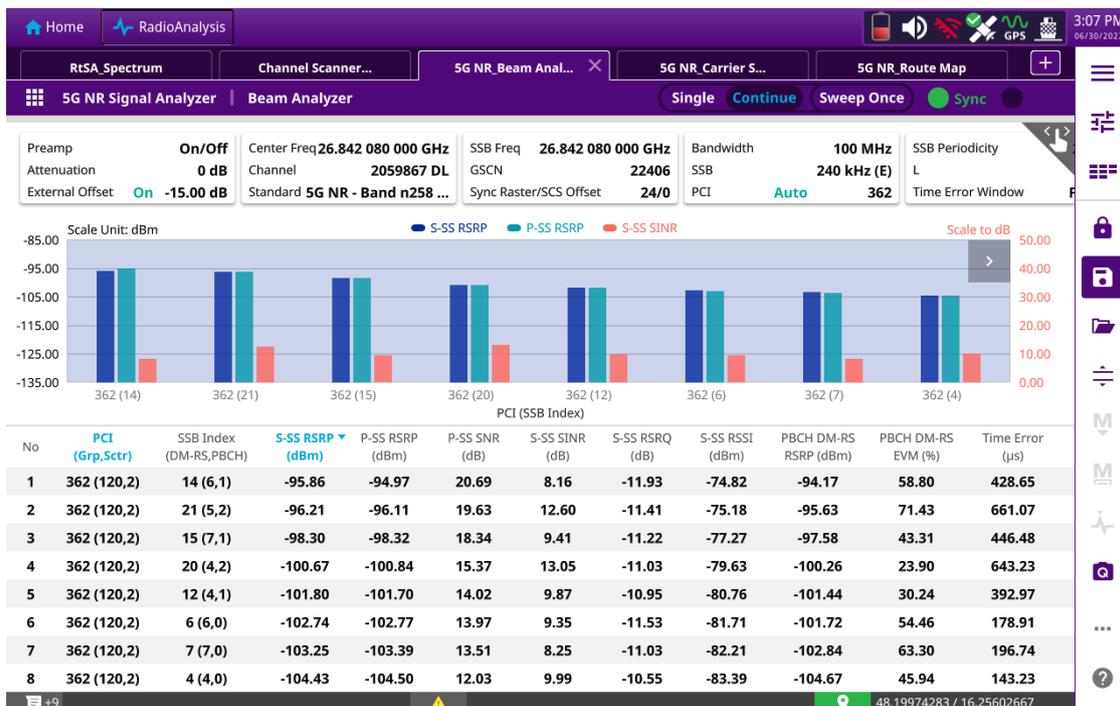


Figura 35: Analizador de haces 5G (con los ocho haces más fuertes)

Agregación de portadoras 5G (ocho)

El concepto de agregación de portadoras (CA) se introdujo en la versión 10 del estándar LTE y hace referencia al ancho de banda adicional obtenido de varias portadoras. Se aumenta el ancho de banda y, por lo tanto, la velocidad de transferencia de datos del sistema. La tecnología 5G NR admite la agregación de hasta 16 portadoras componentes (CC). La agregación de portadoras de LTE y 5G NR también es posible, y se conoce como conectividad dual. La CA es compatible con las CC tanto contiguas como no contiguas, y las portadoras pueden utilizar distintas numerologías (es decir, SCS, intervalos, etc.).

Al emplear el dispositivo OneAdvisor 800, los técnicos de estaciones base y los ingenieros de radiofrecuencia pueden validar deficiencias de espectro en la onda milimétrica para ocho portadoras agregadas, de modo que cada una se puede establecer en cualquier tamaño de ancho de banda, de 5 MHz a 100 MHz, además de ayudar en la validación del rendimiento de la potencia de la radio en todas las portadoras.

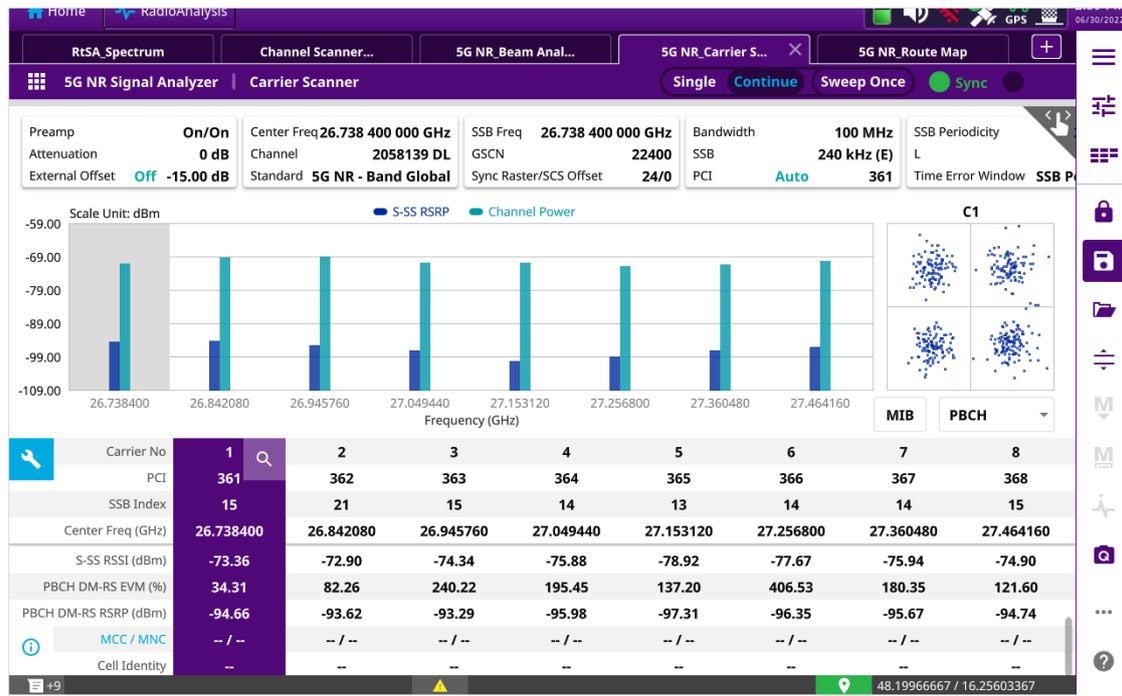


Figura 36: Escáner de portadoras 5G (ocho portadoras componentes)

Validación de espectro en tiempo real persistente

La capa física de la tecnología 5G New Radio (NR) sigue utilizando la multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM). No obstante, entre las opciones de duplexación que se admiten en NR, se incluyen la duplexación por división de frecuencia (FDD) y la duplexación por división en el tiempo (TDD), donde tanto el enlace descendente (DL) como el enlace ascendente (UL) utilizan la misma frecuencia, pero se asignan en intervalos de tiempo distintos para la transmisión y la recepción.

En estas circunstancias, identificar una señal de interferencia es extremadamente difícil con los analizadores de espectro convencionales. Para superar este desafío, se utiliza una función de barrido controlado que solo mide las señales durante el período de transmisión del enlace ascendente.

Con un analizador de espectro en tiempo real (RTSA) también se puede superar este desafío, ya que puede detectar el nivel de señal y la frecuencia de la aparición de señales interferentes que cambian rápidamente y se solapan con la señal de la tecnología 5G NR. Un analizador de espectro en tiempo real puede capturar señales rápidas y transitorias también de forma más rápida. Los analizadores de espectro tradicionales realizan un muestreo de los datos y el procesamiento de transformada rápida de Fourier (FFT) en serie, y llevan a cabo un barrido del espectro capturando pequeñas partes del mismo a la vez y construyendo una imagen completa con el tiempo. Como resultado de este proceso en serie, un analizador de espectro tradicional no visualiza otras regiones del espectro durante el tiempo de barrido. Si se produce un evento (una señal que produzca interferencias) en una parte del espectro mientras se examina otra parte distinta del espectro, el evento pasará inadvertido. Por otro lado, un analizador de espectro en tiempo real puede realizar el muestreo de los datos y el procesamiento de FFT en paralelo y, en teoría, capturar cada señal intermitente sin que falte ninguna señal del rango completo del espectro.

Un analizador de espectro en tiempo real puede procesar de miles a cientos de miles de datos de espectro por segundo, pero la velocidad de actualización de pantalla que se puede percibir con la vista es de unas 30 imágenes por segundo. Para solucionar esto, el RTSA utiliza un método de visualización denominado imagen de espectro de persistencia, que muestra cientos o miles de datos de espectro en una pantalla, pero con un color distinto basándose en la cantidad de tiempo o persistencia que está presente la señal en los niveles de frecuencia y potencia.

La imagen de persistencia puede distinguir el tráfico del enlace ascendente con todas las irregularidades y señales de interferencia con una repetibilidad relativamente alta, con lo que se detectan las señales de interferencia.

El espectro de persistencia en tiempo real del dispositivo [OneAdvisor 800](#) tiene un ancho de banda instantáneo de 100 MHz. Al acumular más de 15 000 trazas en una pantalla con un índice de color que representa la duración y la tasa de renovación de cada señal, se proporcionan las condiciones óptimas para identificar la firma de las fuentes de interferencias intermitentes.

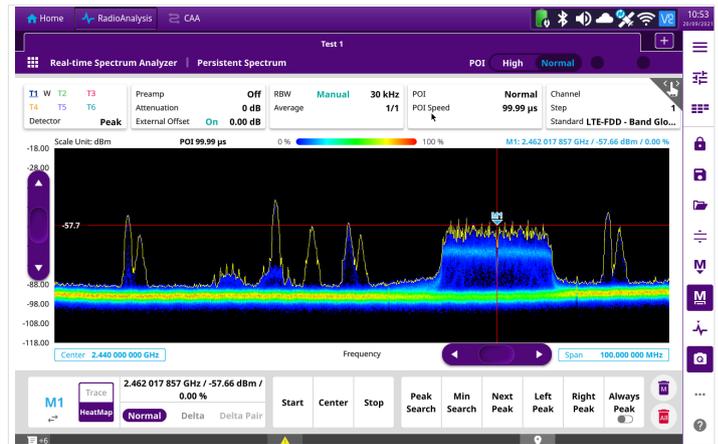


Figura 37: Imagen de persistencia donde se muestran las señales de interferencia en la banda de 2,4 GHz.

Análisis de cobertura 5G

La función de mapa de ruta del dispositivo [OneAdvisor 800](#) proporciona un mapa de cobertura de radiofrecuencia básico que representa la disponibilidad del servicio desarrollado a partir de una prueba de campo o recorrido. Se realiza un seguimiento de la ubicación a través de un receptor GPS integral y se capturan mediciones de mapa de riesgo mediante una antena omnidireccional y la función del analizador de señal 5G de OneAdvisor 800. Además de los resultados continuamente actualizados que se muestran, el dispositivo OneAdvisor 800 también captura un archivo de registro que se puede exportar a herramientas de análisis de cobertura sin conexión.

El mapa de ruta 5G lo utilizan técnicos de campo para verificar y medir lo siguiente:

- **Cobertura de la celda:** señala el identificador de celda física de cada punto de datos.
- **Disponibilidad de haces:** atribuye el punto de incidencia del haz de cada punto de datos.
- **Propagación de haces:** proporciona la potencia del haz medido y la relación de señal-ruido (SNR) del haz en cada punto de datos.

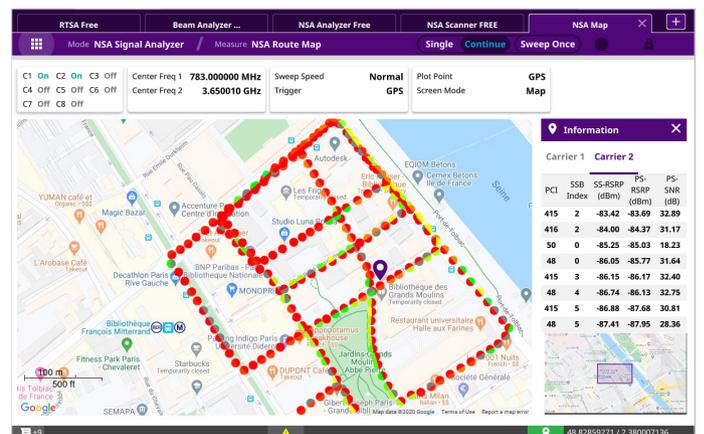


Figura 38: Análisis de mapa de cobertura de CellAdvisor 5G

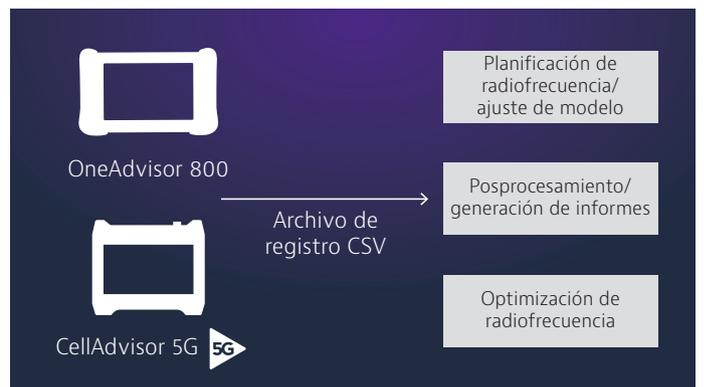


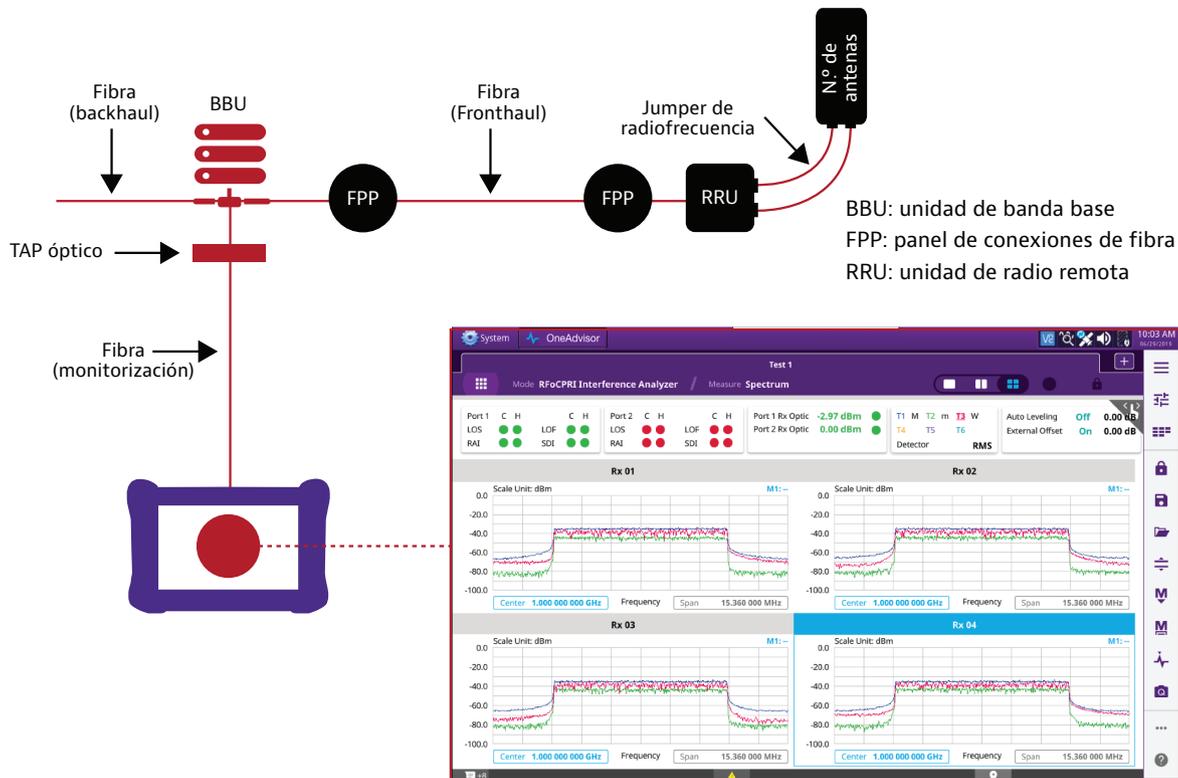
Figura 39: Análisis de mapa de cobertura de CellAdvisor 5G

1264.900.092

Pruebas de radiofrecuencia sobre CPRI

Las estaciones base modernas tienen una arquitectura distribuida donde la radio cuenta con dos elementos principales. La unidad de banda base (BBU) realiza funciones de radio en un dominio de estación base digital y reside en la base de la estación o incluso lejos de ella. El cabezal de radio remoto (RRH) o unidad de radio remota (RRU) realiza funciones de radiofrecuencia (RF) en un dominio analógico y reside junto a las antenas en la parte superior de la torre de la estación base, o se integra completamente en modernas antenas activas inteligentes.

Estos dos elementos, la BBU y la RRU, se comunican a través de una interfaz normalizada como la interfaz de radio pública común (CPRI). Las arquitecturas distribuidas de estaciones base ofrecen la ventaja de poder sustituir prácticamente los alimentadores coaxiales por alimentadores de fibra, lo que reduce significativamente los problemas de pérdida de señal, reflexiones e intermodulación.

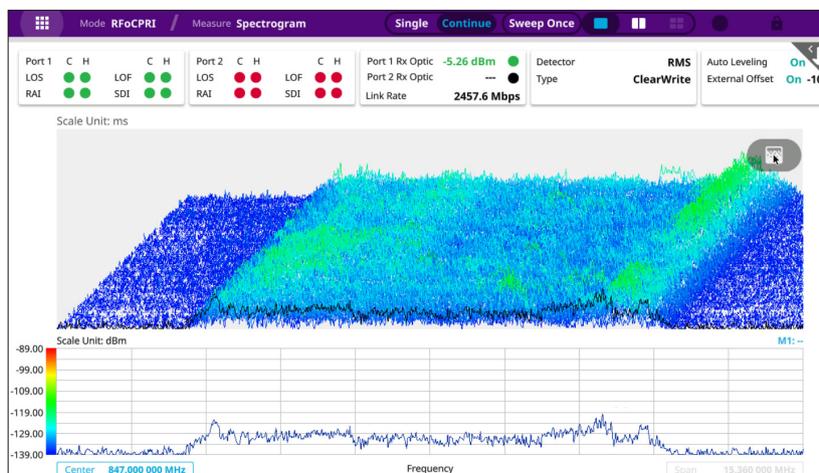


1068.900.0122

La tecnología de pruebas de RFoCPRI verifica las señales de control de CPRI y extrae los datos de radiofrecuencia (IQ) transmitidos entre la BBU y el RRH, lo que permite la monitorización del espectro de enlace ascendente (dispositivos móviles) y el análisis de interferencias de fuentes externas e internas, incluida la detección de PIM.

Una vez que el equipo de pruebas se conecta al RRH de la estación base a través del enlace de CPRI, la antena de la estación se convierte en la antena de la herramienta de pruebas, lo que permite un análisis exhaustivo del entorno de radiofrecuencia como lo ven los elementos de recepción y transmisión de la estación base.

Esta es una metodología ideal para identificar fuentes de interferencia en el enlace ascendente que de otro modo se pueden omitir fácilmente.



Hay otras ventajas clave que los procedimientos de pruebas de radiofrecuencia sobre CPRI ofrecen a los ingenieros de radiofrecuencia a cargo de la solución de problemas y la optimización de la red:

- No son intrusivos y se pueden realizar incluso en estaciones de tráfico activo.
- Se evitan las subidas a la torre de la estación base y se incrementa la seguridad.
- Un solo equipo de pruebas puede admitir todas las velocidades de CPRI existentes hasta la velocidad 8 (10,1 Gbps).
- Se reducen significativamente los tiempos de mantenimiento y los gastos operativos.
- Se simplifica la detección de PIM en cualquier radio basada en CPRI de cualquier banda de frecuencias con un solo equipo de pruebas.

Detección de PIM con análisis de RFoCPRI

Los métodos de aislamiento de intermodulación pasiva (PIM) tradicionales exigen la desconexión de su línea de suministro y el establecimiento de un generador de tono específico para realizar el análisis de PIM a través de la banda de frecuencias operativa de la radio. No obstante, los generadores de tono específicos (que también se conocen genéricamente como analizadores de PIM) plantean diversas desventajas, como su tamaño y su coste, así como la limitación de depender de la frecuencia.

Por otro lado, los equipos de pruebas como OneAdvisor 800 o MTS-5800 de VIAVI pueden realizar una detección de PIM eficaz desde cero a través de los procedimientos de pruebas de RFoCPRI, y realizar análisis de radiofrecuencia del enlace ascendente mientras la estación base está en servicio. Si se desea, la potencia del RRH se puede aumentar para activar más PIM. Tenga en cuenta que esta PIM "real", vista en tiempo real, a menudo es el resultado de muchas más fuentes de las que ningún generador de tono de PIM de uno o dos puertos puede simular.

La detección de PIM de RFoCPRI compara las señales de enlace ascendente de radiofrecuencia en tiempo real de un sistema MIMO, y proporciona la caracterización adicional de la fuente de PIM. El mismo equipo de pruebas permite también inspeccionar por delante y detrás de la antena afectada por si hay fuentes de PIM externas, y sacudir, golpear con la palma de la mano, apretar o cubrir posibles fuentes de PIM, y ver el efecto instantáneo en la firma de PIM en la pantalla del instrumento.

Las ventajas clave de este procedimiento de pruebas son que un solo equipo de pruebas admite cualquier banda de frecuencias, reduce la necesidad de subir a las torres, solapa trazas de espectro para sistemas MIMO de 2 x 2 y 4 x 4, y permite una generación de informes de cierre bastante simple y sencilla.



Detección de presencia de PIM en el dispositivo OneAdvisor 800 de VIAVI



Dispositivo OneAdvisor 800 de VIAVI sin PIM

Alineación de antenas

3Z RF Vision

3Z RF Vision es una innovadora herramienta de alineación de antenas que sirve de ayuda a los usuarios para alinear de forma precisa las antenas de panel y punto a punto de microondas. Una vez que se ha realizado la alineación, la herramienta ofrece funciones únicas de generación de informes que permiten a los usuarios recuperar y compartir informes de línea de visión, incluso antes de abandonar la ubicación donde se esté llevando a cabo el trabajo.



¿Por qué es importante la alineación de las antenas?

La alineación de las antenas tiene una gran importancia en la instalación de una red inalámbrica. Las empresas gastan millones de dólares para planificar y diseñar redes inalámbricas y de microondas. Cuando se planifican los objetivos de cobertura, es de vital importancia que la alineación de las antenas se implemente de forma precisa durante la instalación. De lo contrario, se producirán discontinuidades en la cobertura, se degradará el rendimiento de la red y se perderán ingresos.

Asimismo, es igualmente importante que los instaladores cuenten con una herramienta profesional de alineación de antenas eficaz y confiable como 3Z RF Vision de VIAVI. De esta manera, tendrá la confianza de que se lleve a cabo el trabajo de conformidad con las especificaciones de diseño de radiofrecuencia.

Ventajas

- Alinee con precisión antenas direccionales (antenas de panel, de microondas y cilíndricas 5G).
- Genere sondeos de línea de visión confiables y automatizados.
- Corresponda la alineación de las antenas con el diseño de radiofrecuencia.
- Maximice la calidad de voz y el tráfico de datos.
- Mejore los indicadores clave de rendimiento y la capacidad de uso del tráfico de datos.
- Reduzca la pérdida de clientes y los costes operativos.

Características principales

- Cámara integrada.
- Alineación de objetivos en el blanco con realidad aumentada.
- Tecnología de doble frecuencia.
- Pantalla táctil de 5 pulgadas resistente a impactos.
- Aplicación móvil para compartir informes de línea de visión.
- Diseño robusto resistente a la intemperie.

Compatible con la tecnología 5G

La tecnología 5G se implementará en su mayor parte en un formato de celda pequeña con frecuencias de onda milimétrica (mmW) de banda alta. Las antenas de onda milimétrica de alta ganancia producirán haces similares a lápices que requieren transmisiones LOS (Line-of-Sight, línea de visión) o NLOS (Near-Line-of-Sight, sin línea de visión) para conseguir transferencias de datos de alta velocidad.

Para maximizar el uso de frecuencias mmW de banda alta y el rendimiento de las antenas de conformación de haces de la tecnología MIMO masiva, es esencial realizar una alineación precisa de las antenas y un estudio de la línea de visión (LOS) durante la instalación. La herramienta de alineación de antenas 3Z RF Vision puede ayudarle en el mantenimiento de las redes 5G.

Estudio de la línea de visión con cada alineación

El dispositivo 3Z RF Vision de VIAVI no solo alinea la antena, sino que también proporciona una guía visual para indicar adónde apunta. La imagen de la línea de visión le proporciona un mayor nivel de claridad y simplifica el proceso de alineación. El mundo en el que están inmersas las antenas cambia constantemente y el dispositivo 3Z RF Vision de VIAVI le permite capturar estos cambios. La construcción de edificios nuevos, las hileras de árboles en fase de crecimiento y otros elementos pueden obstaculizar sus objetivos de cobertura y derivar en quejas por parte de los clientes. Solo 3Z RF Vision de VIAVI le permite ver estos obstáculos y proporciona a los ingenieros la capacidad de optimizar la orientación de las antenas.



Tecnología GNSS de doble frecuencia

La tecnología GNSS de doble frecuencia permite que 3Z RF Vision mida los satélites dos veces, con un total de 174 señales de satélites (tres veces más que los productos de la competencia). De esta manera, se consiguen lecturas más precisas y más rápidas, incluso en entornos urbanos de alta densidad y torres concurridas.

Fácil de usar

Con un visor con pantalla táctil y cámara integrado, la realidad aumentada del dispositivo 3Z RF Vision de VIAVI muestra el objetivo en el blanco de la pantalla táctil LCD de 5 pulgadas. Ahora, el técnico de la torre puede alinear perfectamente la antena con solo mover el punto de mira para alinear el blanco en un solo paso. La pantalla táctil responde al tacto de la mayoría de los guantes de trabajo, por lo que puede mantener las manos abrigadas y protegidas del frío.

Generador de informes seguro

No requiere posprocesamiento. 3Z RF Vision crea un informe completo en formato PDF o CSV de cada sitio sometido a alineación. Puede recuperar informes fácilmente a través del puerto micro-USB integrado, y enviarlos con nuestra aplicación móvil o desde la base de datos basada en la nube de StrataSync. El informe incluye las coordenadas de destino y los datos finales de la alineación, así como identificadores de sector del sitio, geocodificación, geolocalización, indicación de fecha y hora, y una validación fotográfica de la línea de visión.

3Z RF Vision, ahora integrado completamente en VIAVI StrataSync, un sistema de gestión de flujos de trabajo, datos y activos basado en la nube, ofrece una mayor eficiencia operativa al simplificar el ciclo de asignaciones de trabajo y pagos. Los flujos de trabajo de extremo a extremo permiten a los responsables definir y asignar los trabajos nuevos desde la oficina y, a continuación, enviarlos desde la nube hasta el sistema RF Visions de los técnicos a través de la aplicación Mobile Tech de VIAVI, así como monitorizar los resultados de todos los instrumentos de VIAVI desde una sola interfaz:

Se adapta a la mayoría de las antenas



Celdas pequeñas



Panel



Microondas

Alineación de antenas y monitorización

La tecnología loA de VIAVI, el IoT de las antenas, es un sensor de antenas para el IoT que monitoriza la alineación en tres dimensiones: azimut, pendiente y giro. El dispositivo loA emplea NB-IoT y LTE CAT-M1 para avisar a los usuarios de cambios no deseados en las antenas monitorizadas.

Monitorización en tiempo real de la alineación de las antenas

La tecnología loA ofrece una monitorización en tiempo real de la alineación de las antenas en todos los sistemas de antenas de redes inalámbricas. Los datos captados con la tecnología de monitorización patentada de loA se distribuyen a través de la nube, lo que permite a los operadores visualizar de forma remota el historial de todos los cambios físicos en la alineación de las antenas.

Características del producto loA de VIAVI

- Apto para NB-IoT/LTE CAT-M1
- Firmware actualizable a través de la interfaz de radio
- Pantalla de papel electrónico para el estado y las alertas
- Más de cinco años de vida útil de la batería¹
- Clasificación de protección IP67
- Compatible con alarmas
- Adhesivo resistente a la intemperie
- Sin mantenimiento
- Almacenamiento de datos en la nube



Del terreno a su escritorio

Cada antena se puede identificar de forma individualizada en una torre o en toda la red. Con la tecnología loA, los operadores pueden establecer umbrales en cuanto a los cambios de azimut, pendiente y giro. Cuando se superan estos umbrales, se genera una alarma y se notifica al operador de inmediato. En caso de emergencia, se pueden crear fácilmente listas de prioridad con los datos de alineación disponibles, lo que permite una recuperación más rápida ante un desastre.



Fácil de configurar

La instalación del dispositivo loA es un proceso rápido en cuyo diseño se ha tenido en cuenta al técnico. Solo tiene que insertar una tarjeta SIM compatible con el IoT y acoplar el dispositivo loA a la parte posterior de la antena para comenzar a enviar datos de alineación de la antena a la nube. Utilice el software para establecer umbrales de alineación.

Fácil de gestionar

Gestionar un número elevado de sensores de loA también es una tarea muy sencilla gracias a la solución de gestión de loA basada en la nube, que permite organizar todos los sensores de su red por diferentes regiones, clústeres y estaciones con ajustes fáciles de configurar para cada sensor. El gestor de loA proporcionará el estado actual de cada dispositivo, incluidas la información de los sensores y las mediciones basadas en la ubicación, además de un historial de todas las métricas recopiladas para un análisis sencillo y la exportación de los datos si es necesario.

Gestión de activos y mano de obra

Las actualizaciones de las redes las gestionan los proveedores de red o los fabricantes de equipos de red (NEM) (o los contratistas que les prestan servicios). Se emplean métodos de procedimiento (MOP) acordados para garantizar que todos los aspectos de la actualización de la red sigan un proceso estándar, mediante instrumentos aprobados con las versiones de software adecuadas y entregando informes con un formato estandarizado. No obstante, no todos los técnicos son iguales, y con el pico actual de actualizaciones de red y carga de trabajo, la renovación de técnicos resulta significativa. Estos desafíos se suman a la complejidad del proceso de actualización general de la red. El tiempo de comercialización puede verse afectado si no se siguen los procedimientos de pruebas adecuados y los resultados de las pruebas no se proporcionan correctamente o a su debido tiempo. VIAVI ha colaborado con proveedores de servicios para ayudarles a superar estas dificultades y minimizar el caos en las actualizaciones y las tareas de gestión de la red. Gestionar a distribuidores, empleados y subcontratistas como un solo equipo por medio de procedimientos sistemáticos e informes de pruebas es crucial para brindar flexibilidad a la mano de obra y ofrecer una incorporación sencilla durante una actualización.

VIAVI [StrataSync™](#) es una solución de software compatible con la nube que ayuda a los proveedores de servicios a equipar a sus recursos humanos y sus activos de equipos de pruebas para afrontar los desafíos de las pruebas de red de una forma eficaz. Ofrece una gestión de los recursos, gestión de la configuración y gestión de los datos de las pruebas de los instrumentos de VIAVI, así como un registro de los activos de los instrumentos que no pertenecen a VIAVI. StrataSync proporciona a los proveedores de servicios visibilidad en tiempo real de sus activos y datos de pruebas con nuevos niveles de control y monitorización del cumplimiento normativo, lo que redundará en la eficacia de las pruebas y el mantenimiento de la red.

Las siguientes funciones clave de StrataSync optimizan la totalidad del proceso de pruebas y ayudan a los proveedores de servicios y los fabricantes de equipos de red a agilizar su flujo de trabajo:

1. Definición y asignación de trabajos: sincroniza las asignaciones de trabajos con los instrumentos para evitar traspasos manuales, registros de incidencias perdidos y visitas mal preparadas.
2. Implementación de procedimientos de pruebas: los métodos de procedimiento se transfieren directamente al instrumento para que a los técnicos les resulte más fácil seguir el proceso de pruebas y realizar las pruebas adecuadas.
3. Elaboración de informes en tiempo real con almacenamiento de datos de las pruebas: recopila y coteja automáticamente los informes de pruebas y los KPI para poder aceptar la red y solucionar los problemas con mayor rapidez.
4. Gestión de los activos de las pruebas: evita inventarios de correo electrónico, la pérdida de herramientas de pruebas y la compra en exceso de herramientas.

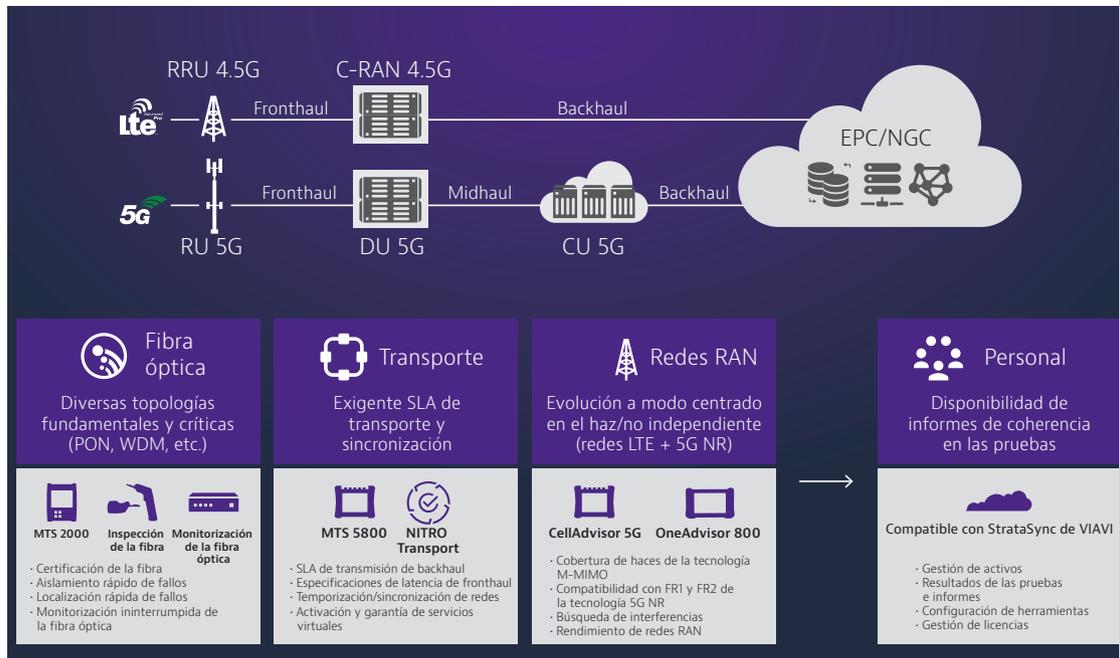


1264.900.0922

Figura 40: Flujo de trabajo de StrataSync

Conclusión

La tecnología 5G permitirá a los proveedores de servicios sacar partido de nuevas oportunidades de mercado y responder de forma dinámica a las cambiantes necesidades de los consumidores y las empresas. No obstante, implementar y respaldar la compleja tecnología 5G y su arquitectura de red no es un ejercicio trivial. El plazo de comercialización y la calidad de la red dependerán de la rigurosidad de las pruebas y las mediciones durante todo el ciclo de vida de la red. VIAVI es el líder del sector en equipos para pruebas y mediciones, y goza del mejor posicionamiento para ofrecer [la solución de pruebas de redes de extremo a extremo más completa](#). Con la cartera completamente integral de VIAVI, que cuenta con sistemas e instrumentos compatibles con la nube, soluciones de automatización de pruebas basadas en software y servicios para pruebas de red, optimización del rendimiento y garantía de servicios, los operadores y sus socios pueden confiar en disfrutar de una puesta en marcha de sus redes sin problemas, así como de un ciclo de vida sostenible de las mismas.



1266.900.0922

Figura 41: Solución de establecimiento de servicios para redes 5G de VIAVI

Guía de soluciones

Solución	Descripción	Actividades de pruebas para redes 5G
Sonda FiberChek de VIAVI	Dispositivo portátil para la inspección y el análisis de la fibra óptica	Inspección de la fibra
VIAVI FiberChek Sidewinder	Solución integral portátil para la inspección y el análisis de conectores multifibra como los conectores MPO	Inspección de la fibra óptica (multifibra)
VIAVI SmartOTDR	Un solo dispositivo con medición de reflectometría óptica en el dominio de tiempo, análisis de terminaciones de fibra, pruebas de pérdida óptica y localizador visual de fallos	Pruebas con OTDR
FiberComplete PRO de VIAVI	Pruebas automatizadas de pérdida por inserción (IL) bidireccional, pérdida por retorno óptico (ORL) bidireccional (con el método de onda continua OCWR), distancia, OTDR bidireccional o buscador de fallos	Pruebas bidireccionales para mejorar la caracterización del enlace de fibra
VIAVI SmartClass OCC-55(CWDM)/OCC-56C (DWDM)	Verificador de canales ópticos CWDM/DWDM	Comprobación de la presencia y la potencia de los canales
VIAVI COSA-4055 (CWDM) y OCC-4056C (DWDM)	Analizador de espectro óptico CWDM/verificador de canales ópticos DWDM	Medición de la longitud de onda real, desplazada y desviada, y de la separación entre canales
Medidor de potencia OLP-87 de VIAVI	Medidor de potencia FTTx/PON para su uso en la activación y la solución de problemas de redes B-PON, E-PON y G-PON y las redes de alta velocidad XGS-PON y NG-PON2 de próxima generación	Medición de la potencia óptica durante la activación de la red
ONMSi de VIAVI	Sistema de monitorización y pruebas remotas de redes de fibra óptica para redes principales, metropolitanas, de acceso y FTTH	<ul style="list-style-type: none"> · Pruebas y certificación de redes PON durante la fase de construcción · Monitorización continua de varias redes PON durante la fase operativa

VIAVI MTS-5800 (100G)	Instrumento 100G portátil de dos puertos para pruebas, activación del servicio, solución de problemas y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> · Pruebas de eCPRI (capacidad, retardo y fluctuaciones entre paquetes) · Validación de los requisitos de retardo y sincronización para la red FTN · Pruebas de GPS · Prueba de PTP (prueba de errores de sincronización PTP) · Prueba de Ethernet (backhaul) · Prueba de red OTN
VIAVI Fusion	Gestión del ciclo de vida basado en software para pruebas, activación del servicio, monitorización del rendimiento y solución de problemas	<ul style="list-style-type: none"> · Pruebas virtualizadas · Activación virtualizada del servicio · Monitorización virtualizada del rendimiento · Solución de problemas virtualizada
VIAVI CellAdvisor 5G	Analizador de estaciones base portátil de campo para la validación de todos los aspectos relacionados con la implementación, el mantenimiento y la gestión de las estaciones base 5G.	<ul style="list-style-type: none"> · Prueba de caracterización y conformidad de radiofrecuencia · Análisis de haces 5G · Agregación de portadoras 5G (ocho) · Validación de espectro en tiempo real persistente
VIAVI OneAdvisor 800	El dispositivo OneAdvisor 800 permite a los técnicos de estaciones base someter a pruebas la fibra óptica, la radiofrecuencia y la interfaz CPRI/Ethernet, todo ello con un único instrumento que sustituye a diversas herramientas independientes (el reflectómetro óptico en el dominio de tiempo, el analizador de cable y antena, y el microscopio de fibra óptica) y reduce significativamente el costo total de propiedad.	<ul style="list-style-type: none"> · Pruebas con OTDR · Pruebas de cables y antenas · Análisis de haces 5G · Agregación de portadoras 5G (ocho) · Validación de espectro en tiempo real persistente
VIAVI StrataSync	Plataforma compatible con la nube para la gestión de activos, la gestión de la configuración y la gestión de los datos de las pruebas de los instrumentos de VIAVI, así como el registro de los activos de los instrumentos que no pertenecen a VIAVI.	Gestión de distribuidores, empleados y subcontratistas como un solo equipo durante todas las actividades de implementación de la red 5G