

Cableado Estructurado en Infraestructuras Críticas

Indice

Estándares y Conceptos

- Principales Estándares para DC
 - Estandars ANSI/TIA-942-B

Requisitos de Infraestructura física

- Espacios principales
- Niveles o ratios de un Centro de Datos
 - Redundancia
 - Nuevas pautas
 - Disponibilidad

Topologías

- Topología reducida.
- Topología Básica.
- Topología distribuida.
- Topologías de conexión MDA-EDA
 - Cable Centralizado
 - T.o.R. (Top of Rack). Parte superior del Rack
 - E.o.R. (End of Row). Fin de la fila
 - M.o.R. (Medio de la fila)

Identificación.

- Esquema de identificación del espacio del falso suelo
- Esquema de identificación para racks y armarios.
- Esquema de identificación para paneles de conexión.
 - Identificador del panel de conexiones
 - Identificador de puerto del panel de conexión
 - Identificador de conectividad entre paneles de conexiones.
- Identificador de cables y latiguillo

Conceptos de Sistemas Preconectorizados

- Conector MPO (Multi-fibra Push On)
- Adaptador MPO
- Normas de conectores MPO
- MPO - 16
- Conectores MPO base 8/12/16/24/32
- Draft IEEE 802.3bs 400GBASE-SR16
- Polaridad
- Estándar ANSI/TIA-568-C
- Cable de conversión dúplex a multifibra
- Módulo de conversión dúplex a multifibra
- Componentes para canales dúplex en enlaces multifibra
- Componentes para canales multifibra
- Polaridad para canales dúplex Método A
- Polaridad para canales multifibra Método A
- Polaridad para canales dúplex Método B
- Polaridad para canales multifibra Método B
- Polaridad para canales dúplex Método C
- Polaridad para canales multifibra Método C
- Soluciones Preconectorizadas Multifibra

Especificaciones de Fibra Óptica

- Soporte de Aplicaciones Ethernet en FO Multimodo Dúplex
- Soporte de Aplicaciones Ethernet en FO Multimodo Multifibra
 - Latiguillos de Conversión
 - Paso de 12 a 8 F.O en conexiones MPO

Estandares y Conceptos

Los DC son infraestructuras críticas y complejas que exigen soluciones de múltiples proveedores y muchas habilidades para gestionarlas, tienen que tener objetivos muy claros que minimicen cualquier riesgo, para ello es fundamental realizar una buena planificación, hacer una operación efectiva y tener el mejor mantenimiento. El fin de todo esto es tener una alta disponibilidad minimizando los tiempos de inactividad.

Fundamentales en Data Center.

Hay varias cosas que son fundamentales para un DC y hacerlo altamente confiable:

- Rendimiento, desempeño y altas velocidades de transmisión.
- Alta densidad y eficiencia operativa reducen la factura energética.
- Gestión de los activos y capacidades (DCIM).
- Soluciones modulares para permitir crecimiento en un futuro sin realizar grandes cambios.

Modelos de Data Center

- Empresas privadas y administraciones públicas
- Internet (proveedores de servicios y operadores telefónicos)
- Colocación (gestionan espacio físico para sus clientes)
- Hosting (servicios para minimizar la inversión en hardware y software, sirve a una variedad de clientes y es poseído por un proveedor de servicios que vende servicios de datos y de Internet (tal como Web-hosting o VPN a varios clientes).
- Hyperscale (proveedores de grandes contenidos).

- Para conservar los equipos corriendo confiablemente, aún bajo las peores circunstancias, todos los centros de datos son construidos con las siguientes infraestructuras de soporte:
- Suministro de energía y backup
- Control de la temperatura y ambiental
- Sistemas para el fuego y el humo
- Seguridad física
- Conectividad a redes externas
- NOC (Network Operations Center)
- Cableado Estructurado
- Puesta a tierra.

Principales Estándares para DC

ANSI/TIA-942-B

Estándar de infraestructura de telecomunicaciones para Data Centers. Revisión del 942-A

ANSI/BICSI 002-2019

Mejores prácticas de diseño e implementación de Data Centers.

EN 50600-1

Tecnología de la información – Instalaciones e infraestructuras de Data Centers – Parte 1: Conceptos generales.

ISO/IEC 11801-5:2017

Tecnología de la información – Cableado genérico para las instalaciones del cliente Parte 5: Data Centres (antigua ISO/IEC 24764).

EN 50173-5:2018

Tecnología de la información – Sistemas de cableado genérico - Parte 5: Espacios del Data Center.

EN 50600-2-4:2015

Information Technology – Data Center Facilities and Infrastructures – Part 2 - 4: Telecommunications Cabling Infrastructure.

Estandars ANSI/TIA-942-B

Con el objetivo de ayudar a los data centers a diseñar infraestructuras que soporten las necesidades actuales y futuras, la norma actualizada incluye varios cambios sustanciales respecto a la versión anterior.

Especifica los requisitos mínimos para infraestructura de telecomunicaciones del Data Center y la sala de cómputos, incluidos los Data Centers corporativos de inquilinos únicos o múltiples. Las topologías especificadas en este documento se aplican a Data Centers de cualquier tamaño. Además, presenta recomendaciones de clasificación de infraestructura en lo que refiere a redundancia y disponibilidad, topologías, distancias, cableado, requisitos para la construcción física, identificación y administración.

Requisitos

Agregado Cableado Cat 8.

Cableado recomendado el CAT.6A o superior. La conexión directa EDA (Zone Distribution Area) se ha reducido de 10 m a 7 m. El primer paso consiste en determinar si los recursos de los que dispone la organización tienen el conocimiento.

Cableado preconectorizado

Recomendación de cableado preconectorizado. Añade conectores estilo MPO de 16 y 32 Fibras como un tipo de conector adicional para la terminación de más de dos fibras. Los conectores de 16 y 32 fibras fueron estandarizados cuando se publicó ANSI / TIA-604-18.

Identificación, enrutamiento y gestión

Se incluye recomendación para la identificación, el enrutamiento y la gestión de los cables posibilitando agregar y remover cables sin interrumpir las conexiones adyacentes

Cable OM5

Se agregó OM5 como un tipo permitido y recomendado de fibra óptica multimodo (fibra multimodo de banda ancha). El estándar TIA-492.AAAE especifica fibra OM5, diseñada para soportar la multiplexión de longitud de onda corta.

Otros..

Se pueden usar cables coaxial ANSI/TIA-568.4-D y conectores tipo "F" y se hacen referencias a otras normas, incluidas revisiones y pautas de temperatura y humedad.

Requisitos de infraestructura física

Espacios principales

Según ANSI/TIA-942-B, los espacios o áreas principales de un Data Center son:

Sala de entrada (EF)

La sala de entrada es un espacio para la interconexión entre el cableado estructurado del Data Center y el cableado proveniente de los operadores de telecomunicaciones.

Área de distribución principal (MDA)

Incluye la conexión cruzada principal, que es el punto de distribución central para el cableado estructurado del Data Center. Es un área crítica, donde se realizan sus maniobras principales

Área de distribución intermedia (IDA)

Espacio para la conexión cruzada intermedia, que es el punto de distribución secundario del cableado estructurado en una sala de servidores. Es un área crítica, como lo es la MDA, donde se realizan maniobras desde la sala de servidores donde está instalada.

Área de distribución horizontal (HDA)

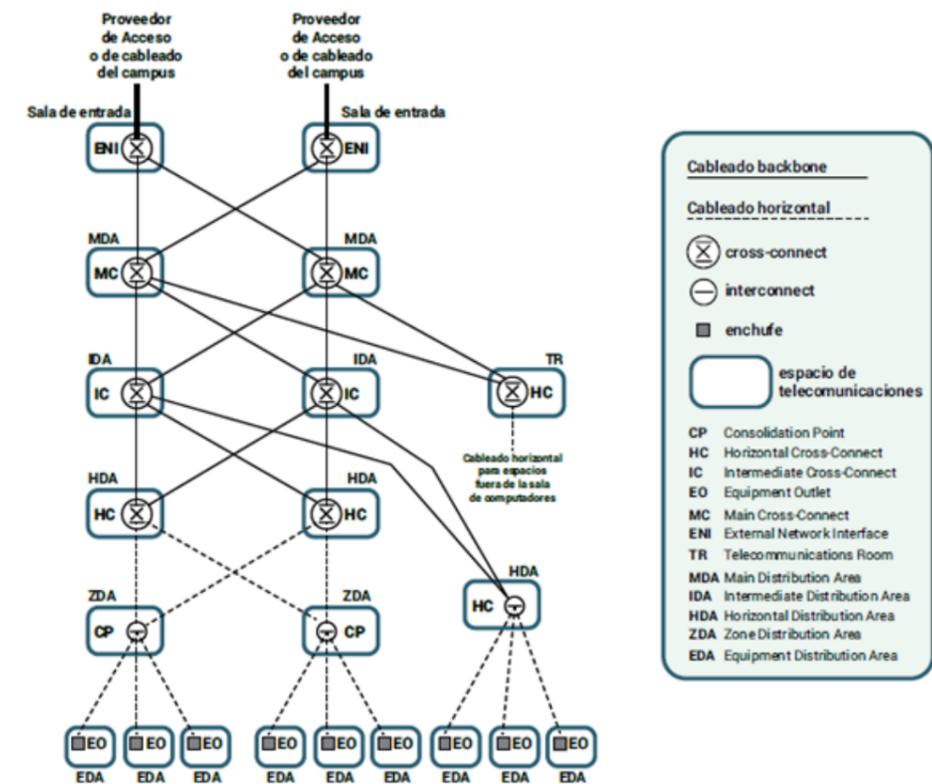
Se utiliza para la conexión de áreas de equipos. Incluye la conexión cruzada horizontal (HC) y el equipo intermedio.

Área de zona de distribución (ZDA)

Punto de interconexión opcional de cableado horizontal. Posicionado entre el HDA y el EDA, permite una configuración rápida y frecuente, generalmente es utilizado en una instalación de piso elevado. Agrega flexibilidad al Data Center.

Área de distribución de equipos (EDA)

Espacio para equipos terminales (Servidores, Almacenamiento) y equipos de comunicación de datos o voz (switches, centrales).



Elementos funcionales de un cableado estructurado para Data Center

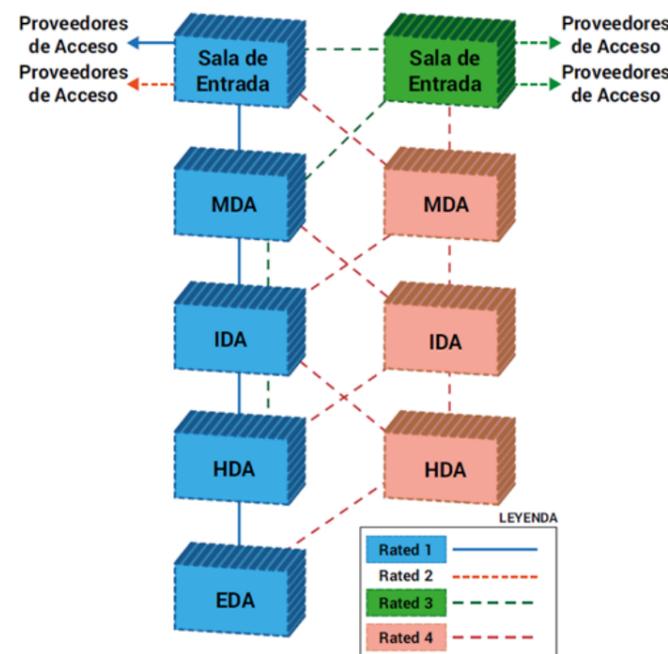
Niveles o ratios de un Centro de Datos

Se relaciona con los niveles de disponibilidad de infraestructura

- Las clasificaciones por niveles fueron originalmente definidos por The Uptime Institute.
- Aborda los sistemas críticos del centro de datos.
- Los sistemas críticos pueden tener diferentes clasificaciones
- Clasificaciones pueden ser degradadas ya que la carga del centro de datos se incrementa a través tiempo

Redundancia

Para reducir el tiempo de inactividad del Data Center y de los datos de la empresa, la redundancia también es un requisito previsto en la norma. El Anexo F de la norma ANSI/TIA-942-B establece una serie de reglas aplicables para clasificar un Data Center, llamadas Rated. La clasificación considera cuatro niveles (rated) independientes para los sistemas de: Telecomunicaciones, Electricidad, Arquitectura y Mecánica. Estos rangos están relacionados con la disponibilidad del Data Center y pueden diferir en cada una de las áreas citadas.



Source: ANSI/TIA-942-B

El propósito de este tema es mantener las características esenciales del Data Center en lo que refiere a su disponibilidad, confiabilidad, seguridad, resistencia y redundancia necesarias para su clasificación.

ANSI / TIA-942-B define las siguientes clasificaciones:

- Data Center Nivel 1: Básico.
- Data Center Nivel 2: Componentes redundantes.
- Data Center Nivel 3: Mantenimiento recurrente con la operación.
- Data Center Nivel 4: Tolerancia a fallas

Nivel I - Básico

- Trayecto único para potencia y distribución de frío
- Ningún componente redundante.
- Puede no tener falso suelo.
- Susceptible a discontinuidad a partir de actividad planificada y no-planificada.
- 28.8 horas de "downtime" (tiempo de parada) anual

Nivel II - Componentes Redundantes

- Trayecto único para potencia y distribución de frío.
- Componentes redundantes.
- Tiene falso suelo.
- Ligeramente menos susceptible a discontinuidades que Nivel I
- 22.0 horas de "downtime" (tiempo de parada) anual.

Nivel III - Mantenimiento recurrente con la operación

- Múltiples trayectos de potencia y de distribución del frío. Sólo 1 trayecto activo
- Componentes redundantes.
- Deja un margen para cualquier actividad planificada de la infraestructura del sitio sin interferir en la operación del hardware de los servidores.
- 1.6 horas de “downtime” (tiempo de parada) anual.

Nivel IV - Tolerante a fallos

- Múltiples trayectos de potencia y de distribución de enfriamiento activos
- Componentes redundantes
- Todo el hardware de los servidores debe tener entradas duales de potencia
- Podría sostener al menos un peor-caso, falla no planificada o evento con ningún impacto de carga crítico.
- 0.4 horas de “downtime” (tiempo de parada) anual

Niveles de un Centro de Datos

RENDIMIENTO	TIER I	TIER II	TIER III	TIER IV
Disponibilidad	99,67%	99,79,749%	99,98%	100,00%
Tiempo parada (horas /año)	28,8	22,68	1,57	0,4
Centro de operaciones	No requerido	No requerido	Requerido	Requerido
Acceso redundante proveedor de servicios	No requerido	No requerido	Requerido	Requerido
Camino redundante de backbone	No	No	Si	Si
Cableado horizontal redundante	No	No	No	Opcional
UPS redundante	N	N+1	N+1	2N
Sistema supresor de gases	No	No	Clean agent FM200 Intergen	Clean agent FM200 Intergen

Nivel 1. Requerimiento de Telecomunicaciones

- Cableado, racks, gabinetes & caminos, satisfacen requerimientos del TIA-942
- Tiene 1 camino de entrada desde el proveedor de acceso a la instalación.
- Camino único para todo el cableado
- Etiquetado recomendado ANSI/TIA/EIA-606-A y anexo B

Nivel 2. Requerimientos de Telecomunicaciones

- Todos los requerimientos del Nivel 1.
- Tiene 2 de caminos desde el proveedor de acceso a las instalaciones.
- Routers & switches tienen fuentes de alimentación y procesadores ambos redundantes.
- Aborda vulnerabilidad de la entrada de servicio al edificio

Nivel 3. Requerimientos de Telecomunicaciones

- Todos los requerimientos del Nivel 2
- Ser servido por al menos 2 proveedores de acceso
- Un cuarto de entrada secundario
- Caminos del backbone redundantes
- Múltiples routers y switches para redundancia
- Aborda vulnerabilidad de un único proveedor de acceso

Nivel 4. Requerimiento de Telecomunicaciones

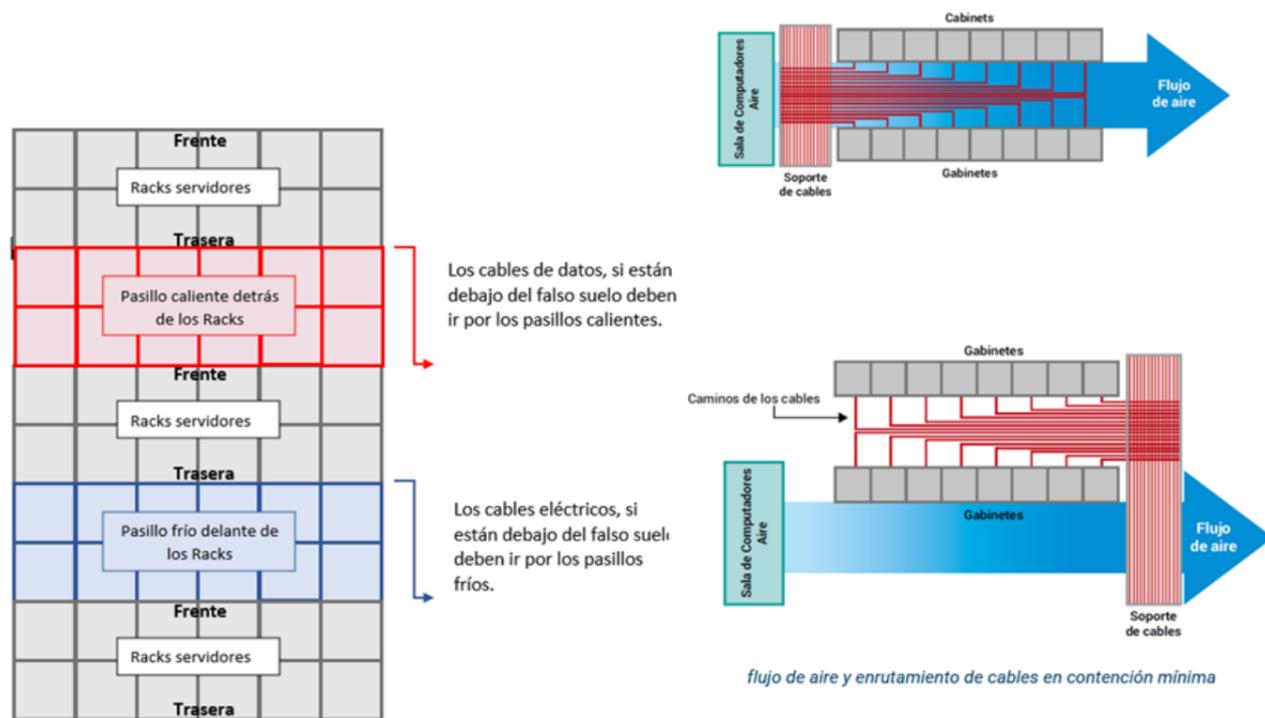
- Todos los requerimientos del Nivel 3.
- Cableado del backbone redundante.
- Cableado del backbone debe de estar canalizado o tener armadura de interbloqueo.
- Área de distribución secundaria opcional.
- Cableado horizontal redundante opcional.
- Aborda cualquier vulnerabilidad de la infraestructura del cableado

RENDIMIENTO	TIER I	TIER II	TIER III	TIER IV
Camino de entrega	1	1	1 Activo 1 Pasivo	2 Activos
Componentes redundantes	N	N+1	N+1	2(N+1) o S+S
Componentes redundantes	Tal vez ninguno	Sistemas	Sistemas, energía y algún otro	Todos
Proporción de espacio de soporte a suelo	20%	30%	80-90%	100%
Ultimos Watt/ft ²	20-30	40-50	100-150	150+
Primer año de despliegue	1965	1970	1985	1995
Tiempo parada IT (horas/año)	28,8	22,68	1,57	0,4
Soporte de potencia	UPS	UPS+Gen	UPS+Gen	UPS+Gen
Critical path support requires	Shutdown	Shutdown	Auto	Auto
Coste por ft ²	\$450	\$600	\$900	\$1.100

Nuevas Pautas

La revisión ANSI/TIA 942 B transformó las tendencias de sostenibilidad y eficiencia energética en premisas más claras.

Donde hay racks y gabinetes (especialmente gabinetes con alta densidad térmica), su objetivo es ahorrar racionalmente la energía eléctrica de las PDU y el aire acondicionado, como se muestra a continuación.

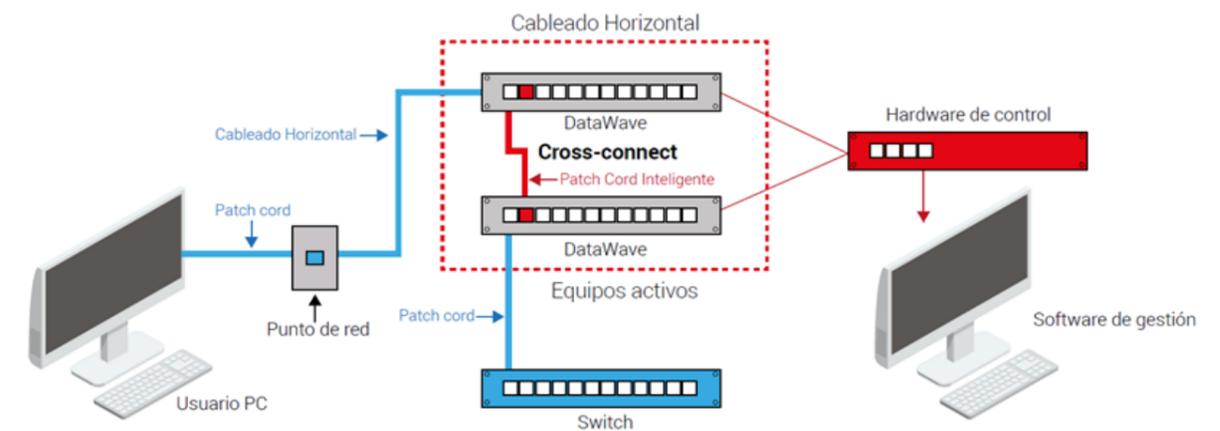


Recomendaciones sobre la posición del canal y la organización del Cableado estructurado.

Disponibilidad

Además de los criterios anteriores de redundancia en los Data Centers, los siguientes temas complementan su sistema de garantía de disponibilidad según los estándares relacionados en cada tema (capítulos ANSI/TIA-942-B):

- **Requisitos de instalación del Cableado:** los requisitos de instalación de ANSI/TIA-568.0-D, además de las otras cláusulas de esta norma, deben seguirse para cumplir con los códigos y reglamentos aplicables.
- **Exigencia de Rendimiento del Cableado:** los requisitos de rendimiento de transmisión de las normas ANSI/TIA-568.2-D, ANSI/TIA-568.3-D y ANSI/TIA-568.4-D son los requisitos mínimos que se deben cumplir.
- **Cableado para puntos de acceso inalámbrico:** debe estar previsto cableado para dar servicio a la red de acceso inalámbrico, de acuerdo con ANSI/TIA TSB-162-A.
- **Cableado para sistemas de antena distribuidos:** el cableado para sistemas de antenas distribuidas debe seguir las directrices ANSI/TIA TSB-5018.
- **PoE sobre Cableado Estructurado de Cobre:** siga las pautas ANSI/TIA TSB-184-A. Para esta aplicación, se disponen cables certificados UL444 con soporte a PoE 100W (IEEE 802.3bt, PoE Type 4, DC @ 100W) para soportar televisores y Laptops.
- **Conexión a tierra y vinculación:** la conexión a tierra y demás conexiones cumplirán con los requisitos de ANSI/TIA-607-C.
- **Detención de incendios:** barreras de protección o sellado contra incendios deben cumplir con ANSI/TIA-569-D y las regulaciones locales.
- **Seguridad física:** la seguridad física de la infraestructura de telecomunicaciones debe cumplir con los requisitos de ANSI/TIA-5017.



Sistema de cableado inteligente AIM

• **Administración:** la administración de telecomunicaciones debe cumplir con los requisitos de ANSI/TIA-606-C y también cumplir con los requisitos de las normas AIM, a saber:

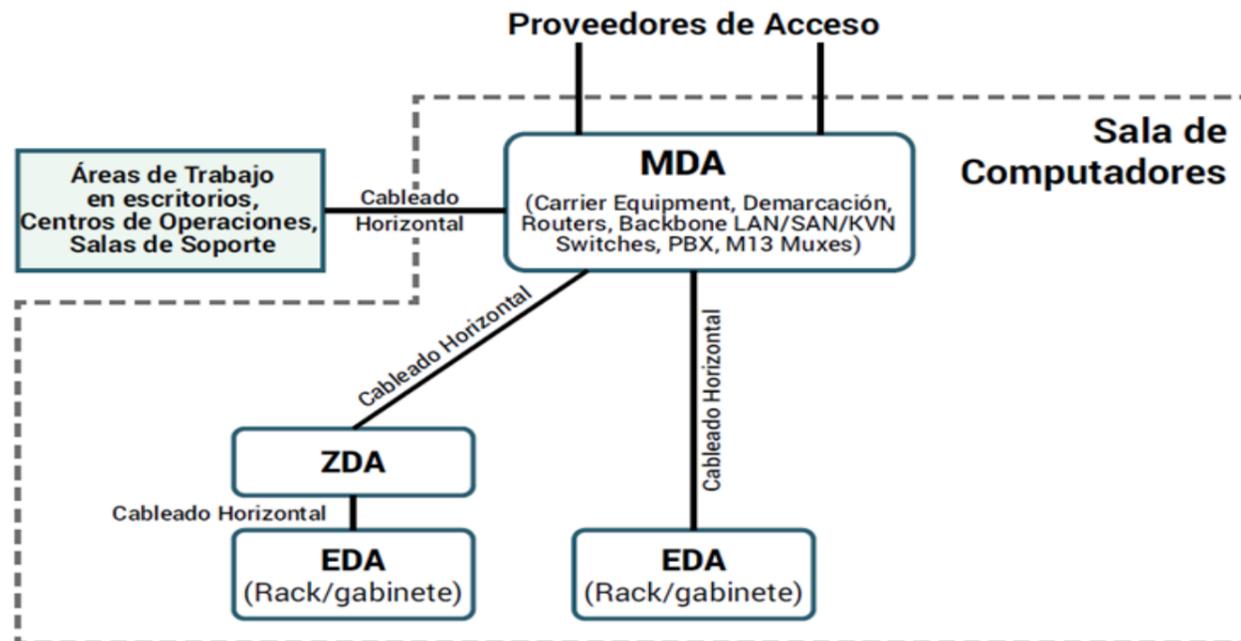
- **ANSI/TIA-5048:** Automated Infrastructure Management (AIM) Systems.
- **ISO/IEC-18598:** Automated Infrastructure Management (AIM) Systems – Requirements, data Exchange and Applications.
- Estos estándares definen el sistema AIM, sus funciones, seguridad, montaje, hardware y software, así como cuáles deberían ser sus salidas y con qué sistemas debería integrarse, tales como: sistemas de Field Service, NOC, Inventario, Aprovisionamiento de Puertos, etc.

Topologías

El estándar presenta tres topologías de acuerdo con los siguientes esquemas

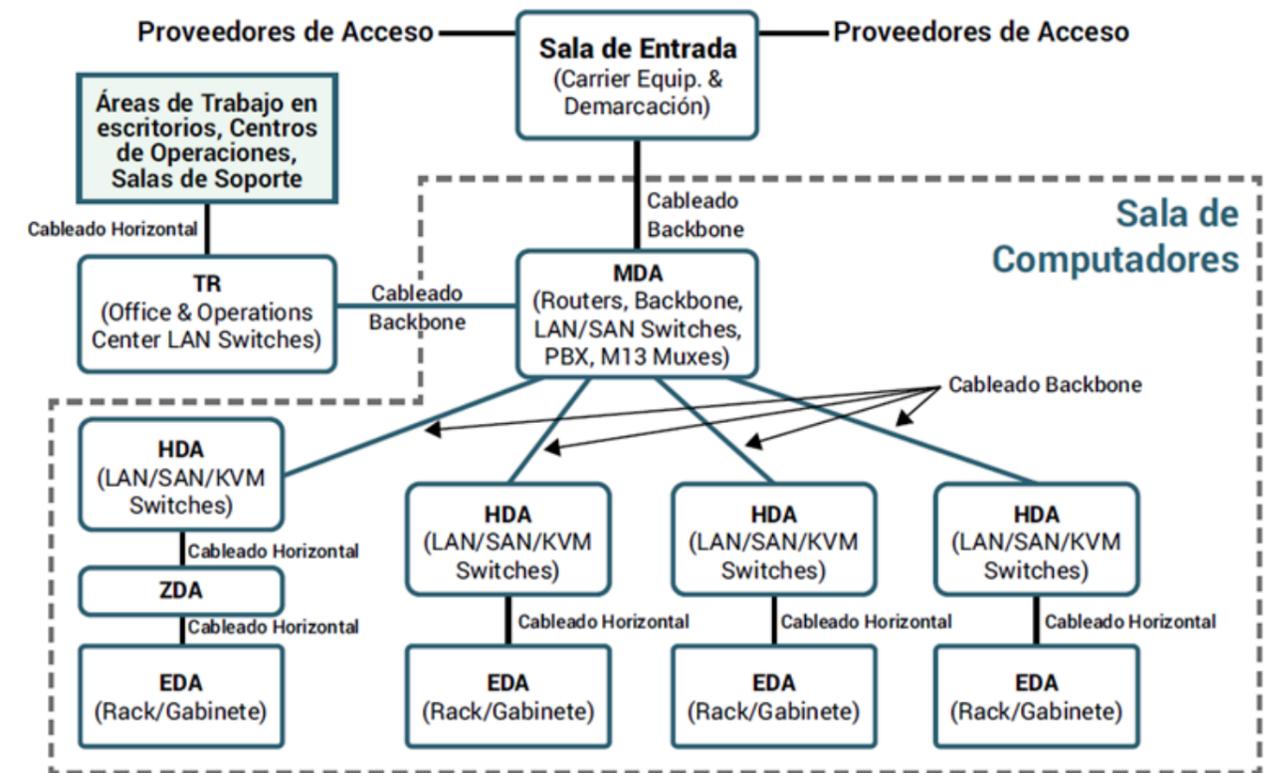
Topología reducida

Tiene una única MDA que consolida las áreas de conexión cruzada principales y horizontales. La sala de telecomunicaciones también puede consolidarse en MDA



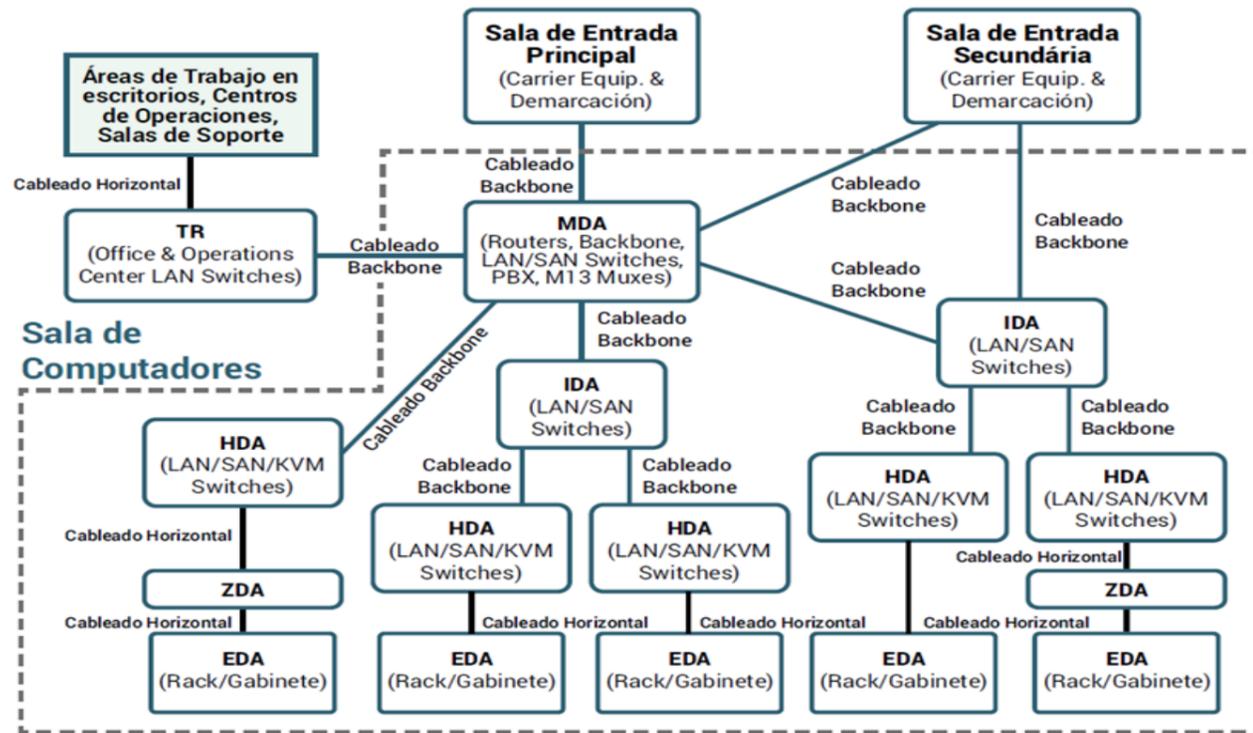
Topología básica

Incluye una única sala de entrada, una o más salas de telecomunicaciones, un MDA y múltiples HDAs.



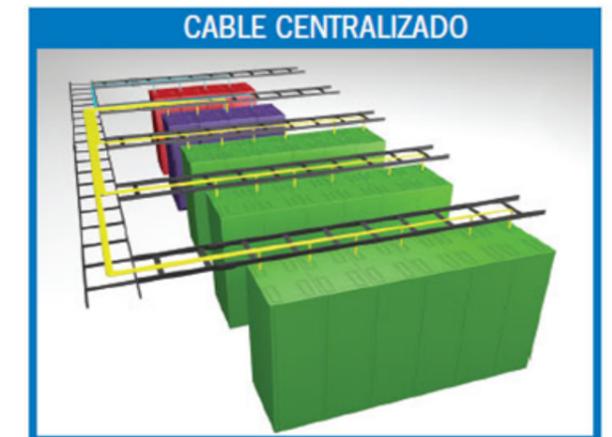
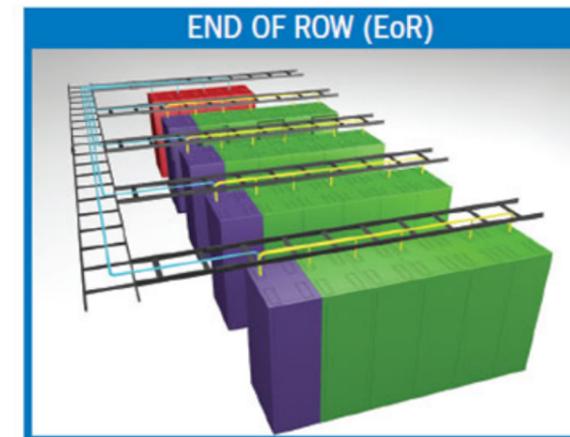
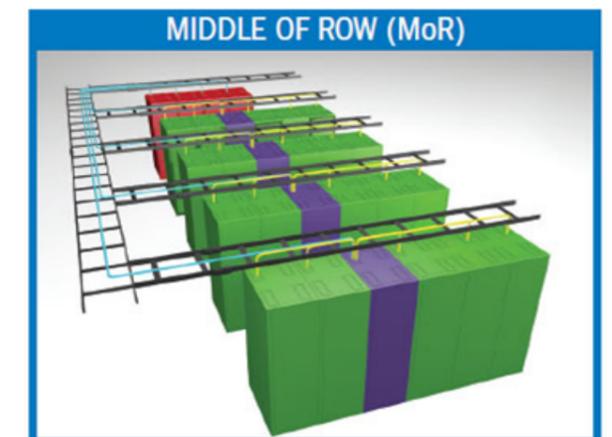
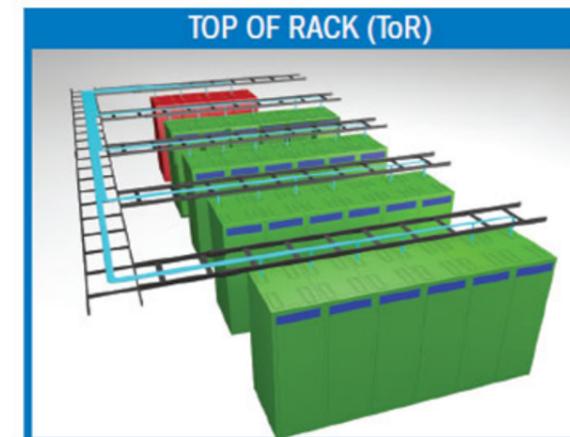
Topología distribuida

Los Grandes Data Centers que requieren áreas de Conexión cruzada Intermediarias (IDA), múltiples Salas de Telecomunicaciones y múltiples salas de entrada.



Topologías de conexión MDA-EDA

Para que todos los equipos existentes en el área MDA se conecten a los equipos en el área EDA, independientemente del tamaño del Data Center, se pueden usar varias topologías, cada una con sus ventajas y desventajas. A continuación, se pueden verificar los detalles de las principales topologías aplicadas en los Data Centers actuales.



Cable Centralizado

En la topología centralizada o conectada directamente, en el área principal (MDA), hay un equipo de red central, y el mismo se encuentra conectado a los servidores que están en el área EDA.

Ventajas

- Menor costo que las arquitecturas distribuidas.
- Simple de diseñar, implementar y mantener.
- Minimiza el cuello de botella en la red.
- Uso optimizado de puertos.
- Administración simplificada de dispositivos.
- Mayor flexibilidad para topologías de interconexión o conexión cruzada.
- Como todos los switches y otros equipos de red están centralizados, se minimiza la cantidad de puertos de equipos activos necesarios para el proyecto.
- Simplifica la administración del cableado y de los equipos de red activos.
- Permite sistemas de monitoreo y administración inteligentes (A.I.M.).
- Reduce la cantidad de módulos de monitoreo, módulos de administración y puertos de backbone de switches: "más capacidad en menos cajas".
- Reduce el consumo de energía, la redundancia y las necesidades de enfriamiento.
- Reduce la longitud de los cables del equipo, incluso si existen puertos de activos espejados para una configuración de conexión cruzada.
- Óptimo para implementar esquemas de alta disponibilidad (redundancia).

Desventajas

- Elevada cantidad de cables en MDA.
- Cables superpuestos en el MDA y en la infraestructura principal.
- Dificultades en el diseño de la infraestructura, debido a la alta densidad del cableado estructurado óptico y en cobre.
- No escalable.
- Más conexiones cruzadas para administrar y mantener.
- Mayor número de enlaces de cableado que otras opciones (ToR o EoR / MoR).

T.o.R. (Top of Rack) Parte superior del Rack

Cada rack de equipos del EDA tiene un equipo de red (switch) en su posición superior, y las conexiones a los servidores se realizan directamente desde este switch, con latiguillos o cables activos (AOC o DAC). HDA no es usado en esta configuración.

Ventajas

- La mayoría de las veces utiliza el cableado de manera más eficiente.
- El uso eficiente del espacio.
- Buena escalabilidad.
- Mejora en la gestión del cableado.
- Fácil interconexión de servidores y switches ToR.
- Rápida incorporación de nuevos equipos.
- Muy baja densidad de cableado, lo que reduce la necesidad de espacio sobre el piso elevado.
- Instalación rápida.
- Se reduce el espacio requerido para los racks de distribución de cableado.

Desventajas

- Las interfaces y los cables de conexión de servidores, para los switches ToR, no tienen una relación costo-beneficio atractiva como los patch-cords de cableado estructurado.
- Más opciones para gestionar equipos de red activos.
- Agregación de tráfico (switches de agregación o distribución).
- Mayor cantidad de puertos STP.
- Mayor tráfico de servidor a servidor.
- Mayor costo de los activos (switches).
- Riesgos en la gestión térmica.
- Creación de hotspots.
- Exceso de equipos y puertos de red.
- Administración y mantenimiento separados en cada rack con switch ToR, lo que aumenta la complejidad de la red y reduce la fiabilidad.
- Flexibilidad limitada a los servicios ofrecidos por los switches ToR.
- Segmentación de red solo por medios virtuales (VLAN, Fabric SAN), lo que puede ser contrario a la política de seguridad de la información existentes en el cliente
- Requisitos adicionales de climatización y alimentación en cada rack con switch ToR.
- Implementación de esquemas de alta disponibilidad difíciles y onerosos.
- Requiere muchos enlaces y recursos redundantes como fuentes de alimentación, módulos de administración y puertos de backbone.
- A menos que las redes estén 100% integradas, deben complementarse con otros esquemas de cableado para SAN, redundancias, consolas, redes de seguridad y administración, etc.
- No permite monitoreo ni administración inteligente de cableado para conexiones de servidores.

E.o.R. (End of Row). Fin de la fila

El rack HDA está centrado en la fila del rack de servidores y el cableado de red horizontal cumple con todos los racks EDAs de manera equidistante

Ventajas

- Menor número de cables en relación a la arquitectura de conexión directa entre HDA y MDA.
- Muy buena escalabilidad.
- Fácil interconexión entre servidores y dispositivos de red.
- Inserción rápida de nuevo hardware en racks y en la red.
- Muy baja densidad de cableado, se reduce el espacio requerido en la infraestructura debajo del piso elevado.
- Instalación rápida.
- Se requiere poco espacio en los racks de distribución de cableado.
- Interfaces y cables de activación (patch-cords) para servidores con buena relación costo x beneficio.

Desventajas

- Demasiados switches y puertos de red distribuidos por el Data Center.
- La administración y el mantenimiento por separado en cada rack EDA con ToR, provoca un aumento de complejidad y reduce fiabilidad de la red.
- Flexibilidad limitada a los servicios ofrecidos por el switch ToR.
- Segmentación de redes solo por medios virtuales (VLAN, Fabric SAN), puede contradecir las políticas de seguridad existente.
- Necesidades adicionales de potencia y climatización por rack EDA.
- Implementación de esquemas de alta disponibilidad (redundancia) se torna difícil y costoso.
- Requiere una gran cantidad de enlaces y recursos redundantes, como fuentes de alimentación, módulos de administración y puertos de backbone.

- A menos que las redes estén 100% integradas, deben complementarse con otros esquemas de cableado para SAN, redundancias directas, consolas, redes de seguridad, etc.
- No permite monitoreo ni administración inteligente del cableado para conexiones de servidores.

M.o.R. (Medio de la fila)

El rack HDA está centrado en la fila del rack de servidores y el cableado de red horizontal cumple con todos los racks EDAs de manera equidistante.

Ventajas

- Cables con menor longitud física.
- Menor cantidad de cables en relación a la arquitectura de conexión directa.
- Mejora la escalabilidad.
- Relativamente fácil de implementar la interconexión de servidores a los activos de la red. Rápida incorporación de nuevos equipos.
- Muy baja densidad de cableado, reduciendo la necesidad de espacio bajo el piso elevado o en la infraestructura.
- Rápida instalación.
- Espacio reducido para racks de distribución del cableado.
- Las interfaces y los cables de conexión de los servidores (patch-cords) tienen buena relación costo x beneficio.
- No requiere muchos puertos de red como en la arquitectura ToR.

Desventajas

- Mayor costo de activos (switches) en el rack (MoR).
- Aumento de sobrecarga de gestión.
- Exceso significativo de equipos y puertas de red.
- Administración y mantenimiento separados para cada grupo de racks.
- Flexibilidad limitada a los servicios ofrecidos por el switch MoR.
- Segmentación de redes solo por medio virtual (VLAN, Fabric SAN), que puede contrarrestar políticas de seguridad de la información existente.
- Necesidades adicionales de climatización y consumo energético en cada grupo de racks.

“Las topologías definen cómo serán los enlaces lógicos y físicos de los equipos de red para el tráfico de información y las conexiones de los equipos.”

En la arquitectura de red, se define cómo se conectarán los equipos considerando una división en capas para una mejor gestión.”

Identificación

Esquema de identificación del espacio del falso suelo

El espacio del piso debe seguir la cuadrícula del centro de datos. La mayoría de los centros de datos requerirán al menos dos letras y dos dígitos numéricos para identificar cada baldosa de 600 mm x 600 mm (o 2 pies x 2 pies). En tales centros de datos, las letras serán AA, AB, AC... AZ, BA, BB, BC... y así sucesivamente.

Esquema de identificación para racks y armarios.

Todos los racks, gabinetes o armarios deben etiquetarse en la parte delantera y trasera. En las salas de computación con pisos de acceso, etiquete los gabinetes y racks utilizando la cuadrícula del centro de datos. Cada rack y gabinete debe tener un identificador único basado en las coordenadas de las baldosas del piso. Si los gabinetes tienen más de una loseta, la ubicación de la rejilla para los gabinetes se puede determinar usando la misma esquina en cada gabinete (por ejemplo, la esquina frontal derecha). La parte numérica del ID incluirá ceros a la izquierda. Por lo tanto, el gabinete cuya esquina delantera derecha es la loseta AJ05 se llamará AJ05.

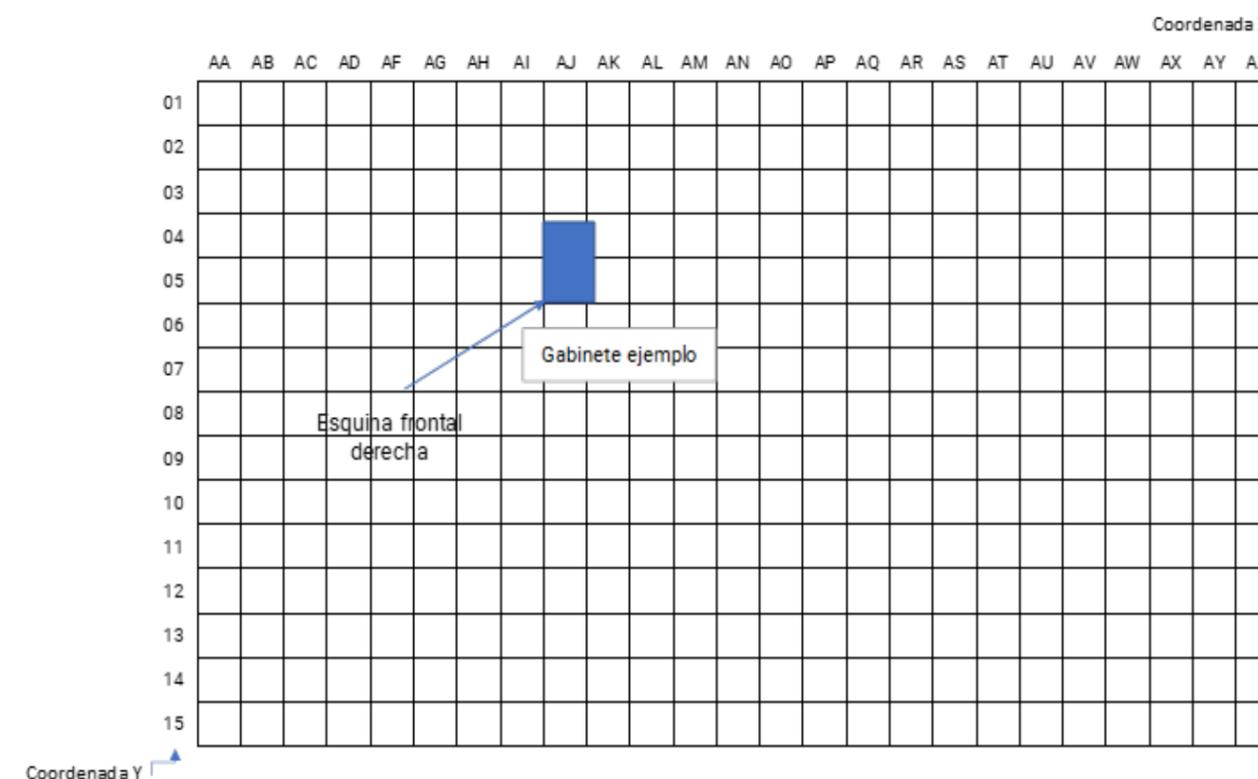
En los centros de datos con varios pisos, el número de piso debe agregarse como prefijo al número de gabinete. Por ejemplo, 3AJ05 para el gabinete cuya esquina frontal derecha está en la losa AJ05 en el tercer piso del centro de datos. A continuación, se muestra un esquema de administración de espacio de piso de muestra:

nx1Y1

Donde:

n = Cuando el espacio del centro de datos está presente en más de un piso en un edificio, uno o más caracteres numéricos designan el piso en el que se encuentra el espacio.

x1Y1 = Uno o dos caracteres alfanuméricos seguidos de dos caracteres alfanuméricos que designan la ubicación en la cuadrícula del espacio del piso donde se encuentra la esquina frontal derecha del rack o gabinete. En la figura, el armario de muestras se encuentra en AJ05.



Ejemplo de etiquetado de rack o gabinete

En salas de computadoras sin pisos de acceso, usar el número de fila y la posición dentro de la fila para identificar cada rack y gabinete. nombres y número de armario o bastidor dentro de la habitación.

Esquema de identificación para paneles de conexión

Identificador del panel de conexiones

El esquema de identificación de los paneles de conexión debe incluir el nombre del armario o bastidor y uno o más caracteres que indiquen la posición del panel de conexión en el armario o bastidor. Los paneles de administración de cables horizontales no cuentan al determinar la posición del panel de conexiones. Si un bastidor tiene más de 26 paneles, se necesitarán dos caracteres para identificar el panel de conexiones. A continuación, se muestra un esquema de administración de panel de parcheo de muestra:

x1y1-a

Donde:

a = Uno o dos caracteres que designan la ubicación del panel de conexiones dentro del gabinete o bastidor x1y1, comenzando en la parte superior del armario o bastidor. Consulte la figura para ver la designación típica del panel de parcheo de cobre.

Identificador de puerto del panel de conexión

Se utilizan dos o tres caracteres para especificar el número de puerto en el panel de conexiones. Por lo tanto, el cuarto puerto del segundo panel del gabinete 3AJ05 puede llamarse 3AJ05-B04. A continuación, se muestra un esquema de administración de puertos del panel de conexiones de muestra:

x1y1-an

Donde:

n = Uno a tres caracteres que designan el puerto en un panel de conexiones. Para paneles de conexiones de cobre, de dos a tres caracteres numéricos. Para los paneles de conexión de fibra, un carácter alfabético, que identifica el panel de conectores ubicado dentro del panel de conexión, comenzando secuencialmente desde "A" excluyendo "I" y "O", seguido de uno o dos caracteres numéricos que designan un hilo de fibra.

Identificador de conectividad entre paneles de conexiones

Los paneles de conexión deben etiquetarse con el identificador del panel de conexión y los identificadores de puerto del panel de conexión, seguidos por el identificador del panel de conexión y los identificadores de puerto del panel de conexión de los paneles de conexión o salidas en el otro extremo de los cables.

A continuación, se muestra un esquema de administración de conectividad de panel de conexión de muestra:

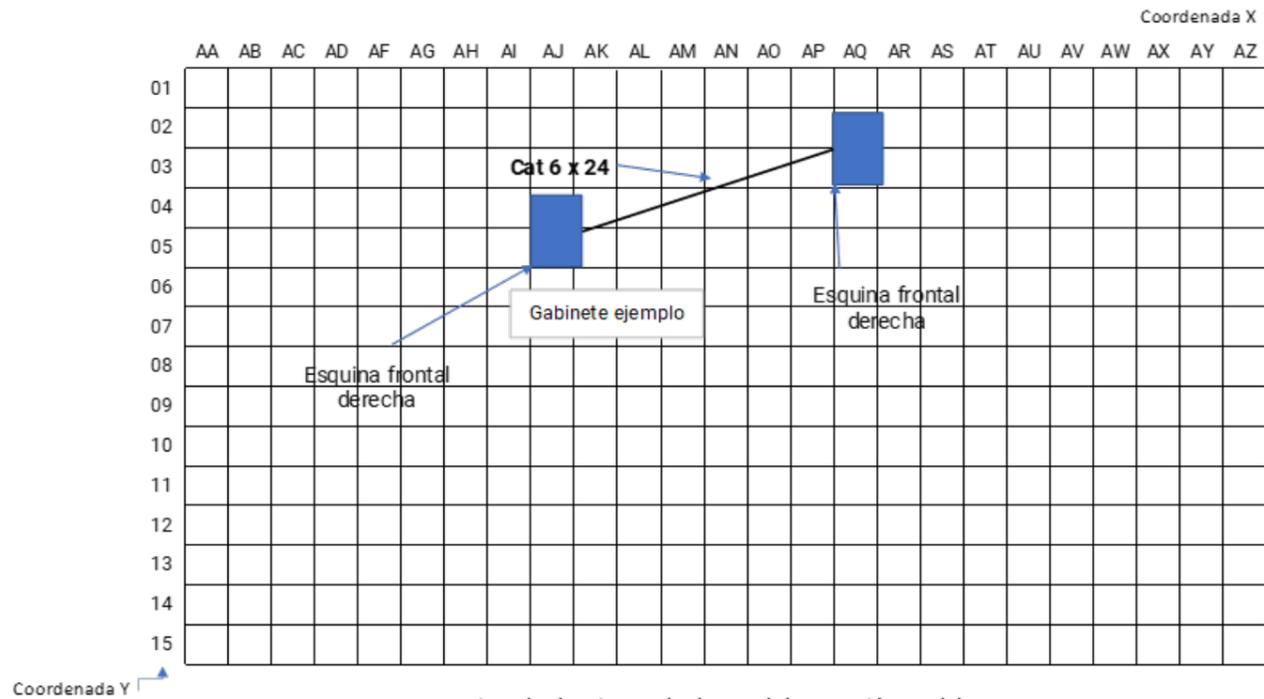
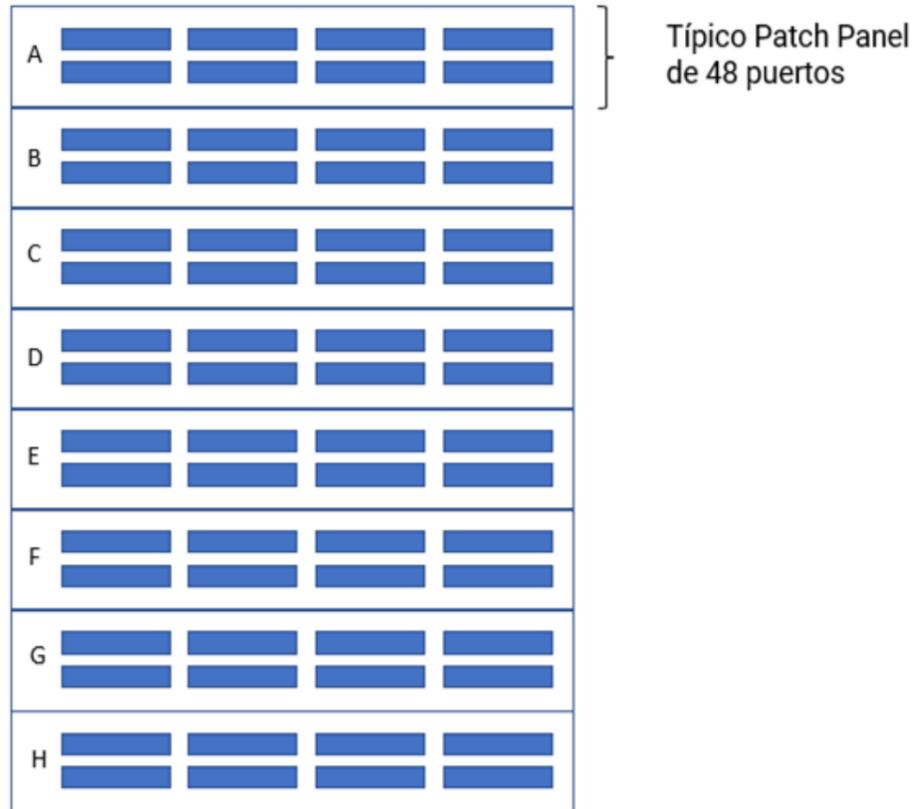
p1 a p2

Donde:

p1 = Rack o gabinete del extremo cercano, secuencia del panel de conexiones y rango de números de puerto.

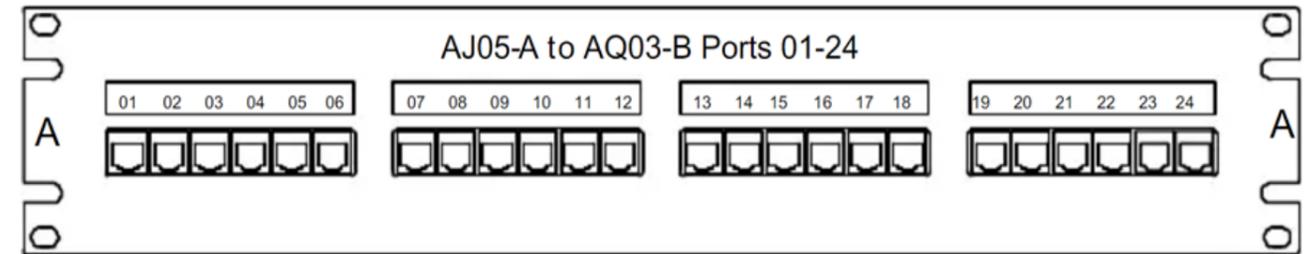
p2 = Rack o gabinete del extremo lejano, secuencia del panel de conexiones y rango de números de puerto.

Considere complementar las etiquetas de cable ANSI / TIA / EIA-606-A con números de secuencia u otros identificadores para simplificar la resolución de problemas. Por ejemplo, el panel de conexiones de 24 puertos con 24 cables de categoría 6 desde MDA a HDA1 podría incluir la etiqueta anterior, pero también podría incluir la etiqueta "MDA a HDA1 Cat 6 UTP 1 - 24"



Ejemplo de etiquetado de panel de conexión modular 1

Por ejemplo, la figura siguiente muestra una etiqueta para un panel de conexión modular de 24 posiciones con 24 cables de categoría 6 que interconectan el gabinete AJ05 a AQ03 como se muestra en la figura anterior.



Ejemplo de etiquetado de panel de conexión modular 2

Identificador de cables y latiguillos

Los cables y latiguillos deben estar etiquetados en ambos extremos con el nombre de la conexión en ambos extremos del cable. Considere los cables de conexión codificados por colores por aplicación y tipo. A continuación, se muestra un esquema de administración de cables de muestra y cables de conexión.

p1n / p2n

Donde:

p1n = El rack o gabinete del extremo cercano, la secuencia del panel de conexiones y el designador de puerto asignados a ese cable.

p2n = El bastidor o gabinete del extremo lejano, la secuencia del panel de conexiones y el designador de puerto asignado a ese cable. Por ejemplo, el cable conectado a la primera posición del panel de conexiones que se muestra en la figura anterior puede contener la siguiente etiqueta: AJ05-A01 / AQ03-B01 y el mismo cable en el gabinete AQ03 contendría la siguiente etiqueta: AQ03-B01 / AJ05-A01

Componentes de Conectividad Multifibra

Vivimos en un entorno altamente conectado, generando un gran volumen de información, lo que lleva a un crecimiento en el tráfico de la red global, así como al almacenamiento de datos en redes sociales, Internet de las cosas, industria, entre otros. El Data Center debe estar preparado para soportar todo este tráfico, que tiende a aumentar exponencialmente. La infraestructura de cableado debe utilizar componentes específicos, especialmente desarrollados para permitir la gran cantidad de datos presentes en este entorno.

En este capítulo, veremos cuáles son los componentes indispensables para construir una infraestructura de red de Data Center, sus principales parámetros y configuraciones.

Conceptos de Sistemas Preconectorizados

Los sistemas de cableado estructurado que utilizan cables preconectorizados en fábrica, se recomiendan para aplicaciones plug-and-play donde la facilidad de instalación es primordial. Usados comúnmente en canales ópticos, estos sistemas permiten el montaje de canales sin la necesidad de fusiones entre componentes.

Principales ventajas

- Flexibilidad y modularidad, con optimización del espacio físico.
- Escalabilidad y facilidad de expansión sin degradación de la calidad.
- Rapidez y facilidad en la instalación y en la reconfiguración.
- Manipulación simple, no se requieren herramientas especiales.
- Alto rendimiento en conexiones.
- Es diseñado para soportar las tasas de transmisión de datos actuales y futuras.

Para garantizar todos los beneficios que ofrece un sistema preconectorizado, se debe analizar la topología requerida y elegir los componentes correctos para cumplir con los requisitos de la aplicación que se admitirá.

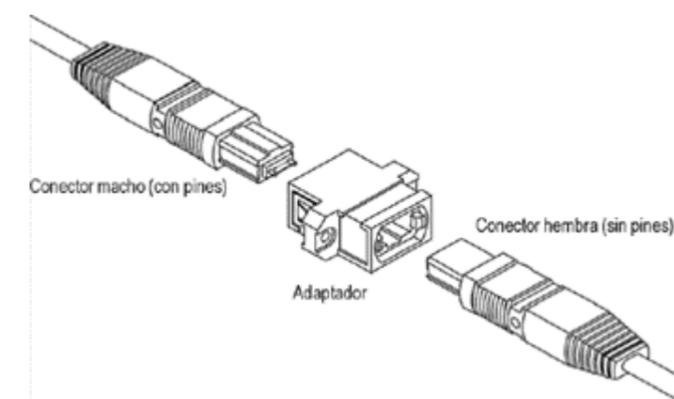
Conector MPO (Multi-Fibra Push On)

Conectores, cables y cordones para dos o más hilos de fibra óptica. También conocidos como tipo Array (TIA).

Las normas para centros de datos ISO/IEC 24764 y ANSI/TIA-942-B especifican conectores MPO para interfaces de más de dos hilos de fibra óptica.

Son conectores ópticos multifibra que pueden contener de 04 a 72 fibras ópticas en un solo conector. Inicialmente, su aplicación tenía como objetivo optimizar el backbone óptico, reemplazando el paso de varios cables de una o dos fibras. Actualmente, hay un nuevo enfoque en el desarrollo de aplicaciones para 40 Gbps y 100 Gbps, así como nuevas aplicaciones para 200 Gbps y 400 Gbps en fibras ópticas multimodo y en Transceptores con conectores MPO.

Actualmente, las aplicaciones más utilizadas incluyen conectores de 12 y 24 fibras. Están disponibles en versiones macho (con pines guía) o hembra (sin pines guía), y siempre debe haber una conexión entre un elemento "macho" y un elemento "hembra".



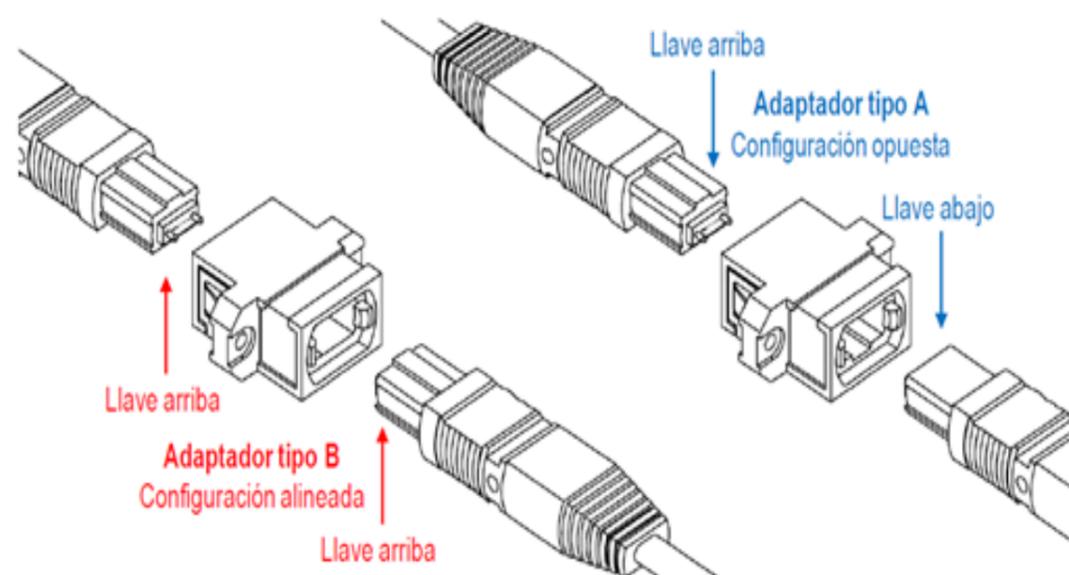
Adaptador MPO

Los adaptadores MPO son elementos que se alinean entre dos conectores MPO. Tienen polaridad según la posición de la chaveta de encaje del conector.

Teniendo en cuenta que los conectores MPO deben ser compatibles en género y polaridad. El funcionamiento correcto de un canal óptico MPO depende de la combinación correcta de estas dos variables para ser funcional.

Para facilitar el diseño del canal óptico y garantizar la compatibilidad con las redes heredadas (que pueden tener género y polaridades distintas de los productos suministrados actualmente), se ha desarrollado el conector MPO Universal, que le permite cambiar el género del conector de macho a hembra y viceversa, y polaridad, de key-up/key-up para cambio de género del Conector MPO de macho a hembra y viceversa.

Además del beneficio de una mayor flexibilidad en el diseño y mantenimiento de los canales ópticos MPO, se gana en la gestión de los componentes ópticos, por el menor número de piezas requeridas.

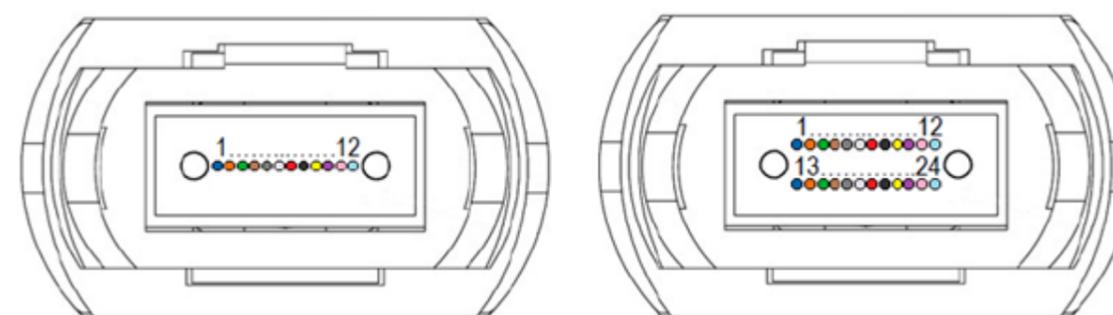


Normas de Conectores MPO

IEC 61754-7-1 (2014), Fibre optic connector interfaces – Part7-1: Type MPO connector family – One fiber row.

IEC 61754-7-2 (2014), Fibre optic connector interfaces – Part7-2: Type MPO connector family – Two fiber rows.

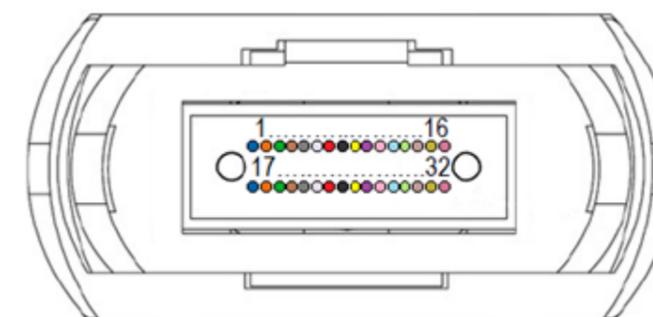
TIA-604-5-E (2015), FOCIS 5 Fiber Optic Connector Intermate ability Standard – Type MPO.



MPO-16

IEC CD 61754-7-3, Fibre optic connector interfaces - Part 7-3: Type MPO connector family - Two fiber rows 16 fiber wide

TIA-604-18 (2015), FOCIS 18 Fiber Optic Connector Intermate ability Standard - Type MPO-16 fiber.



Conectores MPO Base 8/12/16/24/32

El desarrollo de equipos con conectores MPO ha traído la posibilidad de transmisiones paralelas utilizando múltiples fibras. Esto optimiza el número de transceptores en equipos con mayores capacidades de transmisión.

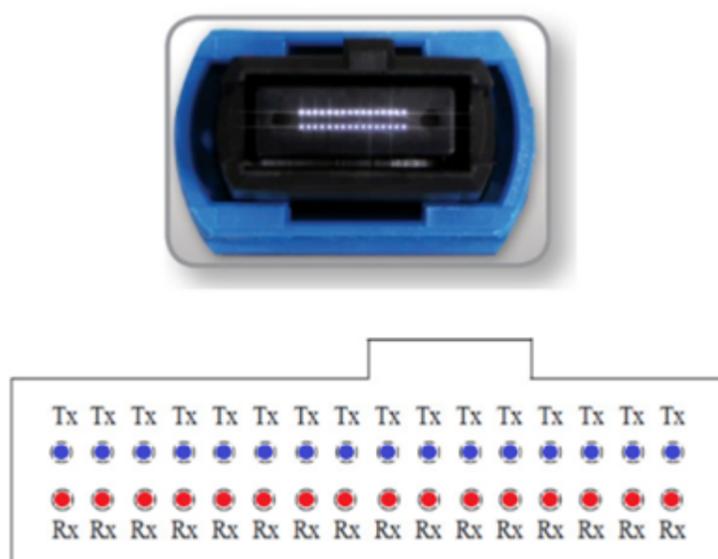
El uso de conectores MPO con 12 y 24 fibras ópticas con transmisión paralela de 8 fibras (4 fibras transmisoras y 4 fibras que reciben señal) y 20 fibras (10 fibras transmisoras y 10 fibras receptoras) respectivamente, termina desperdiciando recursos, impactando en la infraestructura y la densidad de puertos en DIOs (Distribuidores internos ópticos). Por lo tanto, lo que se llama Base 8 se generó con los conectores MPO con 8 fibras.

Además, existen otros estándares de transmisión para aplicaciones de 200Gbps y 400Gbps e incluso 800 Gbps con conectores de 16 y 32 fibras que están siendo normalizados.

Draf IEEE 802.3bs 400GBase-SR16

Asignaciones de líneas ópticas.

Las 16 líneas ópticas de transmisión y 16 de recepción de 400GBase-SR16 ocuparán las posiciones que se muestran en la figura al mirar dentro del receptáculo MPO (MDI) con la función de ranura del conector en la parte superior. La interfaz contiene 32 líneas activas. Las líneas ópticas de transmisión ocupan las 16 posiciones superiores. Las líneas ópticas de recepción ocupan las 16 posiciones inferiores.

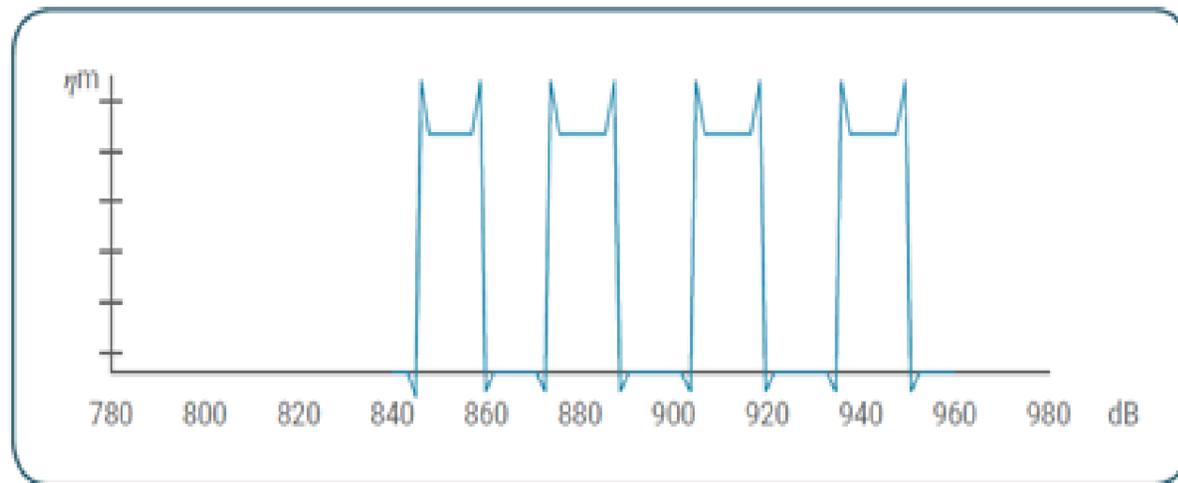


Hasta hace poco, OM3 y OM4 (fibra multimodo optimizada para láser [LOMMF]) eran las opciones principales de cableado de fibra multimodo para admitir los protocolos 10G, 40G y 100G Ethernet, InfiniBand y Fibre Channel.

Sin embargo, a medida que los requisitos de ancho de banda aumentan mucho más rápido que la curva de tecnología de transceptor basada en VCSEL, resulta más costoso que los sistemas de cableado de fibra óptica admitan la migración de velocidad Ethernet de próxima generación. Por ejemplo, en el borrador del estándar IEEE 802.3bs, se ha especificado 400GBase-SR16 para reutilizar la tecnología 100GBase-SR4, pero requiere un nuevo conector MPO-32 en lugar de un conector MPO-12. (en la imagen de arriba: Interfaz 400GBase-SR16 (MPO-32)).

Una alternativa potencial: fibra multimodo de banda ancha. La fibra multimodo de banda ancha (WBMMF) es un desarrollo de ANSI / TIA que puede hacer frente a las crecientes velocidades de datos y la infraestructura necesaria para admitir un mayor ancho de banda. Utiliza longitudes de onda para aumentar la capacidad de cada fibra en al menos un factor de cuatro, lo que permite al menos un aumento de cuatro veces la velocidad de datos (o una reducción de cuatro veces la cantidad de fibras necesarias para lograr una determinada velocidad de datos. En lugar de utilizar cuatro fibras independientes) Para transmitir cuatro señales ópticas, las señales se pueden enviar por una fibra a través de cuatro ventanas operativas independientes.

ANSI / TIA-492AAAE el nuevo estándar de fibra multimodo de banda ancha, fue aprobado para su publicación en junio de 2016 después de un estudio industrial de 20 meses realizado por un grupo de trabajo especial de TIA dentro de TR-42.11 (Subcomité de sistemas ópticos) y TR-42.12 (Subcomité de Cables y Fibras Ópticas). La Organización Internacional de Normalización / Comisión Electrotécnica Internacional (ISO / IEC) ha decidido recientemente la nomenclatura para el cable de fibra multimodo de banda ancha: OM5. Este nuevo estándar de cable de fibra ya ha sido mencionado por el grupo de trabajo IEEE 802.3 para el desarrollo de estándares Ethernet de próxima generación.



Ventanas de transmisión F.O. multimodo OM5

A medida que aumenta el ancho de banda de la fibra OM5, las transmisiones de 40 Gbps o 100 Gbps pueden realizarse sobre un solo par de fibras utilizando diferentes longitudes de onda (850 nm, 880 nm, 910 nm e 940 nm). Una aplicación 100GBASE-SWDM4, por ejemplo, puede realizar cuatro transmisiones de 25 Gbps sobre un par de fibras a diferentes longitudes de onda. Esto significa una reducción cuádruple en la cantidad de fibra óptica necesaria, menos uso de infraestructura y facilidad de administración.

En el futuro también será posible alcanzar velocidades de 200 Gbps y 400 Gbps con transmisiones a través de un solo par de fibras ópticas. Sin lugar a duda, la tecnología SWDM de fibra óptica OM5 abre nuevas perspectivas para el uso de aplicaciones 40G, 100G, 200G e 400G, con un mejor uso de la infraestructura, equipos y optimización del espacio en los Data Centers. Y la fibra óptica OM5 confirma la tendencia de evolución de la capacidad de transmisión de las fibras multimodo.

Fiber cable type ISO/IEC 11801	Glass fiber specification TIA-492AAx	Core diameters (um)	Max refractive index difference	Minimum modal bandwidth (MHz-Km)				Maximum glass fiber attenuation (dB/km) TIA-492AAx IEC 60793-2-10				Maximum fiber cable attenuation (dB/km) TIA 568-3-D ISO/IEC 11801			IEEE 802.3 link Distance						
				Overfilled launch (OFL) bandwidth			Effective modal bandwidth		850 nm		1300 nm		850 nm		1300 nm		100-SR	10G-R	40G-SR4 & 100-SR10	100G-SR4 & 400G-SR16	50G-SR & 200G-SR4*
				850nm	953nm	1300nm	850nm	953nm	850 nm	953 nm	1300 nm	1300 nm	850 nm	953 nm	1300 nm						
OM1	TIA-492AAAA	62,5	00.2	200		500				3.2			0.9	3.5	1.5	275m	33 m				
OM2	TIA-492AAAB	50	0.01	500		500				3			1	3.5	1.5	550m	82m				
OM3	TIA-492AAAC	50	0.01	1500		500	2000			2.5			0.8	3.0	1.5		300m	100m	70m	70m	
OM4	TIA-492AAAD	50	0.01	3500		500	4700			2.5			0.8	3.0	1.5		400m	150m	100m	100m	
OM5	TIA-492AAAE(WB MMF)	50	0.01	3500		500	4700	2470		2.5	1.8		0.8	3.0	2.3	1.5	no spec	400m	100m	100m	100m

Polaridad

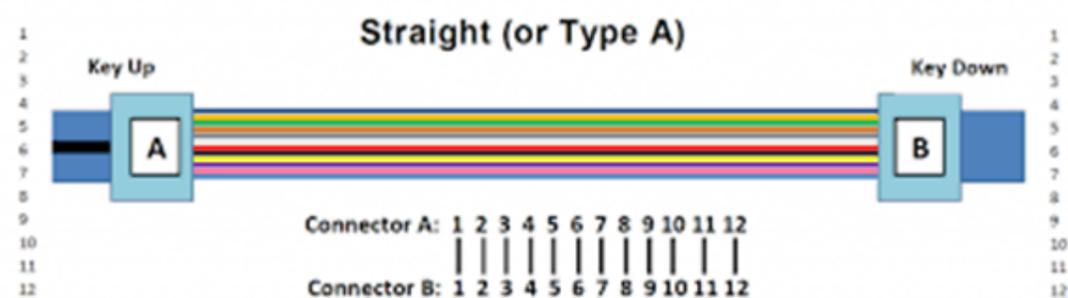
Todos los métodos de conectividad óptica tienen el mismo propósito: crear una ruta de comunicación entre la puerta de transmisión de un equipo y la puerta de recepción del otro equipo. Hay diferentes formas de lograr esto, pero no son interoperables. Por lo tanto, hay que elegir con cuidado y mantener el mismo patrón durante toda la vida útil de la instalación.

A continuación, presentamos los estándares reconocidos por ANSI/TIA-568.3-D.

Estándar ANSI/TIA-568-C

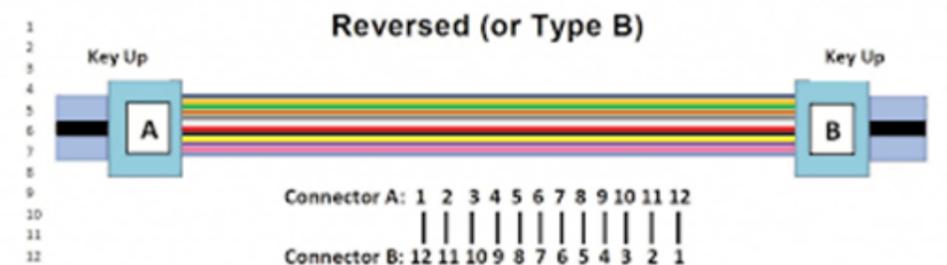
El estándar ANSI/TIA-568-C reconoce tres métodos para configurar la transmisión en paralelo:

TIPO A



Los cables MPO-MPO de TIPO A, la fibra 1 en un extremo representa la fibra 1 en el otro extremo.

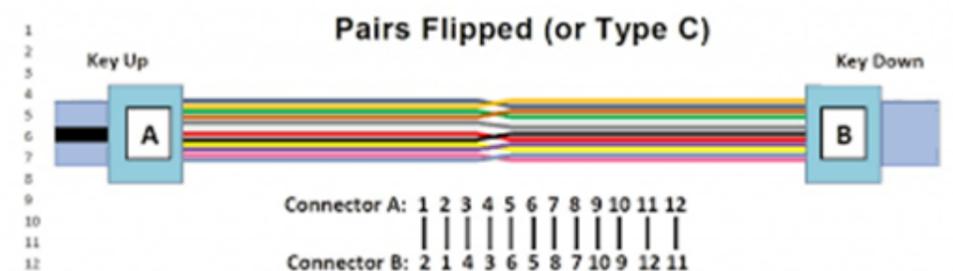
TIPO B



Los cables MPO-MPO del Tipo B, la fibra 1 en un extremo representa la fibra 12 en el otro extremo. En este caso, ocurre una inversión completa de las fibras.

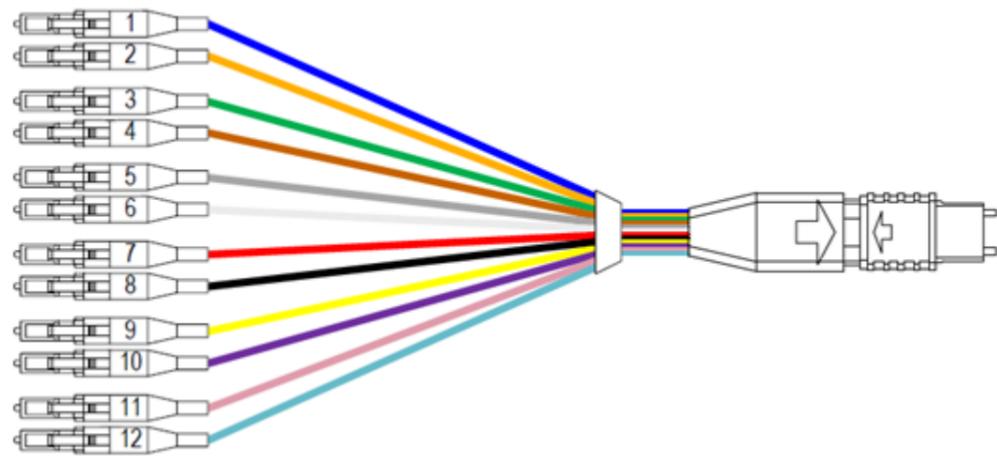
TIPO C

Los cables MPO-MPO del TIPO C, la fibra 1 en un extremo representa la fibra 2 en el otro extremo. Solo se produce la inversión por "par" de fibras (es decir, se considera fibra 1 y 2 un par de fibras, o un canal óptico).

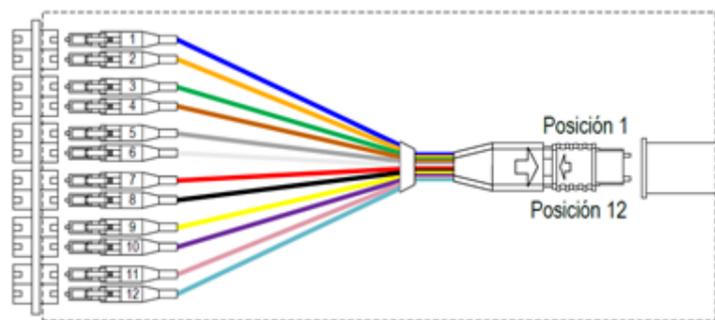


Con todos los elementos del cableado tipo B, las futuras migraciones de redes 1/10G para redes 40/100G o 200/400 G o futuras velocidades, se simplifican y, por lo tanto, se podrán aplicar productos que son estándares de suministro. Estos incluyen protocolos aún no aprobados por el IEEE, tales como: 40G BiDI, 40G SWDM y 100G SWDM y nuevos protocolos de transmisión: 800 Gbps 1,6 Tbps.

Cable de conversión duplex a multifibra.



Módulo de conversión duplex a multifibra



Método A Inversión en cordón. Requiere cordones distintos tanto para canales dúplex como para canales paralelos.

Método B Inversión en módulo. Requiere módulos distintos para canales dúplex. Ideal para soporte de canales paralelos.

Método C Inversión en troncal. Cordones y módulos idénticos para canales dúplex y cordones distintos para canales paralelos.

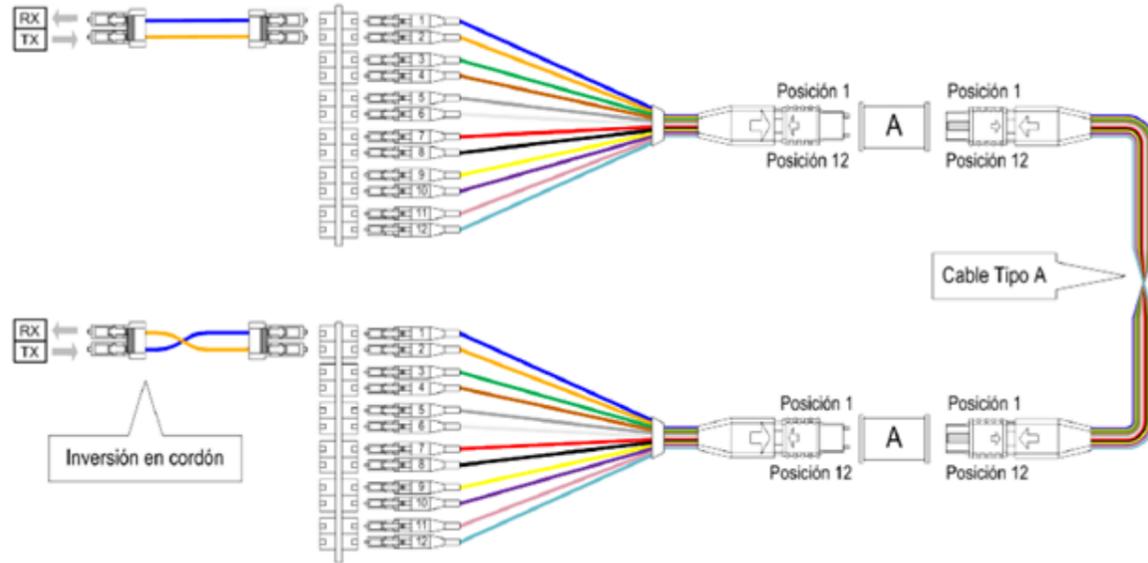
Componentes para canales dúplex en enlaces multifibra

MÉTODO	CORDONES	CONVERSIÓN	ADAPTADORES	CABLE
A	Uno A-B y Uno A-A	Estándar	Tipo A alineado	Tipo A
B	A-B	Uno estándar y otro con par invertido	Tipo B opuesto	Tipo B
C	A-B	Estándar	Tipo A alineado	Tipo C (par invertido)

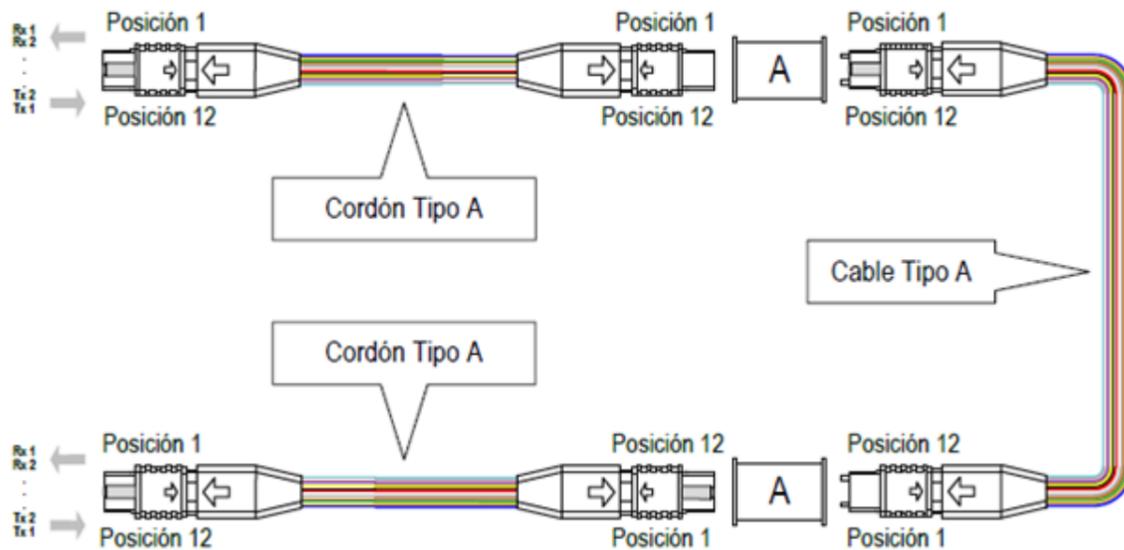
Componentes para canales multifibra

MÉTODO	CORDONES	ADAPTADORES	CABLE
A	Uno tipo A y uno Tipo B	Tipo A alineado	Tipo A
B	Tipo B	Tipo B opuesto	Tipo B
C	Uno Tipo B y uno Tipo C	Tipo A alineado	Tipo C (par invertido)

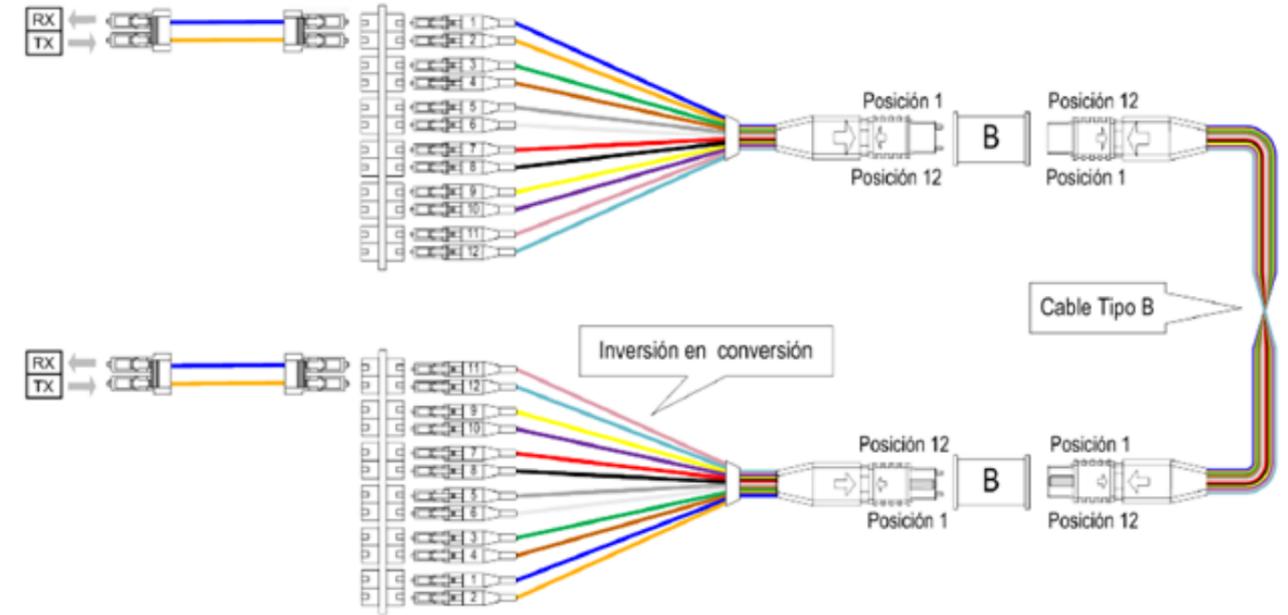
Polaridad para canales dúplex Método A



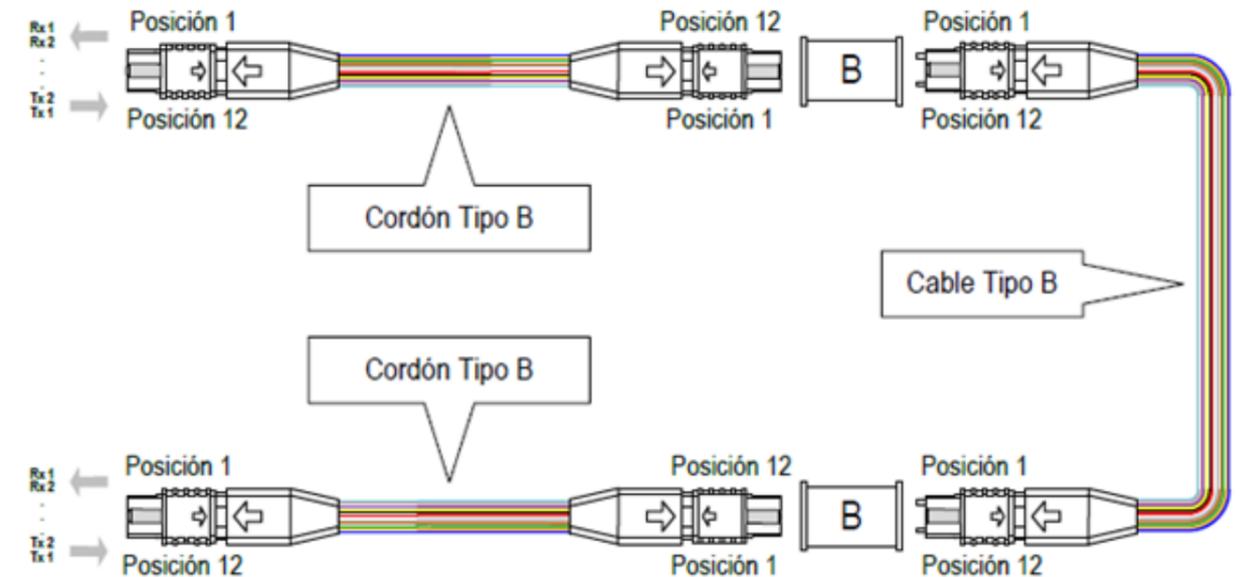
Polaridad para canales multifibra Método A



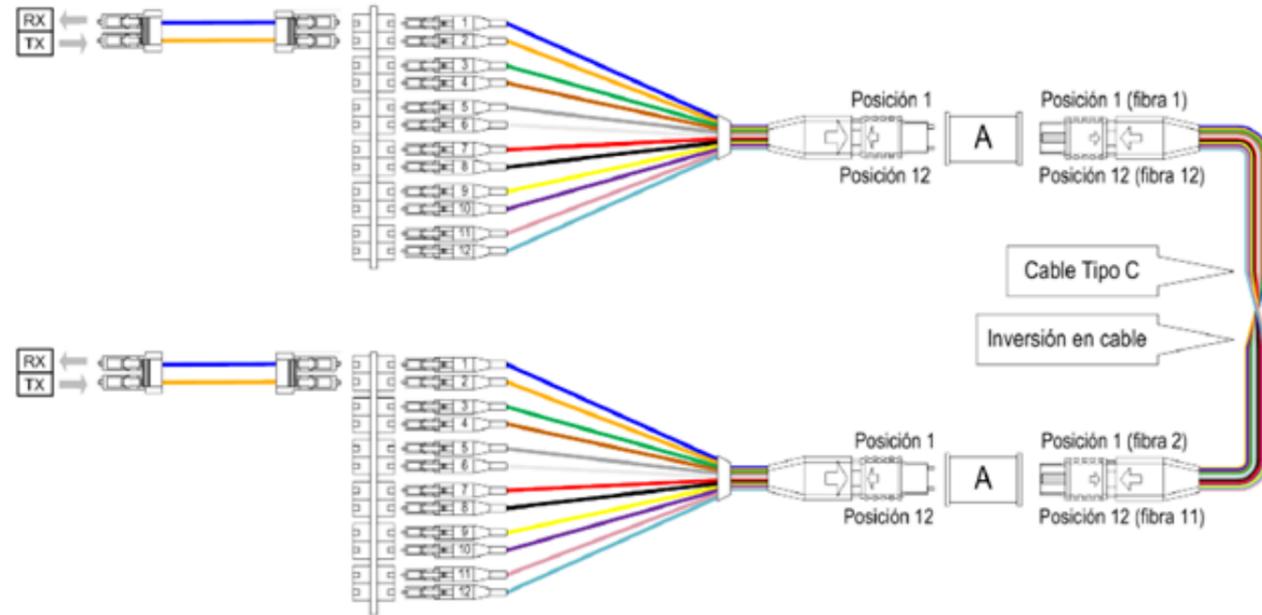
Polaridad para canales dúplex Método B



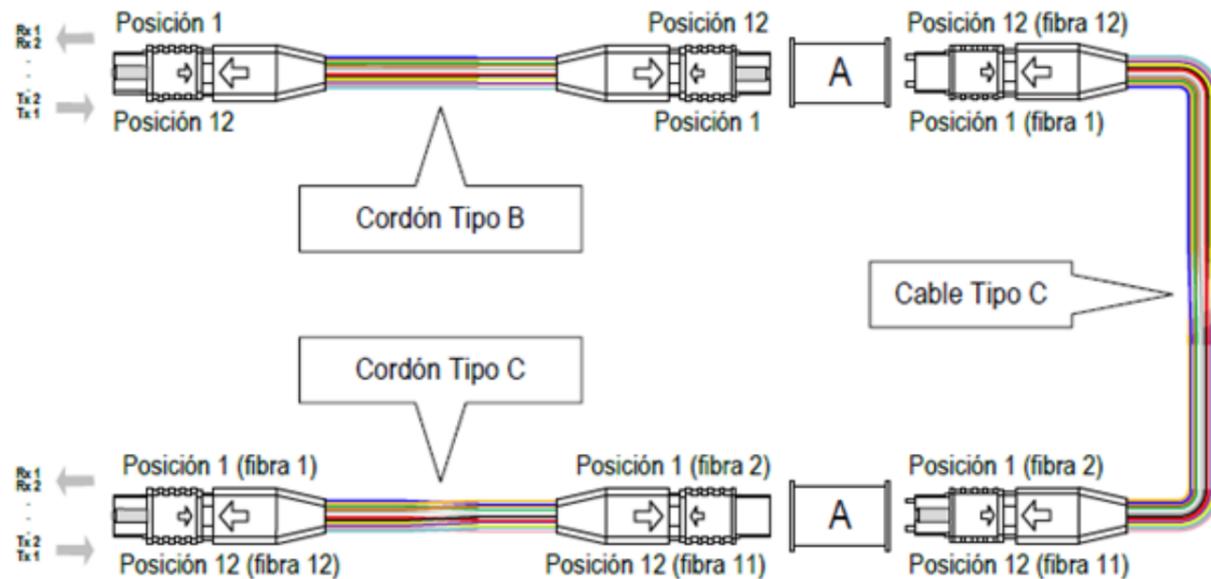
Polaridad para canales multifibra Método B



Polaridad para canales dúplex Método C



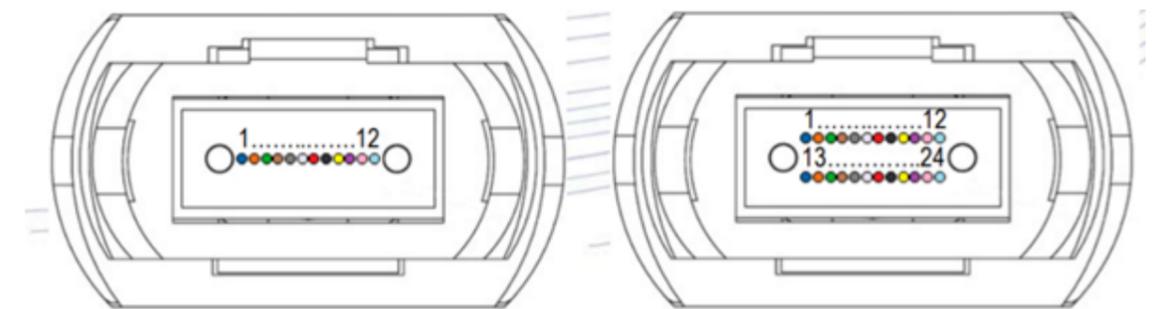
Polaridad para canales multifibra Método C

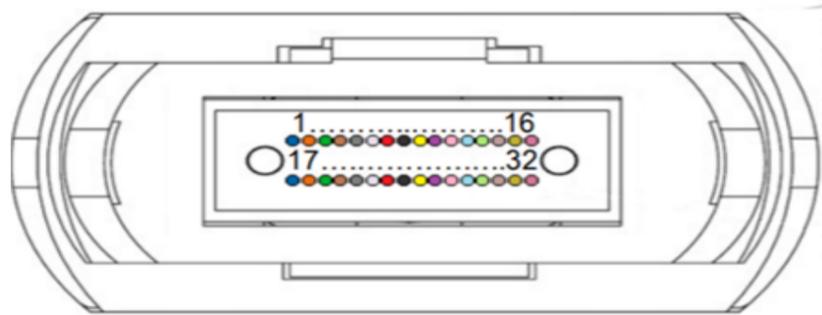


Para canales con dos o más conexiones, es necesario verificar:

- El estándar macho / hembra para todas las conexiones MPO.
- Las polaridades de los productos, teniendo en cuenta que para la transmisión en 40G es necesario tener un número impar o 100% de componentes TIPO B en el canal.
- Estimación de pérdida óptica del canal óptico o Loss Budget, que es la suma de las pérdidas de inserción (IL [dB]) de componentes ópticos pasivos presentes en el canal según ANSI/TIA-568-3.D.

De acuerdo con la representación estándar ANSI/TIA-568-3.D., los canales que viajan a través de un par de fibras ópticas, como 1/10G/40G BiDi/40G SWDM4 (QSFP+) y 100GSWDM4 (QSFP28), se pueden configurar de la siguiente manera:





Type MPO connector family - Two fiber rows 16 fiber wide

Soluciones Preconectorizadas Multifibra

Solución de cables troncal MPO (MTP) y módulos MPO a LC aplicación Ideal para centros de datos, tiene las siguientes ventajas:

- Consistencia, uniformidad y calidad de terminación
- 100% terminados y probados en fábrica
- No requiere terminación en campo
- Reduce tiempo de instalación
- Reduce fallos
- Migración de 10G a 40G/100G

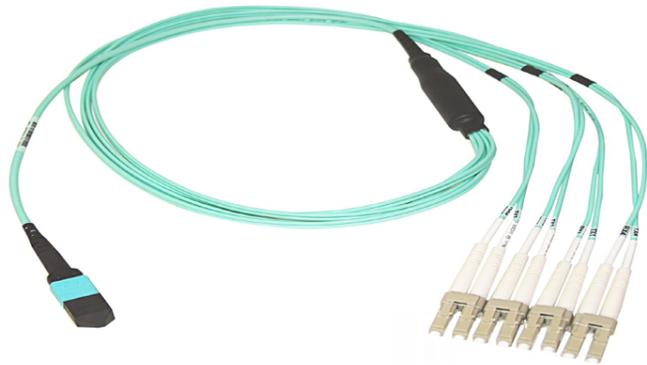


Ilustración 24 Latiguillo MPO a 4 LC dúplex



Latiguillo MPO a MPO, OM4

Especificaciones de Fibra Óptica

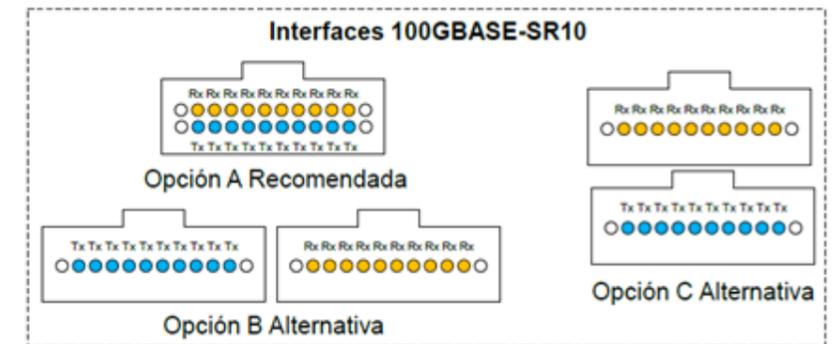
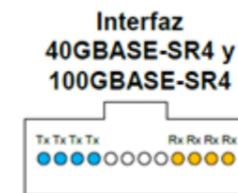
Categoría de fibra óptica	Longitud de onda (nm)	Atenuación máxima (dB/Km)	Ancho de Banda Modal Mínimo sobrellenado (MHZ-KM)	Ancho de Banda Modal Mínimo efectivo (MHZ-KM)
Multimodo OM3-50/125um	850	3.5	1500	200
	1300	1.5	500	No Se requiere
Multimodo OM4 50/125 um	850	3.5	3500	4700
	1300	1.5	500	No Se requiere
Multimodo OM5 50/125 um	850	3.0	3500	4700
	953	2.3	1850	2040
	1300	1.5	500	
Monomodo OS1a	1310	1.0	-	-
	1383	1.0	-	-
	1550	1.0	-	-
Monomodo OS2	1310	0.4	-	-
	1383	0.4	-	-
	1550	0.4	-	-

Soporte de Aplicaciones Ethernet en FO Multimodo Dúplex

Aplicación	Longitud de onda (nm)	OM1	OM2	OM3	OM4
1000BASE-SX	850	2.6 dB	3.6 dB	(Ver 1 GFC)	(Ver 1 GFC)
		275 m	550 m		
1000BASE-LX	1300	2.3	2.3 dB	2.3 dB	2.3 dB
		550 m	550 m	550 m	550 m
10GBASE-S	850	2.4 dB	2.3 dB	2.6 dB	2.9 dB
		33 m	82 m	300 m	400 m
10GBASE-LX4	1300	2.5 dB	2.0 dB	2.0 dB	2.0 dB
		300m	300 m	300 m	300 m
10GBASE-LRM	1300	1,9 dB	1.9 dB	1.9 dB	1.9 dB
		220 m	220 m	220 m	220 m
25GBASE-SR	850			1.8 dB	1.9 dB
				70 m	100 m

Soporte de Aplicaciones Ethernet en FO Multimodo Multifibra

Aplicación	Longitud de onda	Nº Fibras	OM3	OM4
40GBASE-SR4	850 nm	8	1.9 dB	1.5 dB
			100 m	150 m
Multimodo OM4 50/125 um	850 nm	8	1.8 dB	1.9 dB
			70 m	100 m
Multimodo OM5 50/125 um	850 nm	20	1.9 dB	1.5 dB
			100 m	150 m



Latiguillos de Conversión

Permiten mayor densidad y menor pérdida que los módulos de conversión

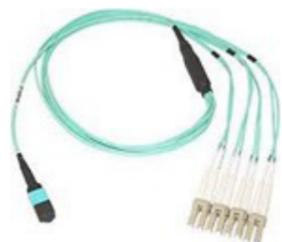
Latiguillo MTP 2:3 para 40GBASE-SR4 y 100GBASE-SR4



Latiguillo MTP 1:2 para 100GBASE-SR10



Latiguillo MTP a 4 LC dúplex (40G Link Aggregation)



Paso de 12 a 8 F.O en conexiones MPO

La conectividad MPO de 12 fibras nació a mediados de los 90s y contribuyó al desarrollo de la infraestructura en centros de datos, es una tecnología divisible para soporte de aplicaciones dúplex, sin embargo, los nuevos protocolos SR4 y QSFP+/QSFP28se basan en interfaces de 8 fibras – NO 12:

- **40GBASE-SR4** (4 para transmisión y 4 para recepción a 10 Gb/s).
- **100GBASE-SR4** (4 para transmisión y 4 para recepción a 25 Gb/s)
- **Multimodo y monomodo** paralelo a velocidades de 200G y 400G en desarrollo también sobre una base de 8 fibras.
- **Canales en las normas actuales y emergentes de 10G a 400G**, se dividen ya sea en 2 o en 8 fibras, NO en 12.

Al utilizar conectividad de 12 fibras para aplicaciones de 8 fibras, se deja un 33% de las fibras sin uso. Para alcanzar el 100% de utilización con la conectividad de 12 fibras, se requieren módulos o cordones de conversión 2:3 (Dos MPO de 12 fibras a tres conectores MPO de 8 fibras).

Los módulos o cordones de conversión agregan complejidad y atenuación al enlace. Los módulos agregan más material y mayor pérdida debido a una conexión extra. Cuando utilizamos 8 fibras o múltiplos de 8 tenemos :

Ventajas

- Logra el 100% de utilización de fibra sin necesidad de cordones o módulos conversión complejos y costosos.
- Mucho mejor desempeño que los módulos de conversión, los cuales agregan mayor atenuación al canal, limitando la distancia soportada y el número de conexiones
- Ofrece la forma más sencilla de migración de 10G a 40G/100G. Puede usarse en aplicaciones de puertos dúplex y paralelos