Infraestructura Física para la Arquitectura Ethernet Convergente en toda la Planta

Guía de Aplicación

Febrero 2023

Número de Referencia del Documento: ENET-TD020B-EN-P-SPA

Prefacio

Ethernet Convergente en la Planta (en inglés: *Converged Plantwide Ethernet* CPwE) es una colección de diseños de arquitectura probados y validados. La prueba y validación siguen las metodologías de *Cisco Validated Design* (CVD) y *Cisco Reference Design* (CRD). El contenido de CPwE, relevante tanto para la disciplina de la tecnología operativa (TO) como la de tecnología informática (TI), consiste en arquitecturas documentadas, mejores prácticas, lineamientos, y ajustes de configuración para ayudar a operaciones industriales y OEMs alcanzar el diseño y despliegue de una infraestructura de red industrial escalable, confiable, segura y preparada para el futuro, a lo largo de toda la planta o sitio. CPwE también ayuda a operaciones industriales y OEMs a alcanzar una reducción de costos usando diseños probados que facilitan un despliegue rápido y minimizan el riesgo al desplegar nueva tecnología. CPwE llega al mercado a través de un ecosistema CPwE que incluye a Cisco, Panduit y Rockwell Automation, fruto de la alianza estratégica entre Cisco Systems, Panduit y Rockwell Automation.

Las arquitecturas de red resilientes juegan un papel crucial en ayudar a confirmar la productividad y el tiempo de actividad en toda la planta o sitio. Los requisitos de aplicaciones de Automatización Industrial y Control de Sistemas (*Industrial Automation and Control System:* IACS), como la disponibilidad y el desempeño, impulsan la elección de tecnología resiliente. Una arquitectura de red escalable, holística y confiable en toda la planta o sitio se compone de múltiples tecnologías (lógicas y físicas) desplegadas en diferentes niveles dentro de las arquitecturas de la planta o sitio. Al elegir tecnología resiliente, varios factores de las aplicaciones IACS deben evaluarse, incluyendo la distribución física de los dispositivos IACS (su dispersión geográfica), tiempo de recuperación, desempeño, tipo de medios de enlaces ascendentes, tolerancia a la latencia de datos e inestabilidad, y requerimientos a futuro.

Infraestructura Física para la Arquitectura Ethernet Convergente en toda la Planta, documentada en esta Guía de Aplicación, esboza varios casos de uso del nivel físico de la infraestructura para diseñar y desplegar arquitecturas confiables en OEM, plantas o sitios completos para aplicaciones de Automatización Industrial y Control de Sistemas (IACS).

Notas de Publicación

Esta sección resume la publicación de febrero 2023:

- La Guía de Cableado de Fibra Óptica, independiente, se incluyó dentro de esta guía
- Cobertura expandida de asesoramiento para conectividad inalámbrica industrial
- Inclusión de SPE (*Single Pair* Ethernet) y Ethernet-APL
- Se añadieron tópicos adicionales: longitud mínima/máxima del cable, SFPs de alta velocidad y sistemas de Pasacables.
- Números de Parte Actualizados

Organización del Documento

Este documento se compone de los siguientes capítulos y apéndices:

	Descripción
Resumen del Nivel Físico de CPwE	Brinda un resumen del Nivel Físico de CPwE y los casos de uso en esta publicación.
Diseño de la Infraestructura Física de la Red para la Arquitectura Lógica de CPwE	Introduce conceptos clave y aborda elementos de diseño comunes para mapear la infraestructura física al diseño Lógico de la Red CPwE, requisitos clave y consideraciones, pruebas de enlace, consideraciones de la infraestructura física inalámbrica.
Diseño de Infraestructura Física para la Zona de Celda/Área	Describe la Infraestructura de la Zona de Celda/Área para aplicaciones y las ubicaciones de los *Switches* Industriales Ethernet (IES) Allen-Bradley® Stratix®, incluyendo IES en paneles de control y/o componentes.
Diseño de la Infraestructura Física para la Zona Industrial	Describe la Infraestructura Física para la distribución de la red en la Zona Industrial (una o más Zonas de Celda/Área) usando Marcos de Distribución Industrial (IDF), enrutamiento industrial, y conectividad/medios robustos.
Despliegue de Infraestructura Física en Operaciones de Sitio de Nivel 3	Describe la Infraestructura Física para Operaciones de Nivel 3, incluuendo Centros de Datos Industriales (IDCs) para recursos de cómputo, almacenamiento y *switcheo* para *software* y servicios en operaciones industriales.
Referencias	Vínculos a documentos y sitios web relevantes para esta Guía de Aplicación.
Acrónimos y Siglas	Lista de acrónimos y siglas utilizadas en este documento.

Para Mayor Información

Encuentre más información sobre Guías de Diseño e Implementación de CPwE en las siguientes URLs:

- Sitio de Rockwell Automation:
  - https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/industrial-networks/network-architectures.html
- Sitio de Cisco:
  - http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise/design-zone-manufacturing/landing_ettf.html
- Sitio de Panduit:
  - www.panduit.com/cpwe

Nota Esta publicación de Arquitectura CPwE se enfoca en EtherNet/IP™, que usa el Protocolo Común Industrial (*Common Industrial Protocol*, CIP™) de ODVA, Inc., y está listo para Internet Industrial de las Cosas (*Industrial Internet of Things*, IIoT). Para mayor información sobre EtherNet/IP, CIP Sync™, CIP Security™, y DLR, vea odva.org en la siguiente URL:

- http://www.odva.org/Technology-Standards/EtherNet-IP/Overview

CAPÍTULO 1

Resumen del Nivel Físico de CPwE

Este capítulo incluye los siguientes temas principales:

- Resumen de CPwE, página 1-1
- Resumen de las Arquitecturas Resilientes CPwE IACS, página 1-2
- Casos de Uso de Soluciones CPwE del Nivel Físico, página 1-3

La tendencia dominante en redes de Automatización Industrial y Sistemas de Control (IACS) es la convergencia de la tecnología, específicamente Tecnología Operativa (OT) de IACS con Tecnología Informática (IT). El Ethernet Convergente en la Planta (CPwE) ayuda a habilitar la convergencia de la tecnología de redes y seguridad de IACS, incluyendo la convergencia de OT-IT, usando servicios estándar de redes Ethernet, *Internet Protocol* (IP), y EtherNet/IP. Una arquitectura IACS de OEM convergente, confinable y segura en toda la planta o sitio ayuda a habilitar el Internet Industrial de las Cosas (IIoT).

Resumen de CPwE

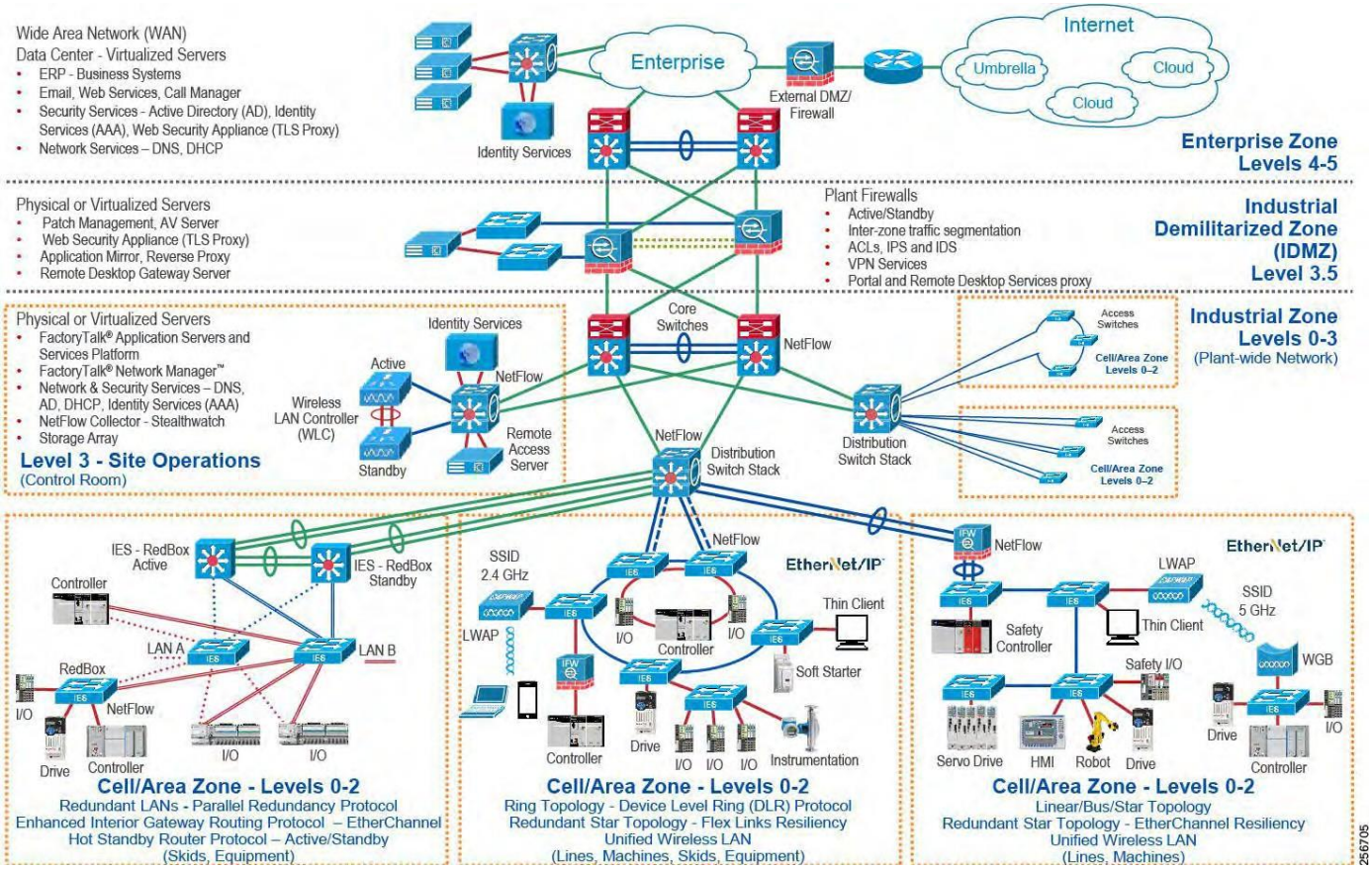
CPwE es la arquitectura subyacente que brinda los servicios estándar de red y seguridad para las disciplinas de control e información, dispositivos y equipos en las aplicaciones IACS modernas. Las arquitecturas CPwE (Figura 1) fueron diseñadas, probadas y validadas para brindar asesoramiento en el diseño e implementación, resultados de pruebas y ajustes de configuración documentados. Esto puede ayudar a alcanzar los requisites de comunicación en tiempo real, confiabilidad, escalabilidad, seguridad y resiliencia de las aplicaciones IACS modernas. El contenido y los principios clave de CPwE son relevantes tanto para OT como para IT. Estos principios incluyen:

- Dispositivos IIoT Inteligentes: Controladores, I/O, manejadores, instrumentación, actuadores, analítica y una única tecnología de red IIoT (EtherNet/IP), que facilitan la coexistencia de tecnología y la interoperabilidad de los dispositivos IACS, lo que ayuda a habilitar la elección de los mejores dispositivos IACS.
- Segmentación (Zonas): Redes LAN más pequeñas y conectadas, áreas funcionales y grupos de seguridad.
- Infraestructura Gestionada: *Switches Core*/de distribución Cisco Catalyst® y *Switches* Ethernet Industriales (IES) Allen-Bradley Stratix.
- Resiliencia: Un nivel físico robusto y topologías resilientes y redundantes.

con protocolos de resiliencia.

- Datos Urgentes: Priorización de la información y sincronización de la hora vía CIPSync e IEEE-1588 *Precision Time Protocol* (PTP).
- Inalámbrico: Redes LAN Inalámbricas (WLAN) Unificadas para permitir la movilidad de equipo y personal.
- Seguridad Holística de Defensa Profunda: Múltiples niveles de tecnologías diversas para detección y prevención de amenazas, implementados por equipos distintos (por ejemplo, TO y TI) y aplicados en diferentes niveles de la arquitectura IACS en la planta o el sitio.
- Listo para la Convergencia: Una integración integral de la planta o el sitio por aplicaciones de socios confiables.

Figura 1-1 Arquitecturas CPwE



Resumen de Arquitecturas Resilientes IACS CPwE

Una IACS se despliega en una gran variedad de industrias como la automotriz, farmacéutica, bienes de consumo empacados, papelera, gas y petróleo, minería, y energía. Las aplicaciones IACS se componen de múltiples disciplinas de control e información como un proceso continuo, lote, discreto y combinaciones híbridas. Uno de los retos para las operaciones industriales es el endurecimiento industrial de las tecnologías estándar de redes IACS Ethernet y de IP-convergente para aprovechar los beneficios de negocios asociados con IIoT. Una arquitectura de

LAN resiliente puede ayudar a incrementar la efectividad general del equipo (OEE) de la IACS reduciendo el impacto de una falla y la velocidad de recuperación de un paro, acortando el Tiempo Medio Hasta Reparación (Mean-Time-to-Repair; MTTR).

Proteger la disponibilidad de los activos IACS requiere un enfoque de defensa profunda escalable, que necesita varias soluciones diferentes para cubrir varios requisitos de resiliencia de la red para OEM, en arquitecturas en la planta o en el sitio. Esta sección resume la asesoría de aplicaciones CPwE de Cisco, Panduit y Rockwell Automation que abordan diferentes aspectos de disponibilidad para aplicaciones de IACS con IIoT.

- *Deploying Device Level Ring within a Converged Plantwide Ethernet Architecture Design and Implementation Guide* esboza varios casos de uso para diseñar y desplegar tecnología DLR en los niveles de dispositivos, *switches* y combinado de dispositivos/*switches* IACS, en topologías de único o varios anillos a lo largo de OEM y aplicaciones LAN IACS en planta o sitio.
  - Sitio de Rockwell Automation: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td015_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise/design-zone-manufacturing/landing_ettf.html
- *Deploying Parallel Redundancy Protocol within a Converged Plantwide Ethernet Architecture Design and Implementation Guide* esboza varios casos de uso para diseñar y desplegar tecnologías de Protocolo de Redundancia Paralela (*Parallel Redundancy Protocol;* PRP) con LANs redundantes en aplicaciones IACS en planta o sitio.
  - Sitio de Rockwell Automation: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td021_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise/design-zone-manufacturing/landing_ettf.html
- *Deploying A Resilient Converged Plantwide Ethernet Architecture Design and Implementation Guide* esboza varios casos de uso para diseñar y desplegar arquitecturas resilientes en planta o sitio para aplicaciones IACS, usando un nivel físico robusto y topologías LAN resilientes con protocolos de resiliencia.
  - Sitio de Rockwell Automation: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td010_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise/design-zone-manufacturing/landing_ettf.html

Casos de Uso de Soluciones de Nivel Físico de CPwE

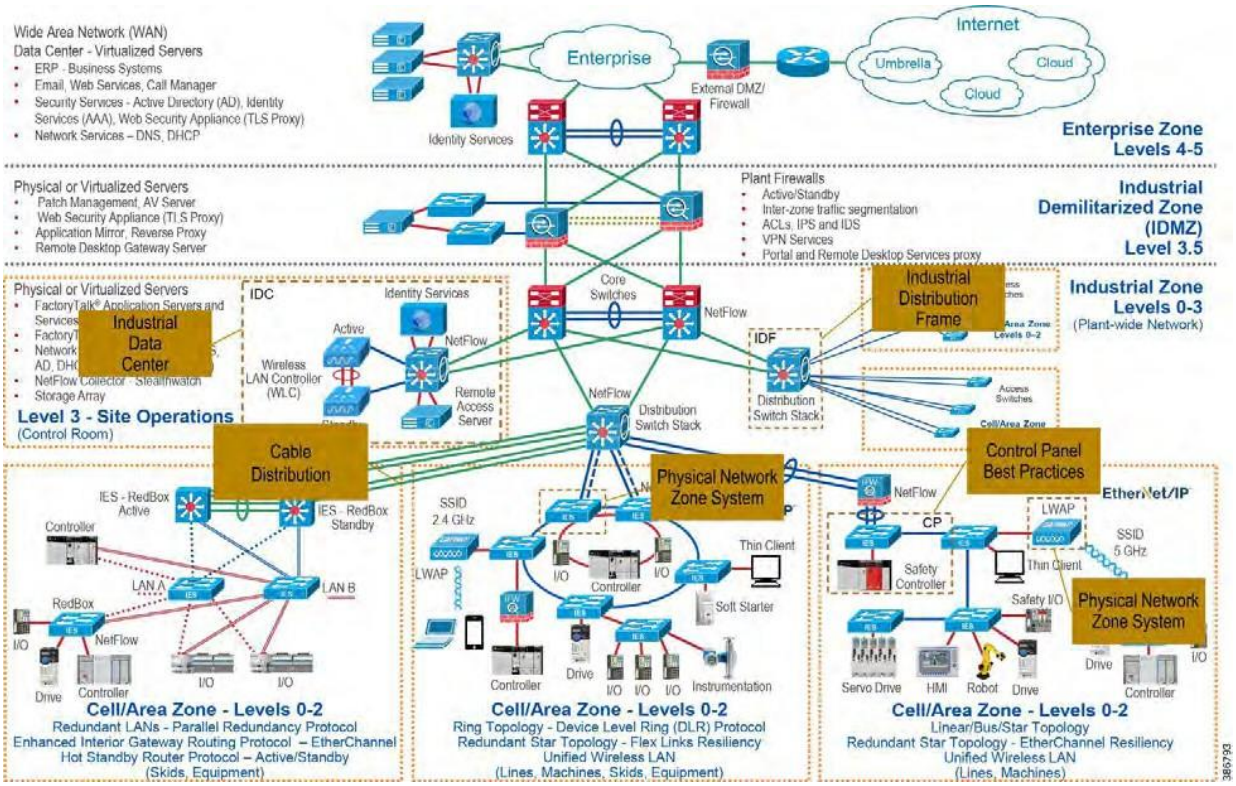
El despliegue exitoso de arquitecturas lógicas de CPwE depende de un diseño robusto de la infraestructura física de red que aborde los desafíos ambientales y de desempeño con las mejores prácticas de la Tecnología Operativa (TO) y la

Tecnología Informática (TI). Cisco, Panduit y Rockwell Automation han colaborado con referencias para el enfoque modular de Panduit al despliegue de la infraestructura física (Figura 1-2). Este enfoque ayuda al cliente a abordar el despliegue físico asociado con la OEM convergente y las arquitecturas EtherNet/IP en toda la planta. Así, el usuario puede obtener redes resilientes y escalables que pueden soportar arquitecturas lógicas CPwE probadas y flexibles, diseñadas para optimizar OEM y el desempeño de la red IACS en la planta o sitio.

Los siguientes casos de uso fueron documentados por Panduit:

- Consideraciones de diseño y mejores prácticas en Infraestructura Física Robusta
  - Aplicaciones de cable de largo alcance, longitud mínima/máxima
  - *Single Pair Ethernet* (SPE) y Ethernet-APL
  - Despliegues inalámbricos
- Panel de Control:
  - Mitigación de la Interferencia Electromagnética (EMI) a través de unión, blindaje y puesta a tierra
  - Despliegue de *Switches* Ethernet Industriales (IES) en la Zona de Celda/Área
- Sistema de Zonas de Red Física:
  - Despliegue de IES y Puntos de Acceso (AP) en la Zona de Celda/Área
- Distribución del cableado en la Zona Industrial
- Marco de Distribución Industrial (*Industrial Distribution Frame;* IDF):
  - Despliegue de *switches* industriales de agregación/distribución en la Zona Industrial
- Centro de Datos Industrial (*Industrial Data Center;* IDC):
  - Diseño físico y despliegue de Operaciones en Sitio de Nivel 3

Figura 1-2 Infraestructura Física Robusta de Panduit para la Arquitectura CPwE



CAPÍTULO 2

Diseño de Red de Infraestructura Física para Arquitecturas Lógicas CPwE

El despliegue exitoso de una arquitectura lógica para Ethernet Convergente en Toda la Planta (CPwE) depende de un diseño sólido de la red de infraestructura física que aborde los desafíos ambientales, de desempeño y seguridad con las mejores prácticas de la Tecnología Operativa (TO) y la Tecnología Informática (TI). Panduit colabora con lideres de la industria de la talla de RockwellAutomation y Cisco para ayudar a los clientes a lidiar con las complejidades del diseño asociadas con el Ethernet Industrial en la planta. Como resultado, el usuario obtiene redes resilientes y escalables que soportan arquitecturas lógicas CPwE probadas y flexibles diseñadas para optimizar el desempeño de la red industrial. Este capítulo ofrece un resumen de las recomendaciones clave y mejores prácticas para simplificar el diseño y despliegue de una infraestructura física estándar de Ethernet Industrial altamente capaz. Introduce conceptos clave y aborda elementos de diseño comunes para los otros capítulos, específicamente:

- Mapeo de la Infraestructura Física al diseño Lógico de la Red CPwE, página 2-2
- Requerimientos Clave y Consideraciones, página 2-3:
  - Consideraciones esenciales de diseño de Infraestructura Física
  - Arquitectura de Cableado de Red Física de Sistema de Zonas, el uso de cableado estructurado contra cableado de punto a punto y topología de red
  - Asesoría en M.I.C.E. para características industriales
  - Sistemas modulares de Infraestructura Física
  - Selección de tipos de cables y conectores
  - Manejo efectivo del cableado
  - Enrutamiento del cableado de la red
  - Unión y puesta a tierra de Redes Industriales
- Pruebas de Enlace, página 2-17
- Consideraciones de Infraestructura Física Inalámbrica, página 2-18

Mapeo de la Infraestructura Física al diseño Lógico de la Red CPwE

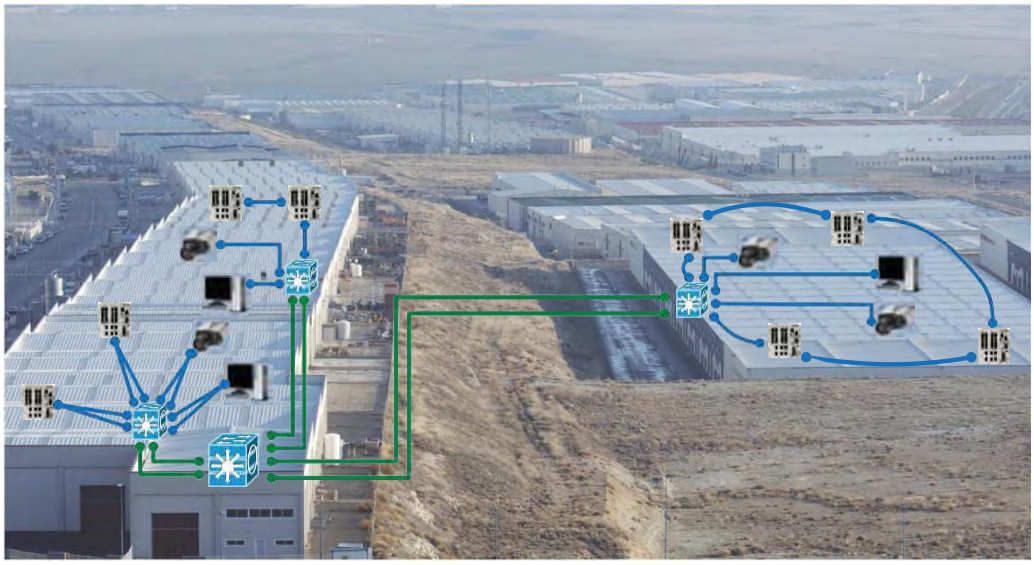
Los diseñadores de redes necesitan implementar infraestructura de red confiable, segura y preparada para el futuro a lo largo de varios entornos hostiles en sitios/plantas industriales. Los activos de redes deben colocarse en la planta/sitio considerando los difíciles factores ambientales, como largas distancias, temperaturas extremas, humedad, impacto/vibración, condiciones químicas/climáticas, ingreso de agua o polvo y amenazas electromagnéticas. Estos factores crean amenazas que pueden disminuir el desempeño de la red, su confiabilidad y/o la vida útil de sus activos. La Figura 2-1 muestra el marco lógico de CPwE mapeado a la huella de una planta/sitio hipotética.

Mapeo CPwE Lógico a Físico

El Impacto Físico en la arquitectura de la red incluye:

- **Distribución Geográfica**: La selección de IES y la arquitectura lógica en general se ve muy influenciada por la dispersión geográfica de los dispositivos IACS, *switches* y recursos computacionales, y el tipo y cantidad de tráfico anticipado entre dispositivos IACS y *switches*. La Figura 2-1 muestra la arquitectura de red superpuesta sobre las ubicaciones del edificio y la conectividad tipo campus entre edificios que podría requerir las capacidades de largo alcance de la fibra óptica monomodo.

Figura 2-1 Red Superpuesta en la Ubicaciones del Edificio



- **Instalaciones Descuidadas y Redes Heredadas:** Se necesitan consideraciones adicionales al partir de o trabajar con una red heredada. Las instalaciones existentes presentan retos como bajo ancho de banda, unión/puesta a tierra inadecuadas, malos enrutamientos y espacio limitado para áreas nuevas para proteger el equipo de red. Cableado y enrutamiento adicionales se requieren a menudo durante la transición para mantener la producción actual mientras se instalan equipos nuevos.

- **Instalaciones y Construcciones Nuevas:** Fechas de entrega críticas deben cumplirse con tiempos muy ajustados. Además, hay que minimizar los riesgos de instalación. Mitigar estas cuestiones requiere de un sistema modular de redes, probado y validado que utiliza activos de red pre-configurados, probados y validados, construidos para esa aplicación.

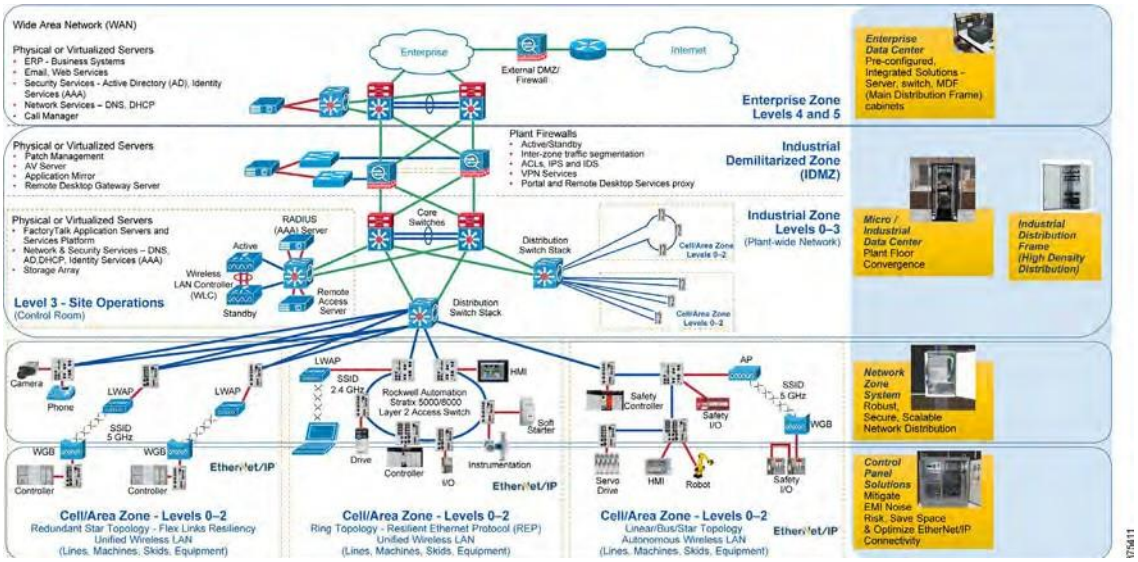
Sistemas Modulares de Infraestructura Física

Los sistemas de cableado de Infraestructura Física Industrial y sus gabinetes a menudo se diseñan y construyen sin atención al detalle. Una red industrial mal desplegada frecuentemente falla debido a que el crecimiento, impacto ambiental, incompatibilidad de dispositivos y la mala construcción no se previeron. Especificar sistemas modulares de redes industriales probados y validados, construidos para su despliegue en redes industriales, es un mejor enfoque. Una estrategia estandarizada al diseño de redes industriales acelera el despliegue y reduce el riesgo, lo que lleva a una solución rentable. Además, al expandir la red, la consistencia de los sistemas estandardizados y validados también reduce el mantenimiento y los costos de soporte.

Los sistemas modulares de infraestructura física para redes industriales compuestos de equipo activo integrado pueden desplegarse en la mayoría de los niveles de la arquitectura lógica CPwE. Un sistema modular de redes industriales simplifica el despliegue de la infraestructura de red requerida en cada nivel de CPwE conteniendo los elementos especificados de *switcheo*, enrutamiento, cómputo y/o almacenamiento requeridos para una zona específica dentro de un gabinete o *rack* completo con el cableado, su organización, identificación, unión, y alimentación. Estos sistemas modulares pueden ordenarse preconfigurados con todos los componentes y partes, para ensamblarse en sitio o bien, como una solución lista para instalar.

La Figura 2-2 muestra varios sistemas modulares conforme se ligan a la arquitectura CPwE. En Sitios de Operación de Nivel 3 o IDMZ (Zona Desmilitarizada Industrial), el Sistema modular puede constar de un sistema de redes, cómputo y almacenamiento, y entregarse ya sea preconfigurado o integrado. La solución integrada es básicamente un sistema de cómputo en un aparato, como un IDC, descrito a detalle en el Capítulo 5, “Despliegue de Infraestructura Física en Operaciones de Sitio de Nivel 3.” En la Zona de Celda/Área, un Sistema de Zona de Red Física (PNZS por sus siglas en inglés) con un IES montado en DIN puede desplegarse como sistema modular. Estos sistemas modulares pueden ser preconfigurados o integrados. Los sistemas modulares en la Zona Industrial se analizan en el Capítulo 5, “Despliegue de Infraestructura Física en Operaciones de Sitio de Nivel 3.” Los sistemas modulares de Zona de Celda/Área se describen en el Capítulo 4, “Diseño de la Infraestructura Física para la Zona Industrial.”

Figura 2-2 Varios Sistemas Modulares CPwE



Requerimientos Clave y Consideraciones

A continuación, los requerimientos clave para asegurar el éxito de una arquitectura lógica CPwE:

- **Alcance:** La distancia que el cable debe viajar desde el dispositivo IACS y el puerto IES. La distancia incluye todos los medios entre puertos, incluyendo cables de parcheo.
- **Características Industriales:** Los factores ambientales que actúan sobre los activos de red y la infraestructura de cableado instalada en la planta/sitio.
- **Vida Útil de la Infraestructura Física:** La IACS y la troncal de la red de la planta/sitio puede estar en servicio por 20 años o más. Por eso, el cableado, la conectividad y las PNZS deben sobrevivir todo ese tiempo. Durante su vida puede haber cambios y actualizaciones a la IACS que sirve la red. Como resultado, la infraestructura física y lógica de la red deben diseñarse para poder adaptarse.
- **Mantenimiento:** Los Movimientos, Adiciones y Cambios (MACs) pueden afectar varias Zonas de Celda/Área. Los cambios deben planearse y ejecutarse correctamente, pues los errores pueden causar paros costosos. Las prácticas correctas de manejo de cables, como el uso de paneles de parcheo, asegurar las canalizaciones y los mazos, identificación permanente, clara y legible, con documentación precisa, y el control de revisiones son vitales para un mantenimiento y operación efectivos, y responder rápido en caso de paro.
- **Escalabilidad:** En general, el crecimiento explosivo de las conexiones EtherNet/IP e IP daña el desempeño de las redes heredadas. Controlar el acceso del personal a los gabinetes de red es una consideración clave para una estrategia de seguridad profunda. Usar un sistema lector de tarjetas es una alternativa a los cerrojos de llave, que controla el acceso al gabinete e informa del estado de la puerta. Además, el rápido aumento en los dispositivos IACS causa que la red se extienda, afectando la seguridad y productividad. Un diseño sólido de la infraestructura física considera el tráfico actual y el crecimiento. Formar esta vista previsora de la expansión de la red simplifica el manejo y guía la instalación de componentes adicionales de infraestructura física cuando es necesario.

- **Diseño para Alta Disponibilidad:** Las PNZSs pueden conectarse en topologías de anillos o estrellas redundantes para una alta disponibilidad. El uso de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) para respaldar los *switches* cruciales evita el tiempo de inactividad de la red por picos o interrupciones en el suministro. Las nuevas tecnologías de UPS sin baterías aprovechan los ultra-capacitores con un rango amplio de temperatura y una larga vida útil para los paneles de control IACS y las PNZSs. Las UPS inteligentes con puertos EtherNet/IP y soporte de CIP embebido (ODVA, Inc. *Common Industrial Protocol*) permiten que la integración de *faceplates* y alarmas con IACS para mejorar la mantenibilidad y productividad del sistema.
- **Compatibilidad y Desempeño de la Red:** La compatibilidad y el óptimo desempeño de la red son esenciales de puerto a puerto. Esta medida incluye la tasa de datos del Puerto y el ancho de banda del cable. El desempeño del enlace en la red lo define el elemento con el desempeño más bajo en cada enlace. Estos parámetros tienen una gran importancia al considerar seguir usando una infraestructura heredada de cableado.
- **Mitigación de Interferencia EMI:** Los riesgos de que fuentes de ruido de alta frecuencia (como los manejadores, motores, fuentes de poder y contractores de alta frecuencia) afecten la red deben abordarse con un enfoque de defensa profunda que incluya la puesta a tierra, unión y blindaje, un diseño de cableado blindado bien balanceado, fibra óptica y separación de cables. La importancia del diseño y blindaje del cableado aumenta si se usa cobre, ya que es más susceptible al ruido y la tasa de comunicación. Los lineamientos industriales y estándares de ODVA, Telecommunications Industry Association (TIA), y International Electrotechnical Commission (IEC) dan asesoría sobre el espaciado del cable, los conectores idóneos y las categorías que optimizarán el desempeño.
- **Puesta a Tierra y Unión:** La unión y puesta a tierra son prácticas esenciales, no sólo para mitigar el ruido sino para la seguridad del personal y de los equipos. Un sistema de unión y puesta a tierra bien planeado, ya sea dentro de los paneles de control, toda la planta o sitio, o entre edificios, aumenta mucho la confiabilidad de la red y ayuda a alcanzar mejoras significativas en el desempeño. Una red de puesta a tierra verificable es esencial para evitar bucles de tierra que dañen la transmisión de datos. La falta de buenas prácticas arriesga la disponibilidad del equipo y tiene implicaciones importantes en la seguridad.
- **Seguridad:** Un incidente de seguridad puede causar paros y altos costos por inactividad, y otros costos relacionados. Muchas prácticas de seguridad de la industria y todas las regulaciones cruciales de infraestructura requieren seguridad física como base. Controlar el acceso del personal a los gabinetes de red es clave para una estrategia de seguridad de defensa profunda. Usar un sistema lector de tarjetas es una alternativa a los cerrojos de llave, que controla el acceso al gabinete e informa del estado de la puerta. La seguridad de la red no sólo debe abordar brechas intencionales, sino los desafíos inadvertidos; un ejemplo es la frecuente práctica de conectarse a puertos activos al tratar de recuperarse de un paro. Una estrategia de seguridad exitosa utiliza métodos lógicos de seguridad y prácticas de infraestructura física, como dispositivos de bloqueo (LIBO) para asegurar puertos críticos, cables con llave para evitar parcheo indebido y enrutamiento rígido para proteger los cables.
- **Consideraciones de Confiabilidad:** Al elegir el cableado, conectividad y gabinetes adecuados es vital para la confiabilidad de la red, debe considerar la vida útil del diseño, la instalación, hasta la(s) fase(s) operativa, y su eventual desmantelamiento y reemplazo. Diseñar con protocolos de confiabilidad ayuda a prevenir y minimizar las fallas inesperadas. La planeación también puede incluir instalar cable de más; el costo de este cable adicional suele ser mucho menor que instalar cable nuevo y se justifica de inmediato al evitar paros.

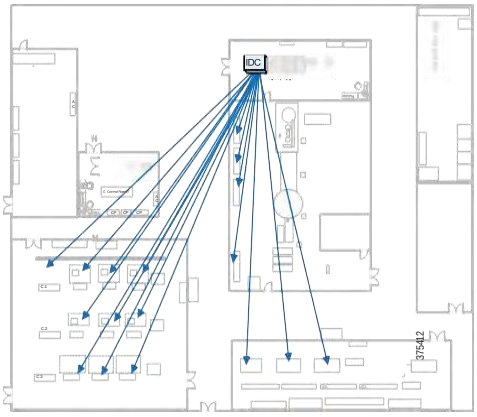
- **Seguridad:** Durante el despliegue de la infraestructura física de IES, es importante ver que se cumpla con los estándares locales de seguridad para evitar el riesgo de descargas eléctricas. El personal de TI puede requerir acceso ocasional al equipo de la red industrial y podría no ser familiar con los riesgos eléctricos y de otro tipo contenidos por las PNZSs desplegadas en la red industrial. Estándares como el *National Fire Protection Association* (NFPA) 70E da definiciones que ayudan a clarificar el asunto. Los trabajadores se clasifican según NFPA-70E en calificados o no-calificados para trabajar en ambientes de riesgo. En varias organizaciones, el personal de TI no está entrenado para considerarse calificado según NFPA- 70E. Por lo tanto, la planeación y el diseño de la red debe incluir políticas y procedimientos que aborden este asunto de seguridad.
- **Inalámbricos:** Los despliegues inalámbricos en la PNZS requieren de decisiones de diseño considerando el cableado y la instalación de los puntos de acceso (APs) Redes de Área Local Inalámbrica (WLANs). La selección de medios para la troncal PNZS y el cableado de los APs usando Alimentación por Ethernet (PoE) son cruciales para prepararlos para el futuro y los pormenores de ancho de banda. Otro aspecto a planear en lo inalámbrico es el cableado heredado conectado a los APs inalámbricos actuales. Es posible que haya dispositivos Legacy 802.11 a/b/g. Los nuevos APs inalámbricos instalados desplegados hoy día seguramente serán 802.11 n/ac/ax (certificados para WiFi 4, 5, o WiFi 6) con velocidades de hasta 10Gbps. Los requerimientos de cable para instalaciones nuevas deberían ser Categoría 6 (WiFi 4) a Categoría 6A. Conforme los estándares de mayor rendimiento inalámbrico se consideran, como 802.11be (conocido como Wi-Fi 7), es importante entender que en ciertos casos el cableado existente no soportará el aumento en el ancho de banda de los enlaces necesario para alcanzar las tasas mayores de los puntos de acceso.
- **PoE**: PoE es un método comprobado para alimentar dispositivos comerciales a través de la red de cableado de cobre. Corriente DC, de 48 voltios nominales, es entregada por el *switch* de red. Las capacidades de los *switches* PoE han evolucionado para ayudar a llevar mayores niveles de energía en cableado de cobre Ethernet que cumpla los estándares. Los *switches* de redes industriales están disponibles para puertos PoE (IEEE 802.3af (802.3at Tipo 1)) y PoE+ (IEEE 802.3at Tipo 2) con entre 15.4W y 30W disponible para dispositivos. Se recomienda cableado 23AWG Cat. 6 para estas instalaciones. El estándar IEEE 802.3bt-2018 da más detalles sobre las capacidades de energía de PoE++ (IEEE 802.3bt Tipo 3) a 60W, y 4PPoE (IEEE 802.3bt Tipo 4) a 99W. Se requiere cableado 23 AWG Categoría 6A para soportar la conexión de estos dispositivos. Eventualmente, el alcance de PoE crecerá para ser una opción viable para alimentar otros elementos de la red industrial. Así, será más importante considerar el diámetro del conductor y la densidad de los mazos.

Las consideraciones anteriores se abordan en este capítulo con varias técnicas de diseño, instalación, y mantenimiento, como arquitectura PNZS y métodos de cableado (estructurado y punto-a-punto). Las secciones siguientes describen estas metodologías.

Arquitectura del Cableado de Zona Física

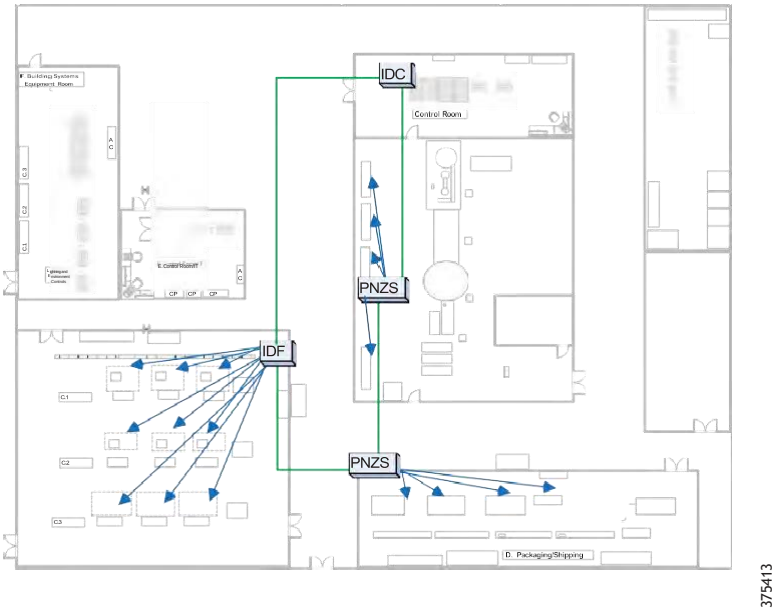
Un enfoque común al desplegar Redes Ethernet Industriales era cablear la infraestructura en un solo tramo desde IES de vuelta a un *switch* en un closet TI centralizado, a un IDC, como en la Figura 2-3. Era un enfoque razonable porque había pocos tramos de cable y la red Ethernet era sólo para la información de IACS. Conforme las redes industriales crecieron en tamaño y alcance, y Ethernet domino varios niveles de la red (control e información), esta metodología se volvió difícil de escalar y se volvió una opción costosa. Sumar nuevos IES al borde de IACS requiere una gran instalación de cableado para superar los obstáculos, enrutar y demás. Encima, este crecimiento en tramos de punto a punto llevó a un importante aumento en el cableado, impactando la confiabilidad de la red. Un mayor enfoque es una arquitectura PNZS.

Figura 2-3 Ejemplo de cableado 'Punto a Punto' del Panel de Control y Máquinas de vuelta al Closet TI



Las arquitecturas de cableado PNZS están bien probadas en redes Empresariales, en oficinas y edificios para distribuir la red de una forma estructurada. Estas arquitecturas han evolucionado para incluir *switches* activos en las ubicaciones distribuidas. Para aplicaciones IACS, como en la Figura 2-4, la arquitectura PNZS ayuda a evitar largos tramos punto a punto ubicando IES en toda la planta para conectar equipo más fácilmente. Los *switches* IES están en paneles de control, gabinetes IDF y gabinetes PNZS. Los gabinetes IDF albergan IES de montaje en *rack* de alta densidad de 19" e infraestructura relacionada, mientras los de PNZSs albergan IES montadas en DIN e infraestructura relacionada. Las arquitecturas PNZS aprovechan una troncal robusta de fibra en una topología de estrella redundante o de anillo para enlazar los IES en cada locación. Tramos cortos de cable de cobre pueden instalarse desde los IDF o PNZS a los Paneles de Control o dispositivos IACS en máquina en la cercanía en vez de ir a un closet TI central.

Figura 2-4 Ejemplo de Uso de PNZS e IDFs para Distribuir el Cableado Eficientemente con una Arquitectura de Cableado de Zona Física



Los estándares TIA/EIA y los ISO/IEC relacionados soportan arquitecturas de cableado PNZS. Un ejemplo específico del soporte al cableado aparece en *Work Area Section* 6.1 de TIA 568-C.1: *"El cableado en el área de trabajo es crucial para un sistema de distribución bien manejado; aún así, en general no es permanente y es fácil de cambiar."* Estos estándares definen las áreas de trabajo como las locaciones donde las conexiones se hacen a los dispositivos. En edificios de oficinas, esta área puede ser la de cubículos u oficinas. En ambientes industriales, el área de trabajo suele estar en áreas hostiles en máquinas o líneas de procesos en las Zonas de Celda/Área. Estos estándares requieren cableado estructurado para facilitar la gestión y mejoran el desempeño al conectar equipos con cables de parcheo al cableado horizontal terminado con *jacks*.

Métodos de Cableado Estructurado y de Punto-a-Punto

Los dispositivos IACS en red pueden conectarse de dos formas tanto con cobre como fibra óptica:

- Estructurado
- Punto-a-punto o Conexión Directa

La mejor forma de desplegar una red industrial es un cableado estructurado basado en estándares (TIA-1005). El cableado estructurado empezó en aplicaciones Empresariales y de Centro de Datos; es confiable, manejable y apto para el futuro. Aunque la conectividad punto-a-punto fue común en redes de propietario más lentas por 25 años, conforme se avanza a redes industriales Ethernet de mayor rendimiento, se dan fallas. En general, es menos robusto ir de punto a punto que el cableado estructurado porque no hay enlaces a probar, no se puede instalar puertos de repuesto y usar conductores multifilares reduce el alcance. Aun así, existen usos para conectividad punto-a-punto, como conectar dispositivos a *switches* en un panel o tramos cortos. Para más sobre el tema, vea el Capítulo 5, “Despliegue de Infraestructura Física en Operaciones de Sitio de Nivel 3.”

Una arquitectura de cableado PNZS aborda estas consideraciones clave:

- **Alcance:** Elegir el medio es muy importante para el alcance de la red. El cobre de 4 pares que cumple con los estándares tiene una longitud máxima de enlace de100 m (328 ft).

Ethernet de un par (según IEEE 802.3cg) usando 10BASE-T1L PHYs puede alcanzar una longitud de enlace de hasta 1000 m (3280 pies). Una troncal de fibra va de 400 m a 10 km con enlaces descendentes. La arquitectura de cableado PNZS tiene la habilidad única de extender el alcance práctico de los enlaces de cobre por encima de la limitación de100 m. Para una instalación sólo de cobre, el enlace ascendente puede llegar a 100 m y el enlace descendente alcanzar otros100 m, para un total de 200 m.

- **Características Industriales:** La selección del medio puede ser más granular y rentable en una arquitectura PNZS porque sólo en los ambientes hostiles necesarios baja de IES a IACS; los dispositivos finales utilizan medios y conectividad más robustos.
- **Vida Útil de la Infraestructura Física de Red:** La vida de una infraestructura de cableado PNZS es potencialmente más larga que una conexión directa. Si bien puede ser muy caro instalar cableado de avanzada a cada dispositivo IACS uno por uno, una arquitectura física de zonas puede tener enlaces de gran ancho de banda en la troncal y los enlaces/IES pueden actualizarse, aumentando la durabilidad de la infraestructura PNZS.
- **Mantenimiento:** Los MACs son más rápidos, fáciles y económicos con una arquitectura PNZS porque sólo los cables más cortos se instalan, remueven o cambian. Cambiar un enlace directo requiere más cable y mano de obra para instalarlo.
- **Escalabilidad:** Una característica clave de la arquitectura PNZS es que es escalable porque se incluyen automáticamente los puertos adicionales en el diseño con el cableado estructurado.
- **Diseñada para Alta Disponibilidad:** Las PNZSs pueden conectarse en topologías de anillo resiliente o estrella redundante para alcanzar una mayor disponibilidad.
- **Compatibilidad y Desempeño de Red:** Una característica clave de los IES desplegados en PNZS es poder colocar el IES de la máquina/plataforma en su propio gabinete siempre energizado. Esto disminuye el desgaste de la red al reconstruir las tablas de direcciones causado por encender/apagar los IES en paneles de control.
- **Unión y Puesta a Tierra:** Un gabinete PNZS debe ponerse a tierra con una barra de aterrizamiento unida a la red de tierra de la planta. Además de abordar la seguridad de los trabajadores, una estrategia efectiva de unión/puesta a tierra asegura la máxima calidad de transmisión para la red.
- **Seguridad**: Normalmente, las PNZSs tienen una cerradura de llave para controlar el acceso a los equipos que guardan. Además, los accesorios de bloqueo pueden asegurar los puertos IES, previniendo problemas causados por malas conexiones involuntarias al recuperarse de un paro.
- **Consideraciones de Confiabilidad:** Una arquitectura PNZS con cableado estructurado ayuda a aumentar la confiabilidad por sus enlaces probables. Los puertos adicionales integrados pueden resolver los paros rápidamente.
- **Menos Riesgos:** Un IES en un gabinete PNZS separa al personal de voltajes peligrosos en un panel de control conectado al IES.
- **Inalámbricos:** Pueden conectarse APs a los IES en una arquitectura PNZS.
- **PoE**: Los IES soportan puertos con PoE. Las aplicaciones típicas de PoE incluyen cámaras, APs, y otros dispositivos IP que pueden usar PoE. La arquitectura PNZS facilita la adición de dispositivos PoE desde el IES, minimizando los costos y la complejidad de la conexión.
- **Extensor de Red PoE:** Usando un puerto con PoE de un IES, la conexión de red puede extenderse más allá del límite de 100 m instalando un módulo extensor de PoE. Esta configuración incluye un transmisor y un receptor que aprovecha la infraestructura física.

Valoración M.I.C.E. de Características Industriales

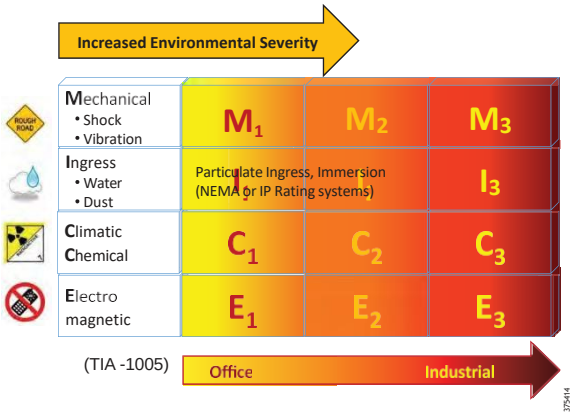
El cableado en ambientes IACS suele estar expuesto a condiciones críticas, de humedad, vibración e interferencia electromagnética. Durante la fase de diseño, los responsables de la red deben valorar los factores ambientales de cada área de la planta en que se distribuirá la red. Un acercamiento sistemático para esta evaluación, llamado Ingreso Mecánico, Químico/Climático Electromagnético (*Mechanical Ingress Chemical/Climatic Electromagnetic;* M.I.C.E.), se describe en TIA-1005A y otros estándares: ANSI/TIA-568-C.0, ODVA, ISO/IEC24702 y CENELEC EN50173-3.

La valoración M.I.C.E. considera cuatro áreas:

- **Mecánica:** Sacudida, vibración, aplastamiento, impacto
- **Ingreso:** Penetración de polvo y líquidos
- **Químico/Climático**: Temperatura, humedad, contaminantes, radiación solar
- **Electromagnético:** Interferencia en los sistemas electrónicos y de comunicaciones causada por electromagnetismo

Los factores M.I.C.E. se califican en una escala de severidad de 1 a 3, donde 1 es mínimo, 2 es moderado y 3 es severo (ver Figura 2-5). Entender los niveles de exposición ayuda a habilitar la conectividad adecuada y el enrutamiento se especifica para garantizar el desempeño a largo plazo. Por ejemplo, exposición a vibración y/o luz UV requiere el uso de cable de fibra blindado apto para exteriores.

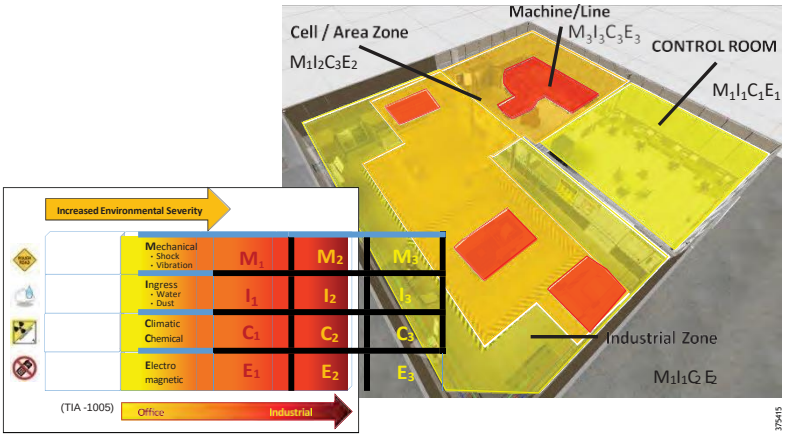
Figura 2-5 Criterios MICE TIA-1005A



Es importante entender que M.I.C.E. describe el ambiente, no el producto. El resultado de una evaluación M.I.C.E. se usa como referencia para comparar las especificaciones del producto. Cada producto usado en el Sistema debe al menos igualar o superar la evaluación M.I.C.E. de dicho espacio.

Durante el diseño, los diagramas M.I.C.E permiten balancear los costos de la mitigación y de los componentes para lograr un sistema robusto, pero rentable. El proceso inicia evaluando las condiciones ambientales de cada Zona de Celda/Área en la Zona Industrial. Se determina un valor para cada factor en el área. Por ejemplo, la Máquina/Línea es un ambiente hostil calificado como M3I3C3E3. Ya que el factor E, electromagnetismo, es alto, el cableado debería de ser de fibra. Y como los otros factores, M, I y C, también lo son, se necesitarán blindaje y un buen forro. La Figura 2-6 es un ejemplo de diagrama M.I.C.E..

Figura 2-6 Análisis Ambiental de Ejemplo Usando el Sistema M.I.C.E.



Selección de Medio de Cable y Conectores

Hay muchas consideraciones para elegir el medio, como el alcance, las características industriales, vida útil, mantenimiento, compatibilidad, escalabilidad, desempeño y confiabilidad; todos dependen de la construcción del cable. Las cuatro opciones principales para la construcción del cable son:

- **Medio:** Cobre (con o sin blindaje, sólido o multifilar) o fibra óptica
- **Desempeño:** Para cobre, Cat 5e, Cat 6, Cat 6A, Cat 7; para fibra óptica, OM1,OM2, OM3, OM4, OM5, Monomodo
- **Cubierta Interna/Protección:** Un número de variantes en los medios se diseñan para permitir a los cables sobrevivir en condiciones hostiles; por ejemplo, tubo suelto, búfer ajustado, blindaje trenzado, *foil*, cubierta de aluminio, y doble forro dieléctrico.
- **Forro Exterior:** TPE, PVC, PUR, PE, LSZH

Además, regulaciones y códigos gobiernan el uso del cableado en ciertas áreas con base en características como clasificación de flamabilidad, región (como Bajo Humo/Sin Halógenos en Europa) y clasificación de voltaje (600 v). En la Tabla 2-1 hay algunas características del cable.

Tabla 2-1 Características Generales del Cable

Parámetro	Cable de Cobre	Fibra Multimodo	Fibra Monomodo
Alcance (máximo)	100 m 1000m (SPE)	2,000 m (1 Gbps) 400 m (10 Gbps)	70 km (1 Gbps) 10 km (10 Gbps)
Mitigación de Ruido	Blindaje *Foil*	Inmune al Ruido*	Inmune al Ruido*
Tasa de Datos (Industrial)	10Mbps (SPE) 100 Mbps (Cat 5e) 1 Gbps (Cat 6) 10 Gbps (Cat 6a)	1 Gbps 10 Gbps	1 Gbps 10 Gbps

Tabla 2-1 Características Generales del Cable

Parámetro	Cable de Cobre	Fibra Multimodo	Fibra Monomodo
Mazos de Cable	Grandes	Pequeños	Pequeños
Compatible con *Power over Ethernet* (PoE)	Sí Sí, PoDL para aplicaciones SPE	Sí, con conversión de medios	Sí, con conversión de medios

*La Fibra Óptica es inherentemente inmune al ruido, pero los transceptores ópticos son susceptibles al ruido eléctrico.

Consideraciones para Cobre y Fibra

Al tomar decisiones sobre el cableado, el aspecto más importante es el alcance (vea Tabla 2-1). Si el alcance requerido supera los 100 m (328 pies), entonces se elige Ethernet de 1 Par (tecnología de cableado de cobre), un cable no-estándar de largo alcance, un extensor de red PoE, o cable de fibra óptica. El cable Ethernet de cuatro pares está limitado a un enlace máximo de 100 m. Ethernet de 1 Par (SPE) con un convertidor de medios extiende el alcance del cableado de cobre para aplicaciones específicas, como aquellas en *Edge*, y puede usarse para enlaces punto-a-punto de hasta 1000 metros (3280 pies). Sin embargo, otras consideraciones son importantes para distancias de menos de 100 m, como EMI extrema, que puede hacer que se elija cable de fibra por su resistencia inherente al ruido.

Otra consideración que garantiza el uso de una red de fibra óptica son los enlaces ascendentes a *switches*. Estudios muestran que usar fibra para estas conexiones acelera la convergencia tras una interrupción a la alimentación del *switch*, disminuyendo la duración del paro. Comparando las tasas de datos, el cobre y la fibra son similares para aplicaciones industriales típicas (vea la Tabla 2-1); aún así, están disponibles otros cables de fibra óptica de mejor desempeño para redes de alta demanda. Una posible excepción a la regla de velocidad de “cobre/fibra” es Ethernet de 1 Par. SPE, según dice IEEE 802.3cg, tiene una velocidad máxima de 10 Mbps. Sin embargo, esta reducción aparente contra el desempeño de 4-pares viene con la ventaja de una longitud de enlace de10x si la aplicación IACS puede tolerar dicha penalización.

La vida útil de la red tiene un gran impacto en su desempeño. Por ejemplo, instalar una red con cableado Cat 6 no se recomienda si se espera un crecimiento dentro de 10 años, sobre todo si la red transportará video. Si se esperan 10 o más años de servicio, debería considerarse un cable de mejor desempeño, (como Cat 6A).

Aplicaciones de Largo Alcance

El estándar ANSI/TIA 568 dicta que un canal Ethernet (cableado estructurado y cables de parcheo) no debe exceder los 100 metros debido al tiempo que le toma a la señal eléctrica, en un buen ancho de banda, moverse por el canal. Dicho eso, con el avance en la tecnología del cableado y la proliferación de sensores IIoT que no requieren gran ancho de banda, hay soluciones de cable que brindan un mayor alcance gracias a las pruebas de validación UL, pero no cumplen con el estándar ANSI/TIA 568 actual.

Los sensores IIoT típicamente usan un menor ancho de banda, de 10 o 100 Mbps, y por eso la señal puede operar confiablemente a mayores distancias cuando se usa un cable de mayor calidad que se validó a través de pruebas. Aplicaciones adicionales de largo alcance que se benefician de esta tecnología, incluyen cámaras de video y puntos de acceso inalámbricos. Estos dispositivos suelen requerir más de 100 m de cable y alimentación, como PoE.

Es en estas aplicaciones de largo alcance cuando la construcción y el desempeño del cable son esenciales. El cable especificado debe ser probado por terceros*, como UL, para la instalación requerida, y brindar una garantía de su desempeño. Además, es una buena práctica verificar el desempeño del cable instalado con un probador de red (esta prueba a menudo se requiere para establecer la garantía). Estos cables de largo alcance pueden eliminar la necesidad de gabinetes

de zona adicionales o tramos de fibra, y cuando se especifican e instalan correctamente brindarán años de servicio confiable.

Los cables de largo alcance también pueden suministrar *Power over Ethernet* (PoE) para puntos de acceso inalámbricos, sensores remotos y cámaras. Por supuesto, la distancia será mayor si la energía en el cable es menor. La siguiente tabla muestra los resultados de una prueba UL que cubre distancia, energía y puntos de acceso en un cable Cat 6 y Cat 6a de alta calidad.

Distancia máxima de transmisión horizontal	Cat 6 de Alta Calidad	Cat 6a de Alta Calidad
10 Mbps	185m (606 pies)	185m (606 pies)
100 Mbps	150m (492 pies)	150m (492 pies)
1 Gbps	100m (328 pies)	100m (328 pies)
10 Gbps	50m (164 pies)	100m (328 pies)

Especificaciones PoE	Cat 6/Cat 6a de Alta Calidad
Tipo 1 – 15.4 watts	185m (606 pies)
Tipo 2 – 30 watts	150m (492 pies)
Tipo 3 – 60 watts	100m (328 pies)
Tipo 4 – 100 watts	100m (328 pies)

Especs. Inalámbricas	Cat 6 Alta Calidad	Cat 6a Alta Calidad
WiFi (IEEE 802.11 ac)	10 Gbps 37-50m (121-164 pies)	10 Gbps 100m (328 pies)
WiFi (IEEE 802.11 ax)	10 Gbps 37-50m (121-164 pies)	10 Gbps 100m (328 pies)

* Revise verify.UL.com V558491 & V685853 para detalles sobre estas especificaciones

Extensores de Red

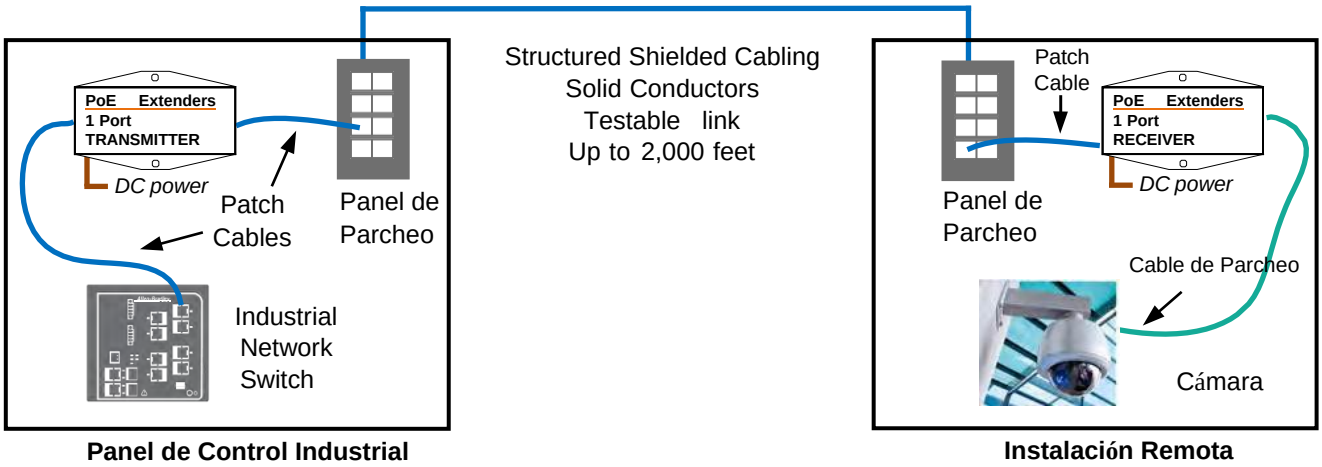
Un extensor de red, también llamado Extensor de *Power over Ethernet* (PoE), es el método más simple y asequible para extender los datos y, opcionalmente, alimentación PoE más allá del límite de 100 m de un *switch* tradicional usando cableado estándar de par trenzado o cableado de largo alcance descrito en la sección previa. De hecho, pueden cubrirse hasta 2000 pies a 100 Mbps con un extensor de red.

El *hardware* del extensor de red, que consta de transmisor y receptor, se usa para extender la señal Ethernet y, si se usan *switches* con energía PoE, también se extiende la alimentación. Los extensores pueden alimentarse con un puerto PoE en un *switch* o alimentación DC local. Convierten la señal Ethernet estándar a una de largo alcance y luego de vuelta a señal estándar Ethernet. Así, ni el *switch* fuente ni el dispositivo final notan el uso del extensor y operan con el protocolo Ethernet estándar. Los extensores no requieren de configuración alguna y son, por tanto, fáciles de instalar.

Los ambientes industriales suelen ser más demandantes para la transmisión en red, debido al ruido eléctrico cercano que interfiere con la señal. En ciertos casos, se recomienda un cable blindado para proteger las transmisiones de este ruido, llamado Interferencia Electromagnética (EMI). En aplicaciones de extensores de red, es mejor evitar áreas donde hay EMI cuando hay tramos largos de cable, pero esto no siempre es posible y deben implementarse métodos para, mitigarlo, como cable blindado. Cisco, Panduit, y Rockwell Automation recomiendan usar paneles de parcheo para instalar el cableado. Esto requiere de infraestructura física adicional, como se ve en la Figura 4. ‘Parcheo’ significa interconectar cables con paneles, de modo que

pueden usarse cables de parcheo estándar, y un cableado estructurado puede conectar los paneles. El cable estructurado horizontal suele tener conductores sólidos y puede probarse convenientemente con equipo de mano. El Parcheo puede usar cable de cobre con o sin blindaje, y se recomienda seguir los estándares de cableado estructurado, como TIA 1005.

Figura 2-7 Aplicación de Extensor de Red PoE Típica



Básicos del Cable de Fibra Óptica

Hay dos tipos de Fibra: Monomodo y Multimodo. La fibra Multimodo se clasifica de OM1 a OM5. Al seleccionar la fibra, debe considerarse primero el puerto del dispositivo y debe ser igual en ambos extremos, (o sea, no mezclar tipos de puerto). En general, el puerto determina el tipo de fibra y de vidrio. Si el puerto es SFP, se pueden elegir los transceptores compatibles y el transceptor óptimo para la aplicación. También debe considerarse el número de fibras, la protección mecánica y el forro externo. Ver Capítulo 5, "Despliegue de Infraestructura Física en Operaciones de Sitio de Nivel 3" para una explicación más detallada de la fibra óptica.

Básicos de los Enlaces de Fibra Óptica

Un enlace de fibra óptica (léase, un canal) se forma con un cable de parcheo del dispositivo a un adaptador. Los adaptadores mantienen unidos los extremos del conector para formar la conexión, y se diseñan para una fibra (*símplex*), un par (*dúplex*), o en panel, para muchos pares de adaptadores. Un extremo del adaptador sostiene el conector para el cable horizontal que va a un adaptador del otro lado. Del otro lado del adaptador, un cable de parcheo conecta al dispositivo del otro lado, completando el enlace. Hay varios conectores y adaptadores en el campo, con el *Lucent Connector* (LC) como elección predominante por el SFP y su desempeño. Aún así, los dispositivos heredados pueden tener conectores más viejos *Subscriber* (SC) o *Straight Tip* (ST). Vea el Capítulo 5, "Despliegue de Infraestructura Física en Operaciones de Sitio de Nivel 3" para una explicación más detallada de los conectores y adaptadores.

Básicos del Cableado de Cobre

El desempeño del cableado de cobre se mide por Categorías (Cat). Números de categoría más altos indican mejor desempeño. Actualmente, la elección predominante es Cat 6A (en especial para aplicaciones de video) donde categorías mayores empiezan a usarse. El conductor de cobre es de 23 *American wire gauge* (AWG), aunque a veces puede usarse un diámetro menor, de 28 AWG, para parcheo. Existen cables de mayor diámetro, y con conductores sólidos o multifilares. Normalmente, se usa un conductor sólido para ayudar a maximizar el alcance del cableado horizontal o los enlaces permanentes, y el multifilar se usa para parcheo o aplicaciones flexibles. Diferentes alambres se usan en cable Ethernet multifilar. Elija cuentas más altas para aplicaciones flexibles. Otra consideración es el blindaje contra EMI. Hay varias posibilidades de blindaje para suprimir el ruido EMI, con *foil* y/o un blindaje trenzado externo, o pares con *foil*.
La protección mecánica y el forro externo también deben considerarse al elegir cables de red de cobre. Vea Capítulo 4, "Diseño de la Infraestructura Física para la Zona Industrial" para una explicación más detallada sobre el cableado de red de cobre.

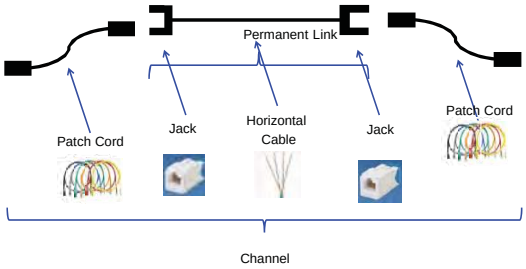
Básicos de los Canales de Cobre

Un canal estructurado en una red de cobre se forma con un extremo de un cable de parcheo conectado en un dispositivo y el extremo conectado a un *jack* en un panel de parcheo. El *jack* se termina a un cable horizontal sólido que termina un *jack* en el otro extremo. Un extremo del cable de parcheo se conecta al *jack*, y el otro extremo va al dispositivo, completando el canal (vea la Figura 2-7). Dos conectores predominantes y probados, o *jacks*, existen para las redes industriales de cobre:

- **RJ45**: Parte de un cable de parcheo validado y probado o terminable en campo
- **M12:** Cable de parcheo sobremoldeado o terminable en campo

El *plug* y *jack* RJ45 se han adaptado a las redes industriales, donde pueden desplegarse en un panel de parcheo DIN. Si el conector se ubica dentro de un gabinete o espacio protegido, se prefiere la conectividad estándar RJ45. El *plug* puede ser parte de un cable de parcheo probado y validado o un *plug* de terminación en campo duradera. Las versiones *bulkhead* del RJ45 están disponibles para conexión/desconexión rápida, y hay versiones selladas contra el ingreso de líquidos y partículas. El M12 es un conector atornillable sellado, apto para entornos hostiles y salpicaduras, y puede ser *D-Code* (de dos pares) o *X-Code* (de cuatro pares). Vea el Capítulo 4, "Diseño de la Infraestructura Física para la Zona Industrial" para una explicación detallada del cableado y la conectividad de cobre.

Figura 2-7 Ejemplo Simplificado del Cableado Estructurado de Cobre



Longitud Mínima de un Cable de Parcheo de Cobre

Conforme aumenta el impacto de la infraestructura en la productividad y competitividad de las organizaciones, se vuelve más importante elegir un sistema confiable de cableado estructurado de punta a punta que permita el crecimiento futuro de la red. Para maximizar el ancho de banda usable de la red, es crucial que los cables de parcheo soporten adecuadamente el desempeño, la confiabilidad, y la calidad del sistema completo de cableado estructurado. El desempeño del enlace entre los dispositivos IES e IACS es el más afectado por el ruido generado en la parte del canal más cercano a los equipos activos. Aquí es donde se ubican los cables de parcheo y donde la calidad no debe verse comprometida.

Es vital que los cables de parcheo tengan las siguientes características de diseño:

- Desempeño acoplado al del *hardware* que conecta, para minimizar el *crosstalk* en los extremos
- Construcción robusta para asegurar confiabilidad duradera de la red, aún con los movimientos, adiciones y cambios hechos día con día
- Desempeño certificado de componentes para asegurar la máxima disponibilidad de la red

Los cables de parcheo son un componente integral que impacta el desempeño del sistema completo de cableado estructurado. Debe invertirse en cables de parcheo que utilicen características avanzadas para brindar la máxima confiabilidad y usabilidad de la red.

Los cables de parcheo inferiores perjudican el desempeño de la red debido a:

- Alto grado de variabilidad en *plugs*, que ocasiona la degradación del desempeño del canal
- Características de diseño inferiores que no funcionan a largo plazo por el estrés mecánico que hay en condiciones de uso real
- Los cables de parcheo de mala calidad, sin pruebas, pueden no cumplir los requisitos eléctricos. A menudo, los cables de parcheo hechos en campo, con miras a la rapidez, tienen un desempeño muy por debajo del de un cable de fábrica. Además, los cables de parcheo deben acoplarse y ajustarse al *hardware* que conectan (*jacks*, paneles, cableado horizontal) para que la red pueda operar en niveles óptimos. Esto directamente minimiza el impacto del costoso tiempo de inactividad de la red.
- Todos los chips PHY producidos bajo un estándar tienen una tolerancia integrada para reducir la variación en desempeño del nivel físico. Considere que este silicón es “sensible” a la variación del nivel físico. Un cable de desempeño inferior resultará en un enlace disfuncional, o del todo inútil.

El desempeño comprobado de los cables de parcheo de cobre de alta calidad de Panduit, que supera los requisitos de TIA/EIA 568-B.2como un componente clave de una solución integral, ayuda a maximizar el ancho de banda. Especificar e instalar estos cables asegura que soporte las demandas de la red.

Además de la calidad y desempeño de los cables de parcheo, es importante considerar su longitud mínima factible. Si los cables son muy cortos, puede haber problemas de desempeño en la práctica. Una guía rápida es usar cables no menores de 0.5 m (cerca de 20 pulgadas). Algunos chips PHY son sensibles a cables muy cortos.

Si bien no existe una longitud mínima especificada, ANSI/TIA 568-B.2 define in mínimo implícito para un cable certificado de 0.5 m. Esto por el cálculo del límite a la pérdida de inserción no funciona bien debajo de esta medida. Al seleccionar los cables de parcheo, preste atención al proveedor. Muchos proveedores no certificarán un cable de menos de 1 metro.

De *ANSI/TIA 568-B.2, K.7.3.2* *Pérdida de Inserción*
“Para cables con conductores multifilares de 26 AWG, la pérdida de inserción de cualquier par debe ser menor o igual al valor computado al multiplicar el resultado de la ecuación de pérdida de inserción en la cláusula 4.3.4.7 por un factor de 1.5. Esto permite un aumento del 50% en la pérdida de inserción para construcción multifilar, así como diferencias de AWG y de diseño.”

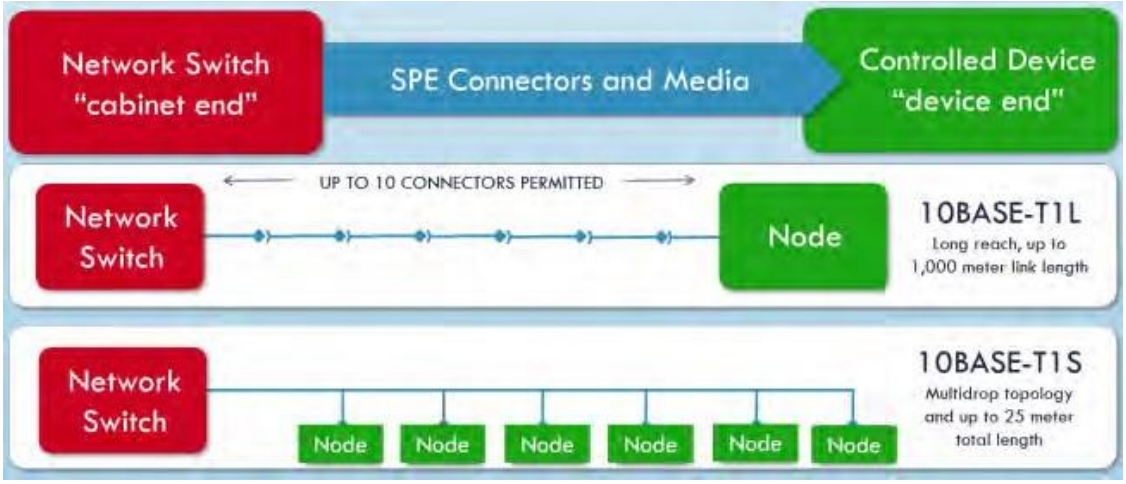
Ehternet de Un Par (*Single Pair Ethernet*; SPE)

SPE (*Single Pair Ethernet*) es una forma de tecnología de comunicaciones de red Ethernet basada en cobre para redes OT. SPE se rige por IEEE 802.3cg y cubre comunicaciones

Ethernet a velocidades de 10 Mbps en un par de conductores de cobre balanceados. El estándar IEEE creó dos nuevos PHYs, 10BASE-T1L y 10BASE-T1S.

10BASE-T1L	Enlaces de punto-a-punto de hasta1000 metros a 10 Mbps, con la opción de llevar energía. Este enlace directo se diseñó para tolerar hasta diez (10) conectores en línea.
10BASE-T1S	Enlaces multipunto con hasta 8 nodos sobre una longitud total del cable de 25metros. Los PHYs T1S también pueden formar enlaces directos de hasta 15 metros de longitud.

Figura 2-8 Arquitectura de *Single Pair* Ethernet



Ambos PHYs soportan topologías que las redes heredadas "de propósito" también soportan. Así, un beneficio clave de SPE es crear redes OT como siempre lo ha hecho, con las ventajas de Ethernet.

Las aplicaciones 10BASE-T1L usan la habilidad del PHY para obtener enlaces directos de largo alcance con la opción de llevar energía. El medio que SPE requiere para que estos enlaces alcances su distancia máxima de 1000 metros es cable STP de 18AWG. Los enlaces se contectorizan con tecnologías descritas en la serie de estándares internacionales IEC 63171. Generalmente, se entiende que un tramo continuo de cable de 1000 metros es casi imposible; por eso, el estándar IEEE 802.cg permite hasta diez (10) conectores intermedios dentro de un enlace 10BASE-T1L.

El diseño del PHY 10BASE-T1S permite diseñar e implementar topologías multipunto, llevando datos, a múltiples nodos a través de tramos de 25 metros de cable. Note que esta distancia de 25 metros es la suma de los segmentos de troncal y de puntos. ODVA publicó recientemente un sistema 10BASE-T1S único en *Volume 2,"EtherNet/P Adaptation of CIP, Chapter 8: Physical Layer"* que se enfoca en la interconexión de dispositivos dentro del gabinete. Los dispositivos típicos incluyen interruptores, arrancadores para motor, protectores de sobrecarga, botones, indicadores y otros relacionados.

Este sistema interno del gabinete reemplaza el cableado permanente entre dispositivos con cableado de red compuesto con un cable tipo *ribbon* de 7 conductores. Este Sistema de construcción de paneles de automatización se ensambla rápido, tiene alteración programable de funciones y habilita inteligencia en los dispositivos conectados para tener mayor información para dar mantenimiento y optimizar procesos.

El sistema alcanza una reducción de la complejidad de los dispositivos al usar un *bus Single Pair Ethernet* para reducir la complejidad de la interfaz del dispositivo y el número promedio de interfaces por dispositivo. Se simplifica el cableado al juntar la energía de la red y la suministrada para activación en un solo cable multiconductor. Se simplifica el ensamble usando conectores que desplazan y perforan

el aislamiento y pueden *aplicarse* (fijarse mecánicamente y para transmitir señal) sin preparar el cable. Una técnica para localizar la posición relativa de los dispositivos en el cable bus reduce la necesidad de *switches* de selector manual o unión de herramientas de configuración directa a cada dispositivo– reduciendo la complejidad del dispositivo y la instalación

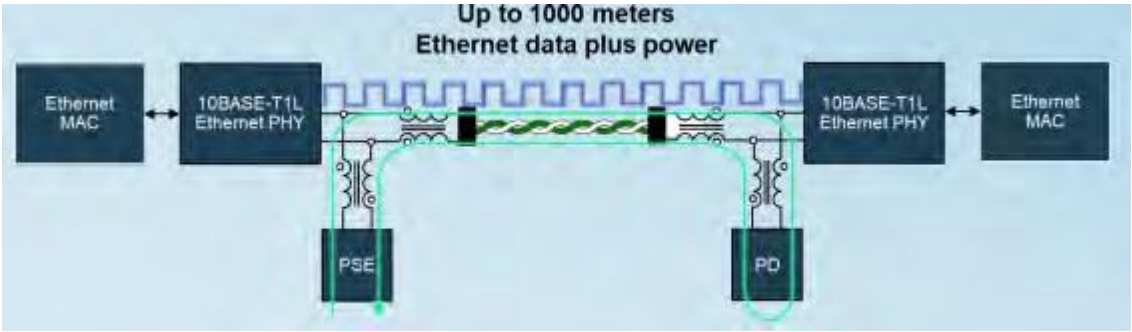
Beneficios de SPE a Redes TO

- **Unificación del Nivel Físico del borde de la red hasta la oficina**. SPE simplifica el diseño de red y su operación, eliminando el soporte y la adaptación de las redes heredadas usadas en TO.
- **Estrecha Integración con arquitecturas de referencia CPwE validadas**. Como SPE es Ethernet, si la aplicación IACS lo soporta, permite una integración y control más efectivos sobre el borde de la red, comparado con redes heredadas.
- **SPE es Ethernet diseñado para soportar la forma en que construye redes TO**. Los PHY de SPE permiten que el borde de la red funcione como las redes heredadas, pero con Ethernet.
- **Gran Mejora de Seguridad, contra las redes heredadas "cyber-vulnerables"**. Como SPE es Ethernet, las redes incorporan la *suite* de medidas de seguridad robustas encontradas en las redes IP y SDO de TO, como CIPSecurity.
- **La alimentación opcional puede transformar la infraestructura de energía y control de TO.** Muchos dispositivos en el borde dependen de fuentes de poder locales. Los enlaces 10BASE-T1L SPE permiten una sola conexión con control, poder y comunicaciones, transformando la infraestructura de control y energía.

Alimentación SPE

Los dispositivos TO requieren tanto datos como energía para cumplir con sus funciones, pero no siempre hay fácil acceso a la energía en donde se instala el dispositivo. *Power over data line* (PoDL), como PoE tradicional, resuelve el problema llevando energía con conectividad de datos en un mismo cable.

Figura 2-9 Arquitectura *Power over data line*



IEEE 802.3 lo estandarizó en dos conductores a 100 Mbps y 1000 Mbps en el estándar IEEE 802.3bu, "Nivel Físico y Parámetros de Gestión para *Power over Data Lines* (PoDL) en Ethernet de Un Par Trenzado Balanceado." La publicación de IEEE 802.3cg extendió la especificación para incluir las aplicaciones SPE a 10 Mbps para redes TO.

Toda la alimentación en un solo par empieza en el estándar PoD y, en ese sentido, la alimentación SPE es técnicamente PoDL. PoDL brinda capacidades de alimentación muy amplias, incluyendo múltiples niveles de voltaje y categorías de alimentación. Para simplificar la discusión, los expertos del ramo hablan de dos variantes de alimentación *single pair*, SPoE y PoDL. SPoE se usa para describir la implementación basada en clasificación usada en redes TO; las aplicaciones de alimentación *"plug & play"* de SPE que funcionalmente imitan la experiencia de usuario de instalaciones PoE de 4 pares. Los expertos usan el término PoDL para reflejar el uso de capacidades donde los ingenieros de control diseñan la alimentación para funcionar como requieren sus aplicaciones individuales.

SPoE
- Clasifica los dispositivos finales antes de aplicar la energía
- Puede medir la resistencia del cable
- Rangos de 24V, 55V disponibles (comunes en redes TO)
- Lleva energía hasta 1 kilómetro
- Niveles de energía aumentados posibles en distancias cortas

PoDL
- Detección ultra rápida de dispositivos finales antes de aplicar la energía
- Sin clasificación de dispositivos finales, apropiado para sistemas de ingeniería
- Rangos de 12V, 24V o 48V
- Alcances de 15 y 40 metros de cable

Hoy día, los despliegues TO usan un voltaje de 24V DC como suministro. No obstante, la alimentación en cables largos a este voltaje está sujeta a pérdidas significativas debido a la resistencia del cable. LA eficiencia de la alimentación se maximiza cuando se eleva el voltaje cerca del máximo SELV, 60V DC. Como se muestra debajo, SPoE ofrece dos voltajes operativos distintos: 24V y 55V DC.

Clase	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
$\mathbf{V_{PSE}}$ (V, mín./típ./máx.)	20 / 24 / 30			50 / 55 / 58		
$\mathbf{I_{CABLE}}$ (mA, máx.)	92	240	632	231	600	1579
$\mathbf{P_{PD}}$ (W, máx.)	1.23	3.2	8.4	7.7	20	52
$\mathbf{R_{CABLE}}$ (Ohms, máx.)	65	25	9.5	6.5	25	9.5

Se definen seis únicas clases para redes OT. Las Clases 10, 11 y 12 habilitan alimentación de 24 VDC en cables largos, medianos y cortos, respectivamente. Asimismo, las Clases 13, 14 y 15 habilitan alimentación 55 VDC en cables largos, medianos y cortos, respectivamente.

Nivel Físico SPE

Generalmente, los enlaces instalados en la red SPE se deberían de apegar a IEC 60950-1, IEC 62368-1, y IEC 61010-1. Todos los equipos y la infraestructura cableada, además, deben seguir los estándares locales, estatales y/o nacionales que apliquen.
Todo el equipo SPE debe respetar el estrés Ambiental potencial con respecto de la ubicación en que se montan, como se define en los estándares siguientes, si aplican.

- Estrés Ambiental: IEC 60529 e ISO 4892
- Estrés Mecánico: IEC 60068-2-6 e IEC 60068-2-31
- Estrés Climático: IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2, IEC 60068-2-14, IEC 60068-2-27, IEC 60068-2-30, IEC 60068-2-38, IEC 60068-2-52, e IEC 60068-2-78

El cable SPE puede enrutarse de forma convencional, como los cableas Ethernet de 4 pares.

Medios SPE

IEEE 802.3cg, como la mayoría de los estándares IEEE 802.3, no indica medios físicos. En su lugar, el estándar define características eléctricas que deben cumplirse en los medios elegidos para que los PHYs operen correctamente. 10BASE-T1L se diseñó para operar en un solo par balanceado de conductores que cumplan los requisitos especificados en la subcláusula 146.7 de IEEE 802.3cg. Todo el cableado SPE y el equipo debe ser seguro eléctrica y mecánicamente en un modo profesional. Todo el cableado SPE debe enrutarse de acuerdo con cualquier estándar local, estatal o nacional aplicable, considerando todos los estándares relevantes de seguridad.

Un segmento de enlace 10BASE-T1L soporta hasta diez (10) conectores en línea, usando un solo par balanceado de conductores para hasta 1000 metros. Los enlaces SPE deben hacerse con cable con o sin blindaje, según el ambiente EMC presente en la aplicación. La distancia de transmisión de los enlaces

10BASE-T1L está limitada sobre todo por el valor de DCR (*direct current resistance;* resistencia de corriente directa) del cable; es decir, un cable delgado limita la distancia de transmisión.

Los enlaces punto-a-punto SPE pueden construirse usando cable de un par balanceado de varios diámetros. Dicho eso, el rendimiento eléctrico del segmento de enlace se fundamenta en un cable de referencia de 18 AWG con una impedancia de 100 ohmios. Generalmente, los conductores mayores o menores brindan enlaces más largos o más cortos. De la tabla de abajo, el cable de 18 AWG alcanza 1000 metros de longitud al límite de pérdida de inserción. Usar cable de 14 AWG alcanza 1500 metros. Al revés, reducir el diámetro a 26 AWG resulta en un enlace de sólo 395 metros. Nota: el conductor más grueso que aceptan los conectores SPE es 18 AWG.

Por diseño, los enlaces SPE pueden soportar la pérdida de inserción añadida de conectores en línea; hasta diez (10) conectores en un enlace de 1000 metros. Esta característica tiene por objeto permitir a usuarios de SPE una gran flexibilidad de implementación y, en ciertos casos, reutilizar cables.

Diámetro del Conductor *mm (AWG)*	**Resistencia por Metro** *ohmios*	**Longitud al límite de IL** *metros*	**Resistencia del Conductor al límite de IL** *ohmios*	**Resistencia al límite de IL** *ohmios*	**10 Conectores DCR** *ohmios*	**Resistencia de segmento de enlace al límite de IL** *ohmios*
1.63 (14)	0.0092	1589	14.67	29.33	1	30.33
14.5 (15)	0.0116	1415	16.47	32.94	1	33.94
1.29 (16)	0.0147	1261	18.50	37.00	1	38.00
1.14 (17)	0.0185	1123	20.78	41.55	1	42.55
1.02 (18)	**0.0233**	**1000**	**23.33**	**46.66**	**1**	**47.66**
0.91 (19)	0.0294	891	26.20	52.40	1	53.40
0.81 (20)	0.0371	793	29.42	58.84	1	59.84
0.72 (21)	0.0468	706	33.04	66.07	1	67.07
0.64 (22)	0.0590	629	37.10	74.19	1	75.19
0.57 (23)	0.0744	560	41.66	83.31	1	84.31
0.51 (24)	0.0938	499	46.78	93.55	1	94.55
0.40 (26)	0.1492	395	58.98	117.96	1	118.96

Para aplicaciones 10BASE-T1L donde se busca una longitud de enlace de 1000 metros, se requiere un cable de par balanceado de 18AWG. Un cable apto tiene una impedancia característica de 100 ohmios. Advertencia: muchos cables de *bus* de campo actuales tienen la impedancia de 100 ohmios, pero este valor se basa en tasas de datos típicas de 31.2 kbps, y no la tasa de 10 Mbps propia de SPE. A 10 Mbps, los cables alcanzan frecuencias de hasta 20 MHz, lo que altera el valor de impedancia; en algunos cables, de forma significativa.

Reutilizar cables es posible con las debidas precauciones. La idea de reutilizar un cable *bus* de campo es ciertamente tentadora, y reduciría el costo de desplegar SPE o Ethernet-APL, sin duda. Mientras haya un medio que cumpla con las especificaciones y sea eléctricamente viable, la práctica de reutilizar el cable *bus* de campo puede ser muy provechosa. Hay riesgos que deben considerarse si se contempla hacerlo:

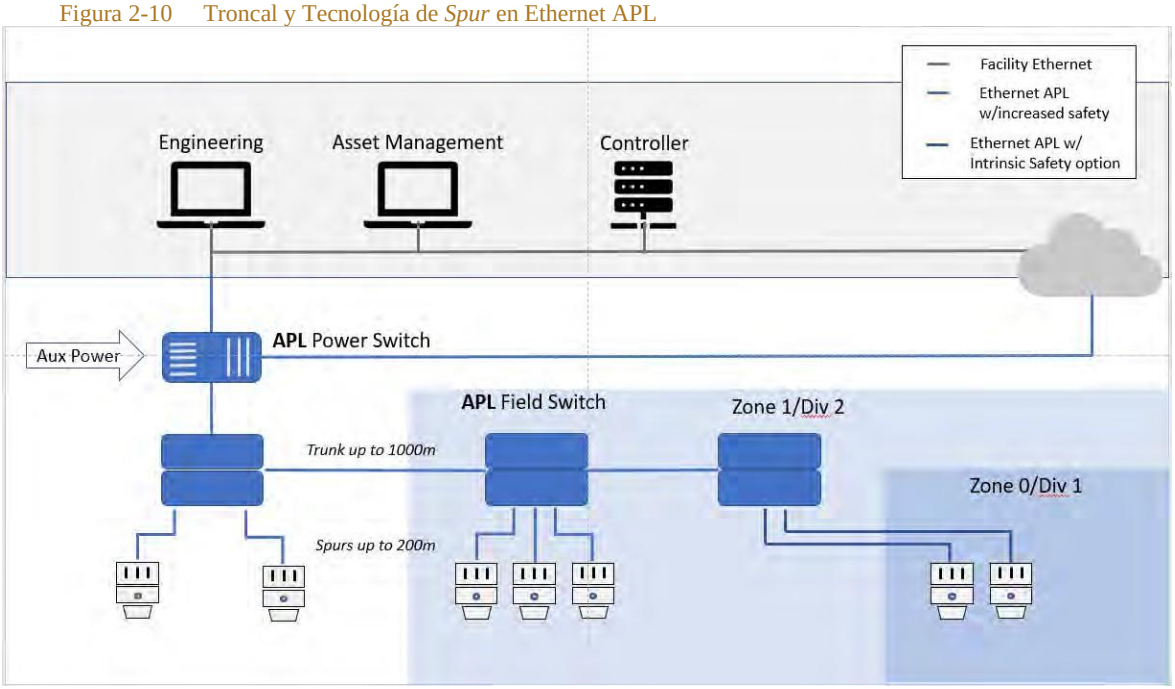
- Especificación del Cable *Bus* de Campo– Examine las especificaciones del cable planeadas para la reutilización. Usualmente, una impedancia nominal de 100 ohmios es esencial.
- Considere la longitud de enlace que su aplicación requiere. El tamaño del conductor, ¿es adecuado?
- Topología del Cable– Determine que la topología del cable instalado funcione con SPE.
- Además, cuente los conectores en línea de cada enlace. ¿Hay 10 conductores o menos?

- Medición con Instrumentos del Desempeño del Enlace– Existen analizadores que miden el desempeño eléctrico de los enlaces que piensa reutilizar. Estos analizadores comparan el rendimiento real medido contra los estándares para enlaces SPE.

Finalmente, tenga en mente las condiciones ambientales que degradan el rendimiento del cable– temperaturas elevadas o extremadamente bajas, alta humedad, contacto con químicos, exposición UV y estrés mecánico como impactos o vibraciones, son muy abundantes y frecuentes en plantas y fábricas. Estas tensiones ambientales, combinadas con la edad del cable, pueden llevar al cable más allá de los parámetros para una reutilización exitosa.

Ethernet-APL

Figura 2-10 Troncal y Tecnología de *Spur* en Ethernet APL



Ethernet-APL (*advanced physical layer*) es un nivel físico de Ethernet más robusto, de dos cables, alimentado en bucle que usa10BASE-T1L y extensiones IEC para su instalación en las demandantes condiciones de operación y las áreas riesgosas de procesamiento en las plantas. Habilita una conexión directa de instrumentos en campo a las redes de la planta de modo que las plantas de procesamiento se puedan beneficiar de la convergencia de sus sistemas TO y TI.

Ethernet-APL habilita tramos largos de cable, alimentación en bucle y protección contra explosiones vía técnicas de seguridad intrínsecas. Basado en IEEE 802.3cg y otros estándares IEC, el nivel físico de Ethernet-APL soporta cualquier protocolo de Ethernet industrial, como EtherNet/IP. Estas capacidades crean una infraestructura estable a largo plazo para la comunidad de automatización de procesos.

Ethernet-APL adopta tecnologías y opciones ya establecidas en el campo de la automatización de procesos. Esto incluye la topología Troncal-y-Spur mostrada en la figura de arriba, con la habilidad de alimentar hasta 50 dispositivos de campo con hasta 500 mW cada uno. Las infraestructuras de cableado establecidas y usadas frecuentemente se especifican para soportar la migración a Ethernet-APL en instalaciones preexistentes.

Para más información sobre Ethernet-APL, visite https://www.ethernet-apl.org o https://www.odva.org/technology-standards/market-drivers/process-automation

Se requieren atributos adicionales a los de SPE para aplicaciones de automatización de procesos.

2-WISE	2-WISE significa *2-Wire Intrinsically Safe Ethernet*. Las especificaciones técnicas de IEC TS 60079-47 definen la protección intrínseca de seguridad para las Zonas y Divisiones en ambientes riesgosos. 2-WISE incluye pasos simples para verificar la seguridad intrínseca sin cálculos.
Perfiles de Puerto Ethernet-APL	Ethernet-APL define los perfiles de puerto para múltiples niveles de energía con y sin protección contra explosiones en áreas de riesgo. Marcas en los dispositivos e instrumentos indican el nivel de energía y su función (fuente o declive). Este simple marco permite la interoperabilidad del diseño hasta la operación y el mantenimiento.
Soporte para terminales	Ethernet-APL permite cablear a bornes de resorte y terminales de tornillo, soportando así la entrada de cable mediante pasacables. Además, tecnología de conectores bien definida asegura la simplicidad durante la instalación.

Conectores Aprobados para Ethernet-APL

Ya que Ethernet-APL se enfoca en aplicaciones de automatización de procesos, sus componentes de nivel físico deben ser apropiados para tales aplicaciones. Por lo tanto, el Proyecto Ethernet-APL ha aprobado métodos de conexión comunes en este ambiente. Estos métodos de conexión incluyen:

- Bornes de Resorte
- Terminales de Tornillo
- Conectores M8 y M12

Al seleccionar estos métodos de conexión para Ethernet-APL, los conectores también deben de cumplir con los siguientes requerimientos.

Especificación	Mínimo	Máximo
Corriente por Contacto	4 amperes	
Clasif. de Voltaje, contacto a contacto	50 VDC	
V. de aislamiento, contacto a blindaje	1500 VAC	
Pérdida de Inserción (IL)		$0.04\ ffor\ 0.1MHz \leq\ ff\ <\ 4\ MHz$ $0.02\ x\ \sqrt{}(ff\ /\ MHz)\ ffor\ 4\ MHz \leq\ ff\ \leq\ 20\ MHz$
Pérdida de Retorno (RL)		$28\ +\ 8\ x\ ff\ dB\ ffor\ 0.1MHz\ \leq\ ff\ <\ 0.5\ MHz$ $32dB\ ffor\ 0.5\ MHz\ \leq\ ff\ \leq\ 20\ MHz$
PSANEXT		$73\ dB\ ffor\ 0.1\ MHz \leq\ ff\ <\ 0.95\ MHz,$ $50.5\ dB - 17log10(ff\ /\ 20)$ for 0.95MHz ≤ f < 3.68 MHz $63dB\ ffor\ 3.68MHz \leq\ ff\ \leq\ 20\ MHz$
Resistencia DC por contacto		0.025 ohmios
NOTA 1: Los valores especificados en esta tabla deben mantenerse en todo el rango de temperatura del dispositivo con que se usa el bloque de terminal o el conector. NOTA 2: Los parámetros de esta tabla se requieren para elegir conectores y bloques de terminales. Por razones prácticas, para los conectores integrados en implementación de puertos APL, no se requieren pruebas de desempeño específicas del conector, ya que se espera que el desempeño del conector se valide durante las pruebas de conformidad APL específicas de puertos (como la pérdida de retorno MDI).		

Medios Ethernet-APL

Ethernet-APL especifica cable *bus* de campo Tipo A, IEC 61158-2, como cable de referencia. Este cable tiene una resistencia nominal de 100 ohms, +/- 20 y diámetro 18 AWG. La razón por que se especifica este cable es la reutilización de cable. Ethernet-APL, que se basa en IEEE 802.3cg, incluye margen para diez (10) conectores en línea, también anticipando la reutilización de cable.
Ethernet-APL se diseñó específicamente para acomodar los requisitos de seguridad intrínseca y ambientes de riesgo. Estas aplicaciones tienen requerimientos ambientales específicos para que la infraestructura física opere de manera segura. Estos requerimientos, además de los requisitos eléctricos para enlaces SPE 10BASE-T1L, guían las especificaciones del nivel físico de Ethernet-APL.

Reutilizar cables es posible con las debidas precauciones. La idea de reutilizar un cable *bus* de campo es ciertamente tentadora, y reduciría el costo de desplegar SPE o Ethernet-APL, sin duda. Mientras haya un medio que cumpla con las especificaciones y sea eléctricamente viable, la práctica de reutilizar el cable *bus* de campo puede ser muy provechosa. Hay riesgos que deben considerarse si se contempla hacerlo:

- Especificación del Cable *Bus* de Campo– Examine las especificaciones del cable a reutilizar.
  - Usualmente, una impedancia nominal de 100 ohmios es esencial.
- Considere la longitud de enlace que su aplicación requiere.
  - El tamaño del conductor, ¿es adecuado?
- Topología del Cable– Determine que la topología del cable instalado funcione con SPE.
- Además, cuente los conectores en línea de cada enlace.
  - ¿Hay 10 conductores o menos?
  - ¿Cumplen los conectores con el desempeño de IL, RL y PSANEXT listado en la tabla de arriba?
- Medición con Instrumentos del Desempeño del Enlace– Existen analizadores que miden el desempeño eléctrico de los enlaces que piensa reutilizar.
  - Estos analizadores comparan el rendimiento real medido contra los estándares para enlaces SPE.

Finalmente, tenga en mente las condiciones ambientales que degradan el rendimiento del cable– temperaturas elevadas o extremadamente bajas, alta humedad, contacto con químicos, exposición UV y estrés mecánico como impactos o vibraciones, son muy abundantes y frecuentes en plantas y fábricas. Estas tensiones ambientales, combinadas con la edad del cable, pueden llevar al cable más allá de los parámetros para una reutilización exitosa.

Gestión del Cable

Una gestión adecuada del cable ayuda a proveer a la red convergente de un alto desempeño, disponibilidad y confiabilidad del sistema en todas las zonas de la arquitectura CPwE. Afecta los MACs, desempeño de la señal y la vida del cable en las ubicaciones de infraestructura que van desde la hostil industria hasta áreas protegidas y con aire acondicionado. Esto incluye:

- **Control de Radio de Curvatura**: Mantener el radio de curvatura del cable (o sea, cambio de dirección) en lo especificado minimiza la atenuación de señal tanto en fibra como cobre. Toda curvatura debe controlarse de puerto a puerto con *spools* para holguras, enrutamientos tipo cascada, *spools* para gabinetes o características de producto. Los tramos de cable en un conducto deben mantener el mismo radio, por lo que algunos conductos podrían no ser apropiados.
- **Protección y Enrutamiento para Panel, *Rack* y Gabinete:** Proteger y enrutar el cable es esencial en gabinetes, *racks* de *switches* y paneles de control. En gabinetes y *racks*, los cables deben organizarse tanto horizontalmente (como con anillos en D)

como verticalmente (como con dedos de gabinetes). Los cables de red en gabinetes y paneles de control deben enrutarse en ductos y protegerse del ruido. El cable estándar de distribución de fibra puede enrutarse en un tubo corrugado o conducto para protección.

- **Manejo de Holguras:** Las holguras de cableado deben enrollarse y asegurarse adecuadamente para evitar que se enrede, se atore y tenga mala apariencia.
- **Mazos:** Cintillos de cable específicos para cable de red, como el *hook-and-loop* o los cintillos elastoméricos, deben usarse sólo para prevenir la deformación del cable que pueda llevar a la pérdida de la señal.
- **Identificación**: La Identificación puede lograrse con etiquetas impresas y cables, cintillos, etiquetas e iconos con códigos de color. Métodos intuitivos y normales reducen errores en movimientos, adiciones y cambios, y ayudan a resolver problemas ayudando a identificar el cableado y mejorar la planeación.
- **Sistema de Mapeo de Red:** Usar un sistema de mapeo automatizado junto con cables de parcheo pre-etiquetados reduce el tiempo y costo de la documentación de la red. Escanear códigos de los cables y guardar los datos en una base de datos facilita a ingenieros y técnicos ubicar y rastrear cables. Documentar el sistema completo desde su instalación reduce el tiempo de inactividad al reparar y mantener la red.

El cable en una arquitectura PNZS, gabinetes independientes y paneles de control se analiza en el Capítulo 4, “Diseño de la Infraestructura Física para la Zona Industrial.”. En el Capítulo 5, “Despliegue de Infraestructura Física en Operaciones de Sitio de Nivel 3” hay información sobre la gestión del cableado para un IDF y el enrutamiento a la Zona de Celda/Área. Vea el Capítulo 5, “Despliegue de Infraestructura Física en Operaciones de Sitio de Nivel 3” para información sobre la gestión de cable de red para *switches*, servidores, almacenamiento y otros equipos.

Enrutamiento de Cableado de Red

El enrutamiento es crucial para distribuir cableado de fibra y de cobre de forma segura por la planta/sitio, protegiéndolo de las amenazas a la infraestructura física. El estándar TIA-1005, el manual *ODVA Media Planning and Installation Manual* y otras guías ofrecen recomendaciones de enrutamiento, incluyendo el espacio del cable y asesoramiento para instalación para minimizar riesgos de amenazas ambientales. Hay varias opciones de enrutamiento de cable que simplifican el despliegue usando las mejores prácticas para varios ambientes a lo largo de la planta. La siguiente figura describe algunas de ellas.

Figura 2-8 Consideraciones de Enrutamiento

Installation Consideration	J-Hook	Wire Basket	FiberRunner®
Cable Protection Environment	Mild	Moderate	Moderate to harsh
Cable Density	Light to medium	Medium to heavy	Light to heavy
Applicable in Constrained Spaces	Yes	No	No
Installation Complexity	Simple	Moderate	Moderate to strong
Ease of Moves, Adds, Changes	Simple	Moderate	Moderate

387980

El enrutamiento más simple y económico son los Ganchos tipo J (*J-Hooks*). Los *J-Hooks* pueden montarse en muros, vigas, y otras superficies. Los cables de red se sostienen en su sitio por el gancho y a menudo se aseguran con un cintillo. El gancho está diseñado para brindar un control de radio de curvatura idóneo al bajar. Los sistemas *J-Hook* deben usarse con cables con suficiente rigidez para tener una curvatura adecuada entre soportes y son aptos para mazos pequeños. Un cable de fibra con forro auto-portante se prefiere al enrutar con *J- Hooks* o escalerillas portacables para proteger la fibra de pellizcos, torceduras, o atenuación. El cable de fibra estándar de distribución no es apto para los *J-Hooks* a menos que lo soporte un tubo corrugado. El espacio máximo entre *J-Hooks* es de entre cuatro pies (4') y cinco pies (5'), de acuerdo con TIA-569.

Al enrutar mazos de cables grandes o con muchos cables, una bandeja portacables puede instalarse de forma elevada para formar un enrutamiento sólido y continuo. Como el cable está expuesto al entorno, los forros deben especificarse para soportarlo. Una bandeja cerrada, como las de fibra, ofrecen un alto nivel de protección ambiental para densidades de cable de baja a alta. Para la mayor protección con pocos cables de red, los conductos son la mejor opción; debe tenerse cuidado para mantener el radio de curvatura.

El enrutamiento es un componente esencial en la gestión de la infraestructura física. Conforme los cables llegan a destino, hay varios métodos para enrutar los cables que entran o salen del enrutamiento. Lo más común es que un pasacables o prensacables se use para un gabinete de panel de control, pero el método depende de los requisitos de la aplicación.

Sistemas de Entrada de Cables

Además de los pasacables o prensacables, hay otros sistemas de entrada que pueden usarse para cables terminados y sin terminar. Estos sistemas ofrecen una entrada de cables segura y organizada a los gabinetes y el equipo eléctrico. Ofrecen Alivio de tensión y mantienen la clasificación IP/NEMA de un gabinete, protegiéndolo del ingreso de líquidos y sólidos. Estos diseños se usan en un amplio rango de aplicaciones y cumplen con los estrictos requisitos de UL 508A, y tienen rigurosas clasificaciones de resistencia UV y flamabilidad.

Comparados con los pasacables o prensacables, los sistemas de entrada de cables requieren un orificio (basado en tamaños estándar) para montar un marco que puede manejar una alta densidad de cables. Esta simplificación ahorra 60% del tiempo al instalarse y las configuraciones de alta densidad permiten un ahorro de hasta 70% de espacio, crucial para aplicaciones en máquinas que requieren muchos cables con poco espacio disponible. Los sistemas de entrada de cables ofrecen ubicaciones adicionales en el mismo diseño para movimientos, adiciones y cambios en el futuro.

Las ventajas estos sistemas comparados con un pasacables o prensacables son:

Menor tiempo de instalación

Ahorro de espacio

Orificios adicionales para movimientos, adiciones y cambios

Diseñados para cables terminados y sin terminar

Cables sin Terminar

Los cables sin terminar sólo se empujan a través de los puertos del sistema al entrar o salir del gabinete. Los puertos tienen una membrana de polímero a que brinda un ajuste de alta

calidad alrededor del cable y un alto grado de alivio de tensión. También hay diseños de placa de membrana básica, que dan buen alivio de tensión. Estos diseños cumplen con diferentes clasificaciones IP y NEMA, hasta IP66 y NEMA Type 4X.

Figura 2-9 Sistema de Entrada de Cables Sin Terminar

Cables Terminados

Las aplicaciones que pueden tener un conector terminando el cable requieren un Sistema diferente, diseñado usando cubrefilos que aceptan un rango de diámetros y tipos de cables, como USB, LAN y ASI. Estos diseños también cumplen con diferentes niveles de clasificaciones IP y NEMA, hasta IP65 y NEMA Type 4X.

Figura 2-10 Sistema de Entrada de Cables Terminados

Unión y puesta a tierra de Redes Industriales

Un sistema adecuado de unión y puesta a tierra es esencial para la seguridad del personal y los equipos, su operación y una comunicación confiable de la red. Un buen sistema de unión y puesta a tierra es intencional (diseñado y especificado), verificable visualmente (*i.e.*, cable con forro amarillo y verde), y consiste de conductores del tamaño apropiado para manejar de forma segura la corriente eléctrica esperada y disipar el ruido eléctrico.

Puesta a Tierra y Unión

Los términos *earthing*, *grounding*, y *bonding* a veces se usan indistintamente; dicho eso, cada uno tiene un significado específico:

- ***Earthing***—Conectar a tierra o a un conductor conectado a tierra
- ***Grounding***—El punto en el que todos los conductores unidos se conectan a tierra

- ***Bonding***—Conectar eléctricamente todos los artículos metálicos diseñados para conducir electricidad, como gabinetes, bandejas, *racks* y blindaje de cable a tierra

Figura 2-11 *Earthing, Grounding, y Bonding*

Puesta a Tierra por Seguridad

Las bandejas de cables, gabinetes, cables de control/comunicaciones, *chasis*, o superficies metálicas que pueden energizarse de forma involuntaria por un corto o un rayo, con el potencial de una descarga que cause lesiones y/o daño a los equipos. Un conductor a tierra dedicado dirige de forma Segura la corriente desviada directamente a tierra.

Bucle de Tierra

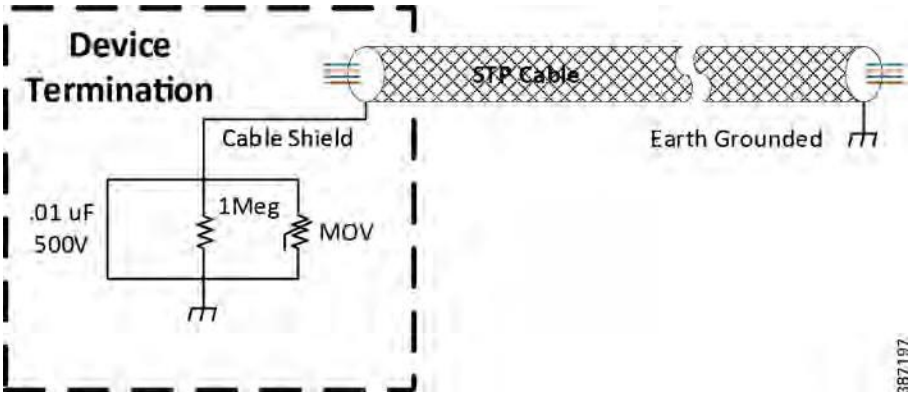
Un bucle de tierra es corriente no deseada en un conductor (o blindaje) que conecta dos puntos que deberían tener el mismo potencial; resultan de varias conexiones a tierra con diferente potencial, creando una diferencia que causa que la corriente eléctrica fluya.

Unión y Puesta a Tierra para la Comunicación de la Red

El ruido eléctrico y los bucles de tierra pueden afectar los equipos electrónicos, sobre todo de Ethernet. Hay varios métodos para suprimir estos elementos. El cable Ethernet *Untwisted Pair* (UTP) tiene una inmunidad limitada al ruido. El cable *Shielded Twisted Pair* (STP) es más efectivo porque tiene una cubierta metálica diseñada para disipar el ruido eléctrico cuando se une correctamente. Idealmente la conexión del cable STP se une a ambos extremos del canal. El desafío es mantener el mismo potencial en ambos extremos. Un conductor ecualizador de potencial (EPC) puede ser necesario para eliminar cualquier diferencia y evitar bucles de tierra. Este método de unión de cable STP ofrece la mayor protección contra interferencia, evita la reflexión de potencial al unir en un solo extremo, y optimiza el efecto de usar circuitos Resistor-Capacitor (RC) en dispositivos finales.

Usar una terminación de dispositivo RC (unión híbrida o filtro/tierra/red RC) permite que el ruido de alta frecuencia pase por el bucle y bloquea las bajas frecuencias que pueden existir por diferencias en el potencial de tierra. Para disipar el ruido adecuadamente, muchos de los sistemas de control industrial actuales, como PAC/PLC de Rockwell Automation, incluyen terminación de dispositivos RC. La terminación de dispositivos RC ayuda a abrir bucles de tierra brindando un camino de baja impedancia a altas frecuencias y de alta impedancia a las bajas frecuencias para la terminación del blindaje, que reduce las corrientes de ruido de tierra. La Figura 2-12 se tomó de ANSI/TIA-1005-A.

Figura 2-12 Ejemplo de Implementación de la Puesta a Tierra RC



El cable de red protegido por un escudo de ruido o ducto blindado se diseñó para disipar el ruido eléctrico en un gabinete. Ambos proveen el equivalente de 6 pulgadas de aire, permitiendo así un uso más eficiente del espacio en un panel de control. Además, una banda ancha y plana de unión, unida a la Puerta y los paneles laterales, disipa más eficazmente el ruido que el cable estándar y la banda trenzada brinda un camino de baja impedancia a tierra (su construcción es menos susceptible al efecto superficial del ruido de alta frecuencia). LA meta es implementar una referencia de tierra única en toda la red.

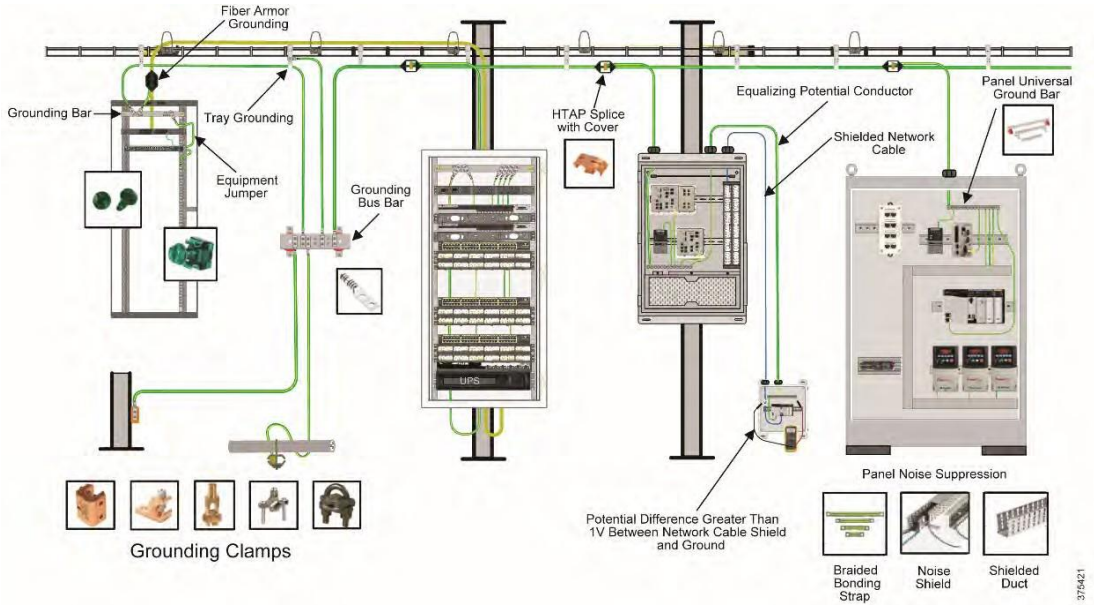
Conductores que Igualan el Potencial (EPC)

Si hay una diferencia de potencial entre el blindaje del cable y la tierra del equipo mayor a un voltio, puede formarse un bucle de tierra, afectando la transmisión. Un EPC restaura la tierra y limita las diferencias de potencial entre segmentos de la red. Este tipo de tierras son comunes en un Sistema de Tierra Equipotencial/Malla. (Ver Figura 2-13).

Sistema de Tierra Equipotencial/Malla

La base de este sistema es ofrecer un camino de baja impedancia a tierra entre todos los dispositivos del sistema. Este método minimiza la diferencia de potencial eléctrico entre los dispositivos y, así, reduce el riesgo de bucles de tierra. Este sistema requiere el uso de conductores de ecualización del tamaño correcto. El propósito de estos conductores es brindar un camino entre dispositivos para que las corrientes de ruido fluyan y no vayan al blindaje del cable de comunicación. El tamaño de los conductores se ilustra en una tabla en ANSI/TIA-1005-A. Una matriz de conductores de unión y ecualización, “malla de tierra”, llevará las corrientes para que no interfieran con otros dispositivos.

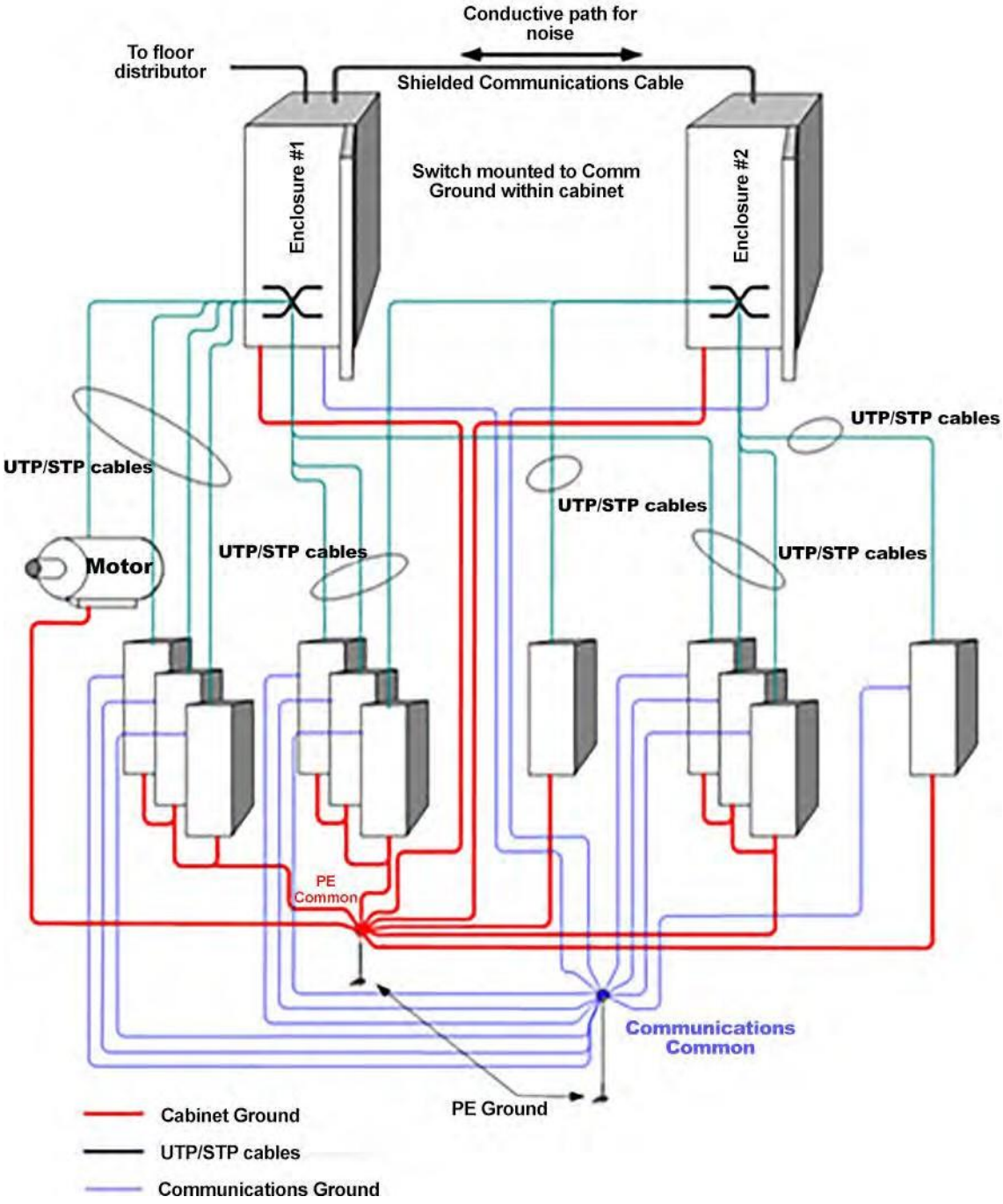
Figura 2-13 Red de Puesta a Tierra Industrial



Sistema de Puesta a Tierra en Estrella

La base de este sistema es crear un sistema de unión separado para los equipos de comunicación. Esta configuración se puede usar para mitigar los bucles de tierra en sistemas donde un potencial de tierra idéntico no es práctico. Implementar este tipo de sistema va a requerir aislar la tierra, por lo que el diseño puede incluir diferentes tipos de barrajes de tierra aislados de un panel trasero o gabinete. Este tipo de sistema de puesta a tierra permite usar terminación de dispositivos RC (Resistor Capacitor). La imagen siguiente de un Sistema de Puesta a Tierra en Estrella se tomó de ANSI/TIA-1005-A.

Figura 2-14 Sistema de Puesta a Tierra en Estrella TIA-1005



Estándares Aplicables de Unión y Puesta a Tierra

- NEC (NFPA-70) Artículos 250 y 645.15
- TIA 607-B y ANSI/TIA-1005-A
- BICSI
- Red de Puesta a Tierra Industrial

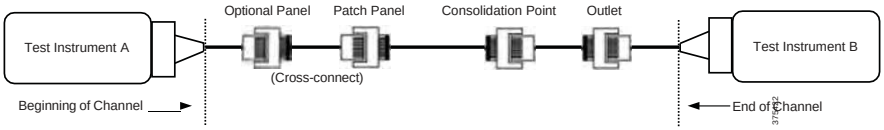
Pruebas de Enlace

Las pruebas de enlace verifican el desempeño de referencia y ayudan a un mantenimiento de red eficiente durante su tiempo de vida. Dos formas de prueba de enlace son usadas:

- **Estática:** Suele usarse en las fases de instalación y encargo, y en tareas de mantenimiento
- **Dinámica:** Solución de monitoreo de red que reside en la red y brinda datos y análisis del rendimiento en tiempo real

La prueba de enlace estática (ver Figura 2-15) involucra instrumentos conectados a cada enlace.

Figura 2-15 Configuración de Prueba de Enlace Estática TIA568



Este paso es importante al instalar y encargar la red, para confirmar que cualquier desafío relacionado a la instalación se descubra antes de que la red entre en operación. Las medidas de desempeño se hacen y graban para cada enlace. Esta información del desempeño de referencia se guarda y puede acelerar el diagnóstico y la corrección. Finalmente, que el instalador brinde los datos de la prueba como parte del criterio de aceptación reduce mucho la posibilidad de disputas durante el cobro si los datos se incluyen como un criterio.

Las soluciones de prueba dinámica residen en la red y brindan monitoreo y análisis de la red en tiempo real. Las soluciones dinámicas deben incluir funciones de descubrimiento y visualización además de funciones básicas como indicadores de ancho de banda. La visualización es de especial importancia como un anexo de mantenimiento para acelerar la corrección de problemas al descubrirlos. Muchas redes mezclan equipos de varios fabricantes, y por eso se recomienda elegir una solución independiente y neutral.

Una ventaja clave de las pruebas dinámicas es que muchas herramientas convencionales no pueden detectar algunas formas de interrupciones en la red, especialmente asuntos intermitentes y/o que se manifiestan sólo durante la operación real. Las soluciones de monitoreo dinámico ofrecen datos y análisis diarios y constantes del desempeño, lo que permite ver tendencias y hacer análisis a largo plazo que puedan exponer inconvenientes. Otra ventaja de las soluciones dinámicas es tener la capacidad de detectar y responder rápidamente a cosas como direcciones IP duplicadas, movimientos de cables o dispositivos, fallas de conexión o aplicación, y conexiones no autorizadas.

Canal

Todo segmento en el sistema de cableado debe someterse a una prueba de pérdida de enlace. Un segmento consta de medios y conectividad, como conectores, adaptadores, empalmes, y más, uniendo diferentes partes de la red. La medición de la prueba de enlace incluye la pérdida de inserción de los conectores en los paneles (*bulkheads* de terminación) en cada extremo del enlace, pero excluye la atenuación de cualquier cable corto añadido a los electrónicos terminados o al desempeño del conector en la interfaz del equipo. Aunque el canal se define como todos los componentes en el enlace permanente y cables adicionales conectados a los electrónicos terminados, sólo el enlace permanente se mide contra la expectativa del estándar.

Los estándares ISO/IEC y TIA definen un enlace permanente como como la infraestructura de cableado de fibra permanente que usa el equipo activo para comunicarse. Esto excluye los cables de parcheo que conectan el equipo de red activo en paneles de control o los cables de parcheo en otras áreas de *switches*. Los estándares ISO/IEC y TIA definen pruebas de enlace específicas para verificar el desempeño de los segmentos permanentes del cableado instalado de la forma más precisa posible.

El segmento de enlace permanente constituye la infraestructura de cableado: el cable de fibra y la conectividad que va de panel de parcheo a panel de parcheo, y la conectividad que está en los paneles de parcheo. Un enlace permanente excluye los cables de parcheo a los electrónicos terminados de línea. La prueba de enlace permanente debe completarse antes de que los cables de parcheo se conecten a los paneles.

A menos que se indique lo contrario, toda prueba de pérdida de enlace permanente debe hacerse con un medidor/fuente de poder de mano. Este equipo mide la atenuación del enlace, que es el parámetro de desempeño más importante al instalar un componente.

Para cableado troncal, la prueba de enlace permanente se recomienda para todo enlace en ambas longitudes de onda especificadas. La fibra multimodo debe probarse en una dirección a 850nm (la ventana de operación SX) y a 1300nm para compensar las diferencias de atenuación de la fibra por la longitud de onda y para revelar fallas potenciales en la instalación. Asimismo, para aplicaciones LX, la prueba de ventana debe realizarse a la longitud de onda de la aplicación y la segunda ventana a la longitud de onda más alta (1550 nm).

Diferencias significativas en los resultados entre estas ventanas pueden ayudar a reparar enlaces fallidos. Las fallas en la primera ventana pueden indicar problemas con los sistemas de conectores, mientras que en la segunda ventana, las fallas indican macroflexión en el cableado instalado; o sea, curvaturas importantes que pueden causar atenuación incremental.

Consideraciones de Infraestructura Física Inalámbrica

Las redes de acceso inalámbrico seguras y robustas se han vuelto esenciales en ambientes industriales. Conforme estas redes se explotan a su máxima capacidad con varias tendencias nuevas, es importante considerar en las fases de planeación y diseño las tareas específicas que deberán completarse inalámbricamente. También es importante tener un pronóstico del crecimiento futuro. Actualmente, hay dos aplicaciones inalámbricas de cliente principales: movilidad y comunicación en *bridges* de grupo de trabajo (WGB). Esta sección discute tópicos importantes ligados a la infraestructura física y despliegue de APs inalámbricos.

Muchos negocios consideran desplegar aplicaciones de realidad aumentada para ayudar en el mantenimiento del equipo y facilitar la interacción con expertos remotos. AR requiere baja latencia y gran ancho de banda para funcionar correctamente. Como esta conectividad de alto desempeño debe estar en todos lados, estos requisitos motivan el uso de inalámbricos de gran capacidad. Formas aceptables de tecnología inalámbrica incluyen Wi-Fi 6 / Wi-Fi 6E y las redes celulares 5G. Cada una provee la funcionalidad base necesaria para AR. Elegir la infraestructura es depende de qué método cubre mejor las necesidades del negocio.

La mayoría de los negocios que consideran redes celulares 5G despliegan su propia red privada. Una red privada 5G es una red dedicada para el negocio u organización. Incluye sitios celulares y servidores centrales, y no necesitan de redes celulares públicas.

Wi-Fi 6 o Wi-Fi 6E se despliegan como las redes inalámbricas en los negocios actuales para brindar acceso a internet a los empleados en las instalaciones. Normalmente, estas redes inalámbricas las diseña y opera el personal de TI de la empresa, aunque hay quien

opta por servicios inalámbricos brindados por organizaciones de servicio como el grupo *Cisco's Meraki*.

En una instalación tradicional, los puntos de acceso inalámbricos, la infraestructura de cableado y los *switches* dedicados a la red inalámbrica los compra, encarga y mantiene el personal de TI de la empresa.

Las organizaciones de servicios gestionados operan como proveedores de celulares en tanto que despliegan, operan y mantienen la red, entregando conectividad según un acuerdo mutuo SLA y cobrando una tarifa por estos servicios.

Dada la importancia de las aplicaciones que este nuevo servicio inalámbrico soporta, la primera preocupación del personal de TI debe ser el nivel de experiencia en dominios inalámbricos que tienen para desplegar y operar una red así. Casi igual de importante es el recurso disponible para mantener la red durante su vida útil.

Considere esta comparación de los estándares Wi-Fi en la tabla siguiente.

Tabla 2-2 Comparación de Estándares Wi-Fi

	Wi-Fi 4	**Wi-Fi 5**	**Wi-Fi 6**	**Wi-Fi 7***
Estándar IEEE	802.11n	802.11ac	802.11ax	802.11be
Densidad de APs	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Tasas de Datos	450 Mbps	1.2 Gbps	2.5 Gbps	10+ Gbps
Cable	Cat 6	Cat 6a	Cat 6a	2x Cat 6ª

Mapeo del Sitio

El primer paso para el diseño y operación exitosos de una red WLAN es mapear el sitio.Así se caracteriza e identifica el ambiente de RF en toda el área de cobertura para confirmar que los requisitos de los puntos de acceso se cumplan. El mapeo puede hacerse usando datos medidos de APs dispuestos por el área de cobertura, puede ser predictivo; un modelo de computadora del área de cobertura con detalles se crea y se determina el desempeño.

Espectro Inalámbrico

La frecuencia de 5 GHz se recomienda para aplicaciones inalámbricas industriales. Ya que el número de canales es limitado y hay más posibilidades de interferencia, la frecuencia 2.4 GHz no se recomienda para aplicaciones IACS cruciales, como control de máquinas. Dicho eso, 2.4 GHz puede usarse para acceso personal y aplicaciones no-cruciales de bajo impacto. Use sólo los canales 1, 6 y 11 en la frecuencia 2.4 GHz. Usar canales no estándar o más de tres canales en la frecuencia 2.4 GHz causará interferencia y un bajo rendimiento.

Los lineamientos cambian constantemente; por eso, es importante referirse a la autoridad regulatoria local y la documentación de los productos para la información más reciente de cumplimiento y disponibilidad de canales en cada país.

Muchas fuentes de interferencia son intermitentes, y pueden aparecer nuevas fuentes. Es importante revisar activamente la interferencia de radio en el entorno industrial, antes y

después del despliegue. Una política bien definida y aplicada en el sitio es fundamental para prevenir la interferencia.

La transmisión inalámbrica, como Wi-Fi o 5G, lleva información de forma inalámbrica usando el espectro electromagnético, particularmente el espectro radiofónico.

El servicio celular 5G usa rangos de frecuencias específicos, o espectro, para brindar conectividad. No todos los proveedores usan el mismo espectro de frecuencias para el servicio 5G. Este espectro está licenciado (en subasta), compartido o no. La ITU (*International Telecommunications Union*) regula el uso del espectro de radio frecuencias en el mundo. El uso doméstico del espectro es controlado por diferentes cuerpos regulatorios, como la FCC (*Federal Communications Commission*) en los Estados Unidos.

Wi-Fi 6 se define en un estándar IEEE, IEEE 802.11ax. El nombre Wi-Fi 6 viene de la Alianza Wi-Fi e identifica 802.11ax como la 6ª generación de Wi-Fi; de ahí Wi-Fi 6. Wi-Fi 6 se diseñó para opera en las frecuencias libres de licencia entre 1 y 7.125 GHz. Este espectro de operación incluye las frecuencias 2.4 GHz y 5 GHz usadas en generaciones previas de Wi-Fi, así como la frecuencia 6 GHz, más amplia. Las instalaciones Wi-Fi que operan en la frecuencia 6 GHz son llamadas Wi-Fi 6E.

El espectro es importante porque la frecuencia impacta la velocidad y poder inalámbricos. Todas las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz. Pero no todas las ondas interactuan con el ambiente o se comportan de la misma forma. Generalmente, la frecuencia tiene el siguiente impacto en la transmisión inalámbrica.

Frecuencia más alta	**Frecuencia más baja**
Mayor velocidad	Menor velocidad
Distancias más cortas	Distancias más largas

¿Cómo afecta la frecuencia a la distancia? La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia (léase, las altas frecuencias tienen menor longitud de onda). Cuando la longitud de onda es corta, como en las frecuencias superiores del espectro inalámbrico, la onda es tan pequeña que fácilmente puede distorsionarse. Por eso, las frecuencias altas no llegan tan lejos como las frecuencias más cortas.

La velocidad es el segundo factor impactado por la frecuencia. El ancho de banda se mide por la diferencia entre la frecuencia más alta de la señal y la más baja. Así, al subir en el espectro de frecuencias se alcanza un rango de frecuencias mayor y mejora el desempeño. Las tecnologías Wi-Fi 6 o 5G ambas tienen un amplio rango de frecuencias y un ancho de banda superior. Sin embargo, las velocidades más altas también significan que la señal no llega tan lejos. La limitación impuesta por las altas frecuencias incrementa la densidad necesaria de puntos de acceso para la cobertura objetivo sin perder velocidad.

Generalmente, se usan bandas de frecuencias para soportar 5G, banda baja (sub GHz), banda media (1-7 GHz) y banda alta (24+ GHz).

Onda milimétrica (*Milimeter Wave;* mm Wave) es un término asociado con 5G celular con un rango de frecuencias entre 24 GHz y 300 GHz. Este rango es llamado banda milimétrica, porque su longitud de onda va de 1 a 10 milímetros.

Dada la influencia de la frecuencia en el ancho de banda, es fácil concluir que las aplicaciones de alto desempeño requieren onda milimétrica, que ofrece sorprendentes niveles de desempeño. No obstante, debido a la corta longitud de onda de este rango de frecuencias, las distancias son muy cortas comparadas con banda baja y media. La falta de cobertura y penetración de la onda milimétrica debe compensarse incrementando la densidad de puntos de acceso en cada área que requiera este desempeño.

Cobertura Inalámbrica

El área de cobertura del AP donde la tasa de datos deseada puede soportarse depende de varios factores y sólo puede determinarse durante el mapeo del sitio. Los cambios ambientales y niveles de interferencia también cambian dinámicamente la cobertura.

Para aplicaciones EtherNet/IP, confirme que se cumplan los niveles mínimos de parámetros como la Indicación de Fuerza de Señal Recibida (*Received Signal Strength Indication;* RSSI) y Relación Señal/Ruido (*Signal to Noise Ratio;* SNR).

Los ambientes industriales complican más el uso de inalámbricos debido a la maquinaria, objetos, gente y equipo que maneja materiales en el entorno. Muchos de ellos o reflejan o absorben las transmisiones inalámbricas, afectando la transmisión confiable. La absorción y/o reflexión puede causar huecos en la cobertura o hacer que deba retransmitirse para asegurar las comunicaciones. Más aún, algunos de estos factores se mueven, creando un "blanco móvil," literalmente. Por eso, el mapeo detallado del área es necesario para asegurar un despliegue inalámbrico funcional.

Si se elige 5G (pública o privada) y su compañía opera en el ámbito global, la elección del proveedor es **vital,** ya que no todos operan en las mismas frecuencias. El cambio de frecuencia dificulta el trabajo de replicar su despliegue de forma global.

Si una red 5G privada es su elección, la infraestructura cableada es instalada por su proveedor o un delegado. Al planear la instalación, asegúrese de señalar cualquier condición extrema ambiental para que el cableado y los gabinetes sean idóneos para la instalación. Además, es importante determinar un punto de demarcación donde la red 5G se conecta con la red empresarial. Un examen cuidadoso de las prácticas y políticas de seguridad es muy importante. Verifique que su personal de TI esté incluido y satisfecho con las medidas de seguridad tomadas por ambas partes.

Parámetros RF

La Multiplexación de División Espacial tiene un beneficio limitado para el tránsito EtherNet/IP en tiempo real. Transmisiones espaciales múltiples hacen menos confiable la comunicación, más dependiente de SNR, y más susceptible al desvanecimiento multitrayecto. Una transmisión única es mejor para la comunicación EtherNet/IP. En este caso, un canal de 20 MHz (sin unión de canal) se recomienda para aplicaciones IACS.

No siempre es deseable usar el máximo poder de tránsito en la Zona de Celda/Área. Limitar el poder de tránsito reduce la cobertura en la Zona de Celda/Área y la propagación de la señal fuera del área designada, para que menos clientes lejanos se conecten al AP.

Nota Para más información, vea *Deploying 802.11 Wireless LAN Technology within a Converged Plantwide Ethernet Architecture Design and Implementation Guide* en las siguientes URLs:

- http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/NovCVD/CPwE_WLAN_CVD.html
- http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td006_-en-p.pdf

Ubicación de los Puntos de Acceso

La ubicación de los puntos de acceso se define usando el modelo virtual de cobertura y desempeño. Estos hallazgos deben ser validados durante la fase de comisión. A veces,

las pruebas iniciales de la WLAN durante la fase de comisiones revelan que la ubicación de los AP debe moverse ligeramente para acomodar la distribución del edificio, los obstáculos, y más, si no fueron considerados. Normalmente, estas interferencias se cambiaron o movieron después de hacer el modelo virtual. El cableado estructurado usado para conectar los AP al puerto IES puede designarse considerando la necesidad de cambio usando cables de parcheo que conecten al AP las salidas de equipo (EO) fijas que se conectan al cable horizontal. Este concepto se presenta en TIA Technical Services Bulletin (TSB) 162-A, *Telecommunications Cabling Guidelines for Wireless Access Points*.

TSB-162 basa el diseño inicial en el despliegue de APs en un modelo de cuadrícula, y enfatiza que luego del diseño inicial, la predicción virtual de rendimiento debe enfocarse en determinar cualquier desviación de las ubicaciones de AP de esta cuadrícula. A menudo, en despliegues en planta/sitio grandes, hay vigas estructurales verticales que soportan el techo y dan rigidez al edificio; éstas pueden servir como ubicaciones para los APs. Estas vigas también proveen ubicaciones convenientes para gabinetes PNZS en la Zona de Celda/Área.

Cableado para Puntos de Acceso

Desde la publicación original de los estándares IEEE 802.11 para WLAN, IEEE 802.11-1997 que soportaba tasas de hasta Mbps, el IEEE ha desarrollado tecnología y sistemas WLAN capaces de tasas incrementalmente mayores. A través del progreso de 802.11b, 802.11g, 802.11na y 802.11ac, se publicó el estándar más reciente, IEEE 802.11ax, conocido como Wi-Fi 6. Hasta IEEE 802.11n, las tasas de retorno de datos eran menores que 1 Gbps, lo que indica que el cable Cat 5e o 6 puede usarse. Con la publicación de IEEE 802.11ac, los APs de 2ª Generación e IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6) la tasa se incrementó a más de 1 Gbps. Así, será necesario desplegar cable Cat 6A que soporte tasas de hasta 10 Gbps, y se recomienda para nuevas instalaciones. Se crearon referencias para usar dos cables Cat 6A para cada AP, incrementando así la confiabilidad y disponibilidad en caso de falla del canal.

Un nivel físico bien instalado y diseñado es esencial para soportar los puntos de acceso inalámbricos. Es importante planear la cobertura necesaria actual y futura para que la infraestructura cableada no requiere mucha atención durante su vida útil.

Cuando Wi-Fi es la tecnología elegida para su negocio, considere que los puntos de acceso inalámbricos suelen alimentarse usando PoE (*Power over Ethernet*). Los *switches* de red que sirven al AP funcionan como PSEs (*Power Sourcing Equipment*), alimentando los puntos de acceso que son PDs (*Powered Devices*). Al planear la capacidad de alimentación AC de los *switches*, recuerde que PoE coloca el suministro eléctrico en el *switch* de red, lo que consume mucha más energía que el *switch* en sí mismo.

Los requisitos de aplicación más conocidos indican que Wi-Fi 6/6E entrega un ancho de banda satisfactorio si necesita alta capacidad / baja latencia. Dar conexiones cableadas a los APs inalámbricos casi siempre se consigue con cable Categoría 6Acable. El cable Categoría 6A brinda velocidades de transmisión de 10 Gb/s, haciéndolo la elección ideal al cablear los puntos de acceso Wi-Fi 6/6E. Las mejores prácticas actuales recomiendan usar dos cables por punto de acceso.

Es importante notar que el costo de instalar cable siempre es menor durante la construcción. Cablear en etapas posteriores suele ser considerablemente más caro y difícil. Al diseñar infraestructura de cableado, es vital entender hacia dónde van los estándares Wi-Fi.

	Wi-Fi 4	**Wi-Fi 5**	**Wi-Fi 6**	**Wi-Fi 7***
Estándar IEEE	802.11n	802.11ac	802.11ax	802.11be
Densidad de Puntos de Acceso	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Tasas de Datos	450 Mbps	1.2 Gbps	2.5 Gbps	10+ Gbps
Cable	Cat 6	Cat 6a	Cat 6ª	2x Cat 6a

** El estándar propuesto IEEE 802.11be recomienda dos cables Cat 6A por punto de acceso en algunos casos. El nombre Wi-Fi7 no es oficial ni ha sido anunciado por la Alianza Wi-Fi.*

Entonces, los requisitos para infraestructura cableada deberían:

- Soportar las tasas de datos Wi-Fi de hoy y de mañana
- Soportar movimientos, adiciones y cambios fáciles que habiliten mayor densidad
- Soportar las tasas de datos Wi-Fi del futuro cuando se requieran puertos de AP de más de un multigigabit

Por lo anterior, debería considerar usar de dos a cuatro cables Categoría 6A por punto de acceso inalámbrico en donde se requiera alta densidad.

- Hoy: Un cable puede usarse para soportar un punto de acceso Wi-Fi 6
- Futuro Cercano: Se usan dos cables para soportar dos puntos de acceso Wi-Fi 6 para densidades superiores
- Futuro: De dos a cuatro cables se usarán para soportar dos puntos de acceso Wi-Fi 7 (potencialmente dos cables para cada uno)

¿Qué sigue para Wi-Fi y PoE?

Muchos elementos nuevos y emocionantes llegaran a Wi-Fi y PoE. Mientras que Wi-Fi 6 es el mejor estándar Wi-Fi disponible ahora, el estándar IEEE 802.11be (asumimos que se llamará Wi-Fi 7) está en desarrollo y se espera su publicación entre el 2023 y el 2024.

Power over Ethernet

El cableado de cobre usado para la conectividad de los AP también puede usarse para alimentar el AP con PoE. PoE se desarrolló por los cuerpos de estándares IEEE, y existen actualmente cuatro versiones:

- IEEE 802.3af, Type 1, lleva hasta 12.95 vatios hasta el fin de un canal de longitud máx.
- IEEE 802.3at, Type 2, lleva hasta 25.5 vatios hasta el fin de un canal de longitud máx.
- IEEE 802.3bt, Type 3, lleva hasta 51 vatios hasta el fin de un canal de longitud máx.
- IEEE 802.3bt, Type 4, lleva hasta 71 vatios hasta el fin de un canal de longitud máx.

El diseño detallado del cableado debe considerarse, ya que APs con tasas de datos mayores requieren más energía, y a veces pueden requerir más de lo que está disponible de una fuente

PoE. En estos casos, se requerirían dos cables, y se usaría alimentación combinada en el AP.

El estándar para PoE de próxima generación, IEEE 802.3bt, ha sido ratificado, y los productos que lo usan están siendo desplegados. Este nuevo estándar es ideal para tecnologías como puntos de acceso inalámbricos de próxima generación, que posiblemente consumirán más energía y tendrán necesidades de tasas de datos superiores a lo que el estándar de PoE actual suministra. Este estándar seguramente verá la llegada de muchos dispositivos a la red, debido a sus capacidades de alimentación más altas.

Puntos de Acceso en Entornos Hostiles

Los APs usados en despliegues en planta/sitio frecuentemente se ubican en entornos hostiles, o incluso en exteriores. Existen opciones para desplegar APs con clasificación nativa para estos ambientes, pero si no las hay, los APs deben instalarse en gabinetes protectores. Debe considerarse el diseño del gabinete, ya que la proximidad de material adicional asociado con un gabinete hecho de metal puede afectar el patrón de radiación y el comportamiento de la cobertura. Además, las antenas deben ubicarse afuera del gabinete, o este debe incluir una ventana RF-transparente.

CAPÍTULO 3

Diseño de Infraestructura Física para la Zona de Celda/Área

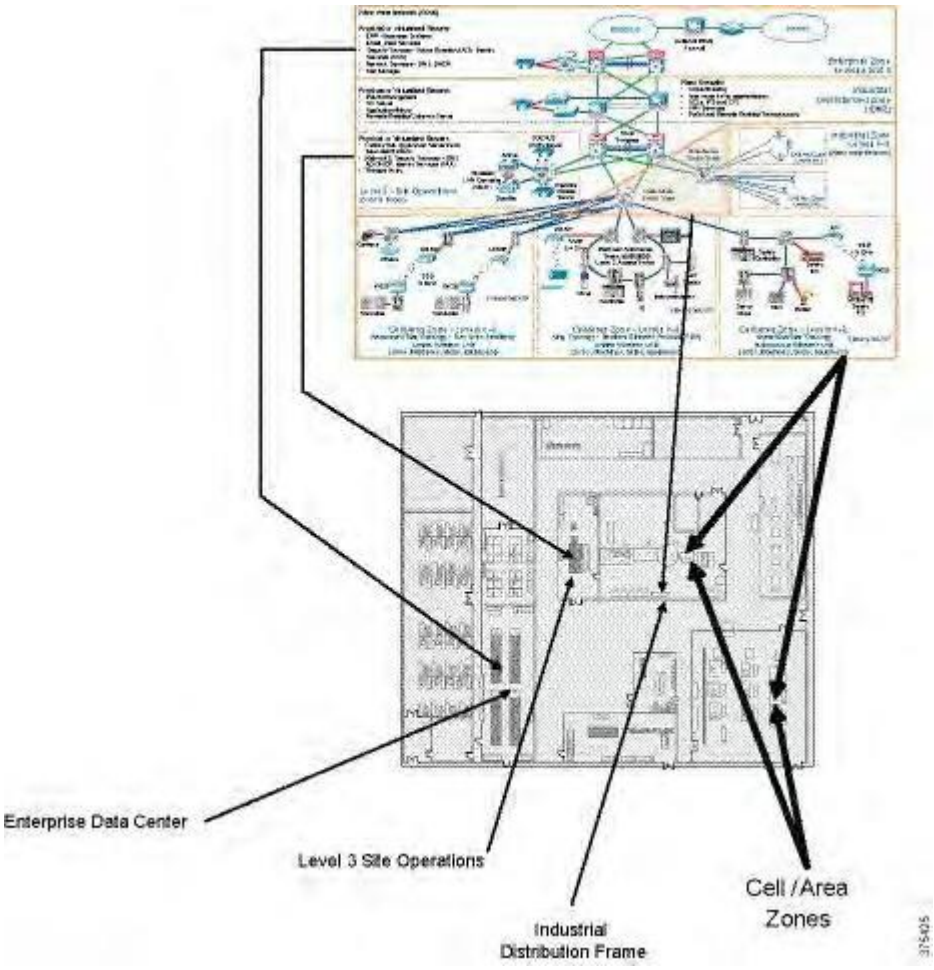
El despliegue exitoso de una arquitectura lógica de Ethernet Convergente en la Planta (CPwE) depende de un diseño robusto de la infraestructura de la red, empezando con un nivel físico sólido que aborde los desafíos ambientales, de desempeño y de seguridad con las mejores prácticas de Tecnologías Operativas (TO) y Tecnologías Informáticas (TI). Colaborando en la tecnología e infraestructura física de la red, Panduit, en conjunto con Rockwell Automation y Cisco, apoyan a los clientes en el desarrollo de una infraestructura física de red industrial de automatización y control (IACS) escalable, robusta, segura y preparada para el futuro en toda la planta. El rápido aumento de dispositivos IACS que aprovecha EtherNet/IP, y los otros dispositivos que aprovechan IP para seguridad, movilidad y más, requiere desplegar un nivel físico estructurado.

Este capítulo aborda recomendaciones clave y mejores practicas para simplificar el diseño y despliegue de un nivel físico para Ethernet industrial robusto, enfocado en Zonas de Celda/Área – los Niveles 0-2 de la arquitectura de referencia CPwE.

Mapeo Lógico a Físico

Una Zona de Celda/Área consiste en máquinas, plataformas y equipos que deben monitorearse, gestionarse y controlarse. Una Zona de Celda/Área consta de sensores de Nivel 0 y actuadores, controladores de Nivel 1 y funciones de supervisión local de Nivel 2 (vea la figura siguiente). Este capítulo discute aspectos del despliegue de infraestructura física en la Zona de Celda/Área.

Figura 3-1 Arquitectura CPwE Lógica a Física en Planta/Sitio

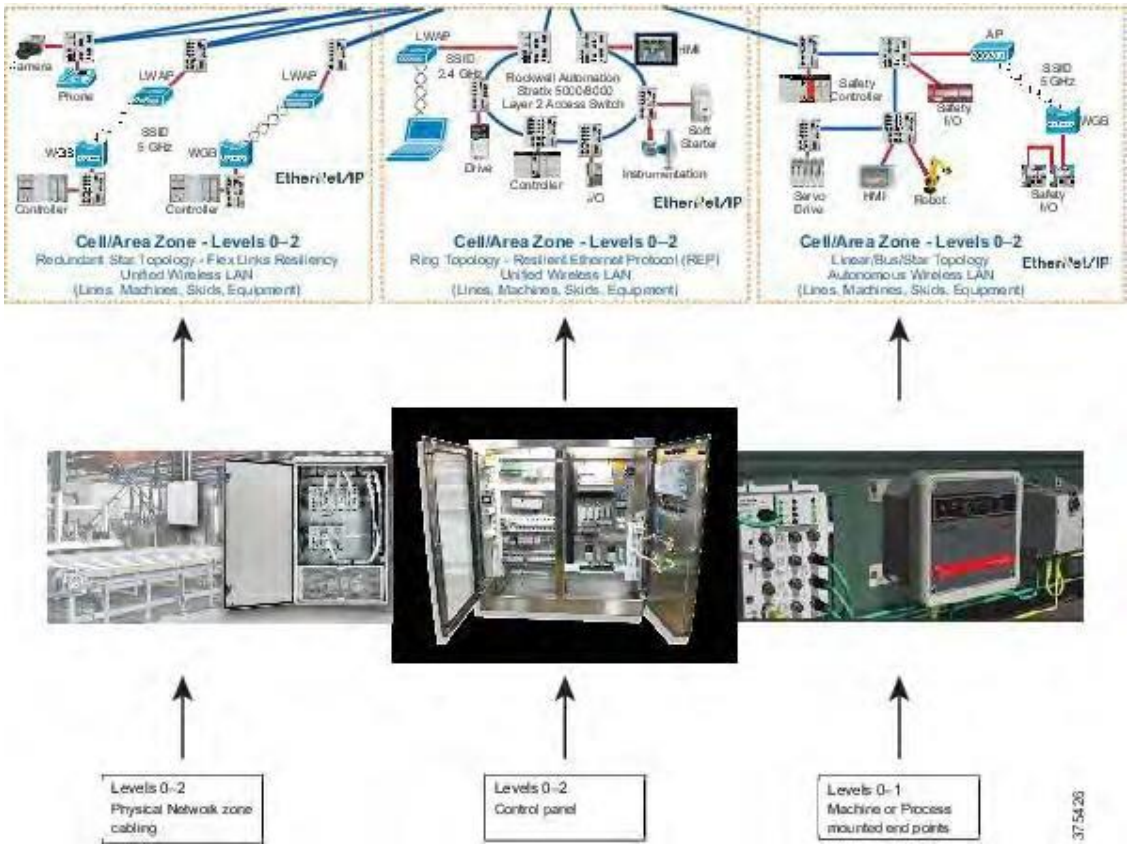


La Zona de Celda/Área difiere del nivel superior de la red en muchas áreas importantes. Los requisitos de Zona de Celda/Área afectan tanto el equipo como los medios desplegados en estas áreas como se indica:

- Al estar directamente adyacente al proceso, el ambiente encontrado por el equipo y cableado es de lo más hostil, por lo que los cables de red, los conectores y el equipo deben soportar estas condiciones.
- Las arquitecturas de cableado local en la Zona de Celda/Área pueden tomar diferentes formas. Por ejemplo, los tres tipos mostrados incluyen topologías de Estrella Redundante, Anillo y *Bus*/Linear.
- Aunque el cableado estructurado basado en estándares es casi exclusivamente usado en niveles mayores dentro de la planta y las redes empresariales, frecuentemente en las Zonas de Celda/Área, Niveles 0 - 2 se encuentra un método de cableado de punto-a-punto. Aunque hay variantes, este cableado normalmente involucra el uso de cable Ethernet multifilar terminado en campo con *plugs* RJ45 o M12. Esto permite conexiones directas entre equipos.
- Los despliegues de IES físicos Cisco y Allen-Bradley Stratix pueden ir de *switches* ubicados en PNZS dedicados o paneles de control a *switches* montados en máquina con clasificación IP67.

- Los despliegues inalámbricos en planta/sitio pueden estar sujetos a varios factores ambientales que causen reflexión o atenuación de la señal y competencia por el espectro de frecuencias. Se requiere un análisis riguroso del sitio y el espectro.

Figura 3-2: Mapeo Lógico a Físico de Zona de Celda/



Requerimientos Clave y Consideraciones

Muchos aspectos de la Zona de Celda/Área sirven un papel importante y deben considerarse en el diseño e implementación de la red:

- **Disponibilidad:** Diseñar una infraestructura robusta y confiable que alcance los niveles de servicio exigidos a las redes ahora y en el futuro. El uso de cableado basado en estándares junto con desempeño medido y validado confirma los datos confiables en toda la red. Usar redes físicas y lógicas redundantes asegura la máxima disponibilidad.
- **Confiabilidad:** Los ambientes más hostiles a menudo se encuentran en la Zona de Celda/Área. Además de exposición al entorno y condiciones mecánicas extremas, el cableado de red puede estar sujeto a niveles excesivos de EMI. Debe elegirse entre soluciones como cable sin blindaje de par trenzado balanceado o cable blindado de par trenzado balanceado, prestando la justa atención a la unión y puesta a tierra. En situaciones donde no se pueda alcanzar el desempeño deseado, las soluciones de fibra óptica pueden ser una opción para comunicaciones sin errores y de alta confiabilidad

- **Preparación para el futuro:** Considerar categorías de cable con mejor desempeño permite a las comunicaciones de datos cumplir con los requisitos actuales y futuros de la Zona de Celda/Área. La elección entre cableado de cobre y fibra garantiza los requisitos de tasas de transporte de datos.
- **Seguridad**: La seguridad de la red es crucial para su disponibilidad y tiempo de actividad. Productos de seguridad de nivel físico, como bloqueadores de puertos, ayudan a limitar el acceso a la red y a prevenir la remoción o instalación maliciosa o accidental de cables de parcheo para ayudar a cumplir los niveles de servicio objetivo.
- **Escalabilidad:** El uso de una topología de zonas físicas con cableado estructurado de fibra o cobre elegido para tasas de datos altas y soluciones modulares preconfiguradas permite a la infraestructura de red compuesta de componentes modulares escalar para cumplir las necesidades de comunicaciones de datos crecientes de aplicaciones IACS discretas u orientadas a los procesos.

Consideraciones del Diseño de la Red Física

En la Zona de Celda/Área, varias áreas clave deben considerarse en el diseño de la red física. Esta sección usa terminología asociada con medios en la Zona de Celda/Área; sin embargo, estos tipos de medios se describen con más detalle más adelante en este capítulo.

- **Medios Físicos:** Conectividad de Cobre y Fibra
- **Plataforma/Máquina/Equipos:** Nivel de Dispositivos
- **Cableado de Zona de Celda/Área**: Panel de Control
- **Cableado de Zona de Celda/Área:** Estrella Redundante
- **Anillo de Protocolo Ethernet Resiliente (REP):** Despliegue de Zonas

PNZS para albergar IES conforme la red crece a mayor número de nodos.

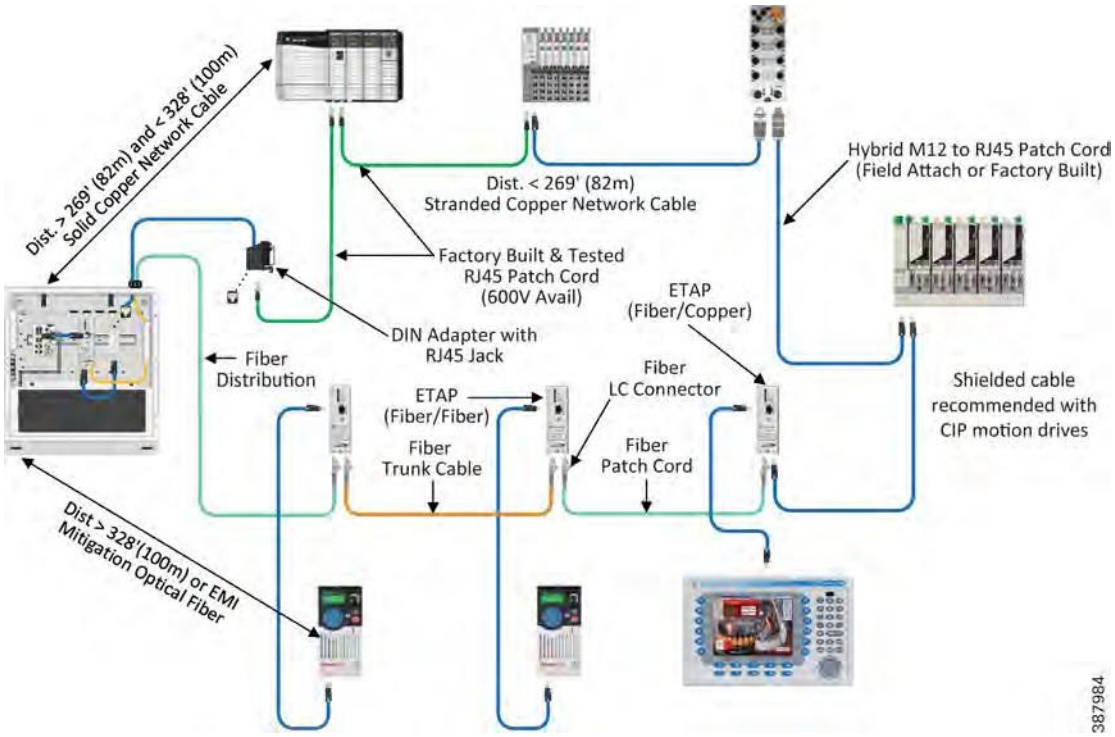
Sistema IDF para despliegues de infraestructura de *switches* de distribución para la Zona Industrial.

Medios Físicos

Plataforma/Máquina/Equipos —Nivel de Dispositivos

El cableado en la máquina a menudo está sujeto al ambiente más hostil de toda la red. Los criterios M.I.C.E., descritos en el Capítulo 2, “Diseño de la Infraestructura Física de la Red para la Arquitectura Lógica de CPwE,” se usan para definir diferentes tipos de ambientes y guiar la selección de los medios y la conectividad. La siguiente figura muestra la topología usada frecuentemente en los Niveles 0 y 1, donde los dispositivos I/O se conectan en una topología de anillo a nivel dispositivo usando el Protocolo ODVA Anillo de Nivel Dispositivo (DLR) para brindar una ruta redundante conectando todos los dispositivos a un IES. Si el cable conectando dos dispositivos adyacentes falla, el supervisor del anillo detecta esta falla y envía el tráfico en la otra dirección, conservando la conexión de todos los dispositivos en red.

Figura 3-3 Topología de Anillo a Nivel Dispositivo



La fibra óptica también se usa en la Zona de Celda/Área. A menudo, las instalaciones en Zonas de Celda/Área usan opciones de conectores con clasificación IP67. El cableado de cobre que usa conectividad M12 (vea las figuras siguientes) o conectividad RJ45 con clasificación IP67 es aplicable en muchos entornos y aplicaciones.

Figura 4: Ejemplo de Conectividad M12 – Plug M12 D-code Terminable en Campo

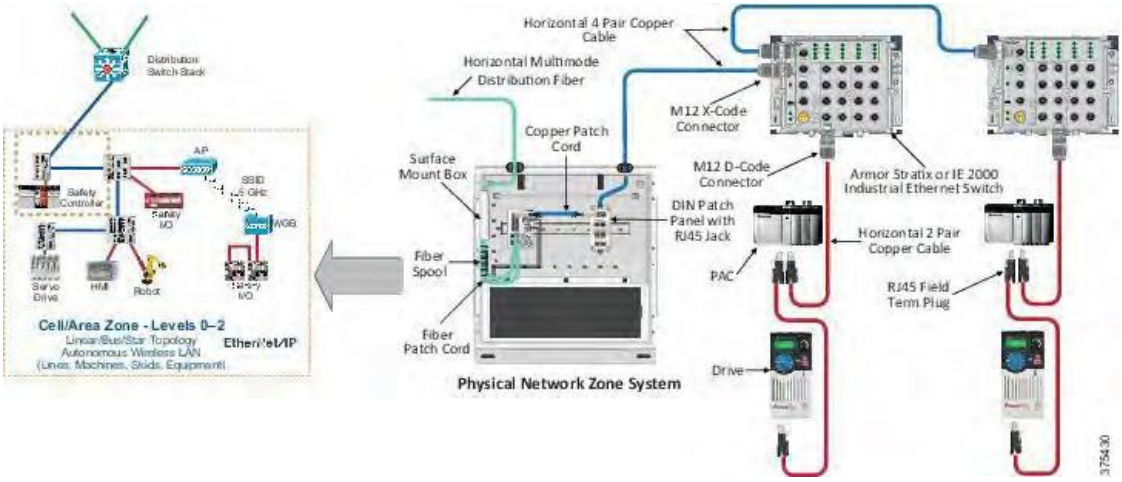
Figura 3-5 Ejemplo de Conectividad M12 – Adaptador RJ45 a M12 D-code

Cableado de Zona de Celda/Área—Panel de Control

El panel de control suele conectarse a áreas funcionales dentro de la Zonas de Celda/Área. Las conexiones de red pueden hacerse desde el panel de control hasta la máquina, por ejemplo, a un IES o bloque I/O en la misma. Por otro lado, las conexiones de red se hacen a PNZS o IDFs, en donde suelen converger otras conexiones de red y se consolidan antes de enrutarse a niveles superiores dentro de la arquitectura de Ethernet Convergente en la Planta.

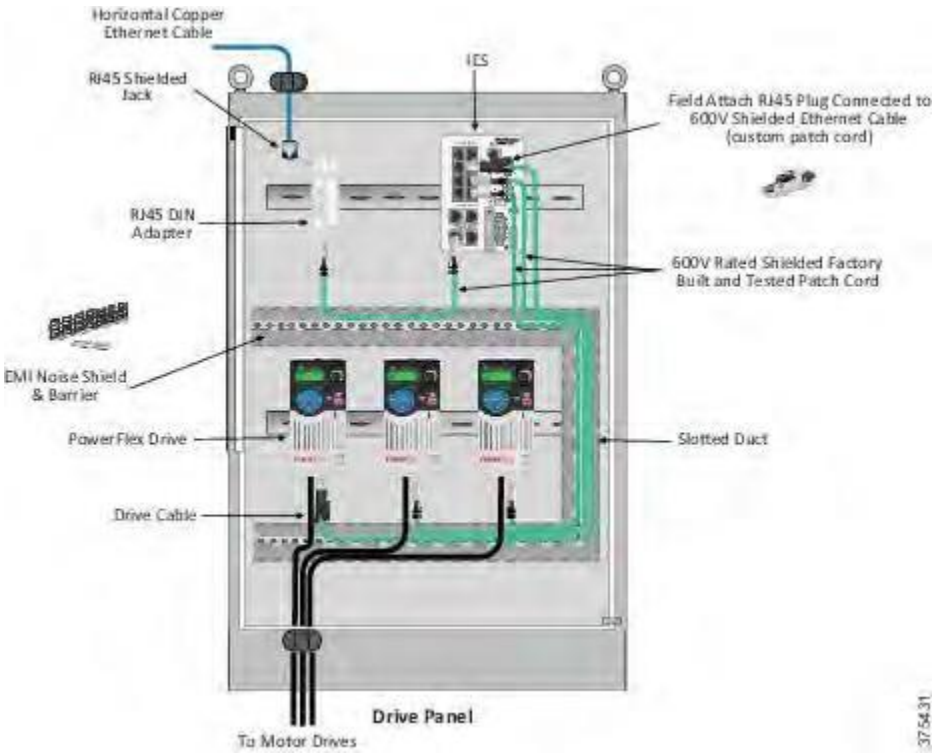
La siguiente figura ilustra una vista detallada de la topología linear/*bus*/de estrella en una Zona de Celda/Área. En el ejemplo, el panel de control contiene un IES (como el Stratix 5400) para conectar dispositivos como una Interfaz Humano-Máquina (*Human Machine Interface;* HMI), Controlador Programable de Automatización (*Programmable Automation Controller*; PAC), y *drives* de frecuencia variable (VFD). Los enlaces ascendentes se conectan a los PNZS.

Figura 3-6 Ejemplo de Despliegue de Conectividad Linear



El ambiente del Panel de Control expone el cableado Ethernet Industrial a riesgos de EMI de los *drives* VFD, interruptores, fuentes de poder, y otras fuentes. El uso de cableado blindado, escudos contra ruido EMI y cables de parcheo blindados, como se ve en la siguiente figura, reduce el riesgo de acoplamiento de ruido que puede provocar paros o dañar el equipo. El cableado clasificado para 600V ayuda a cumplir con estándares como UL508A para panel de control de alto voltaje (como 480VAC). Vea los estándares locales para especificar medios que cumplan con los lineamientos de seguridad en los paneles de control.

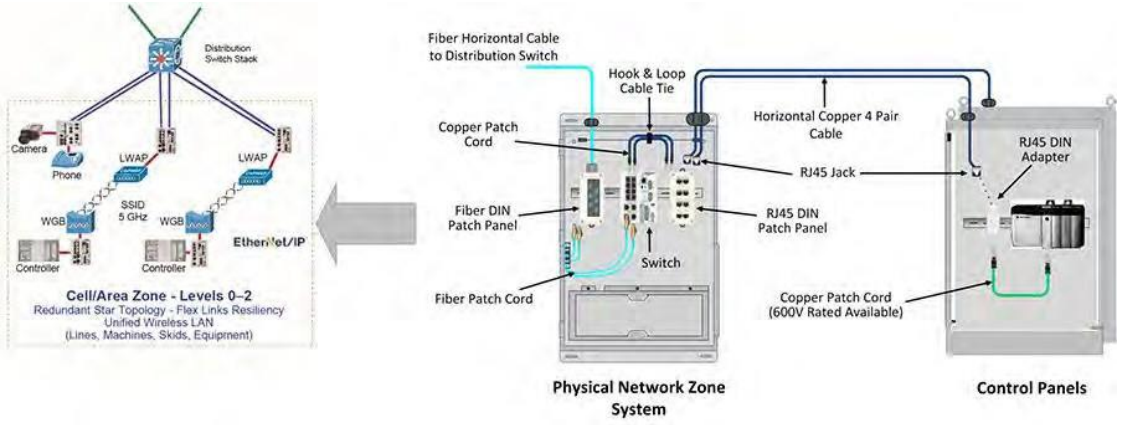
Figura 3-7 Esquema de un Panel de Control



La siguiente figura ilustra la configuración de cableado de un panel de control a un PNZS. En esta figura, el cable horizontal de cobre que va a los dispositivos se enruta del PNZS al panel de control. La entrada puede ser de varias formas, como a través de un conducto metálico conectado al gabinete del panel de control mediante un pasacables, o a través de un conducto de cable. Para conexiones ascendentes, se terminan las fibras individuales, y los conectores se instalan en adaptadores contenidos en el panel de parcheo de fibra de montaje en DIN. Este panel permite usar paneles adaptadores de fibra, o casetes de fibra, para una terminación ideal, gestión de la holgura y protección dentro del recinto montable en DIN. Los cables de parcheo de campo se usan para conectar la cara frontal de los adaptadores en el panel de parcheo DIN al IES. Los enlaces ascendentes del IES normalmente usan transceptores conectables SFP que a su vez llevan conexiones dúplex LC.

Figura 3- 8 Panel de Parcheo DIN, Panel de Fibra, ejemplos de Casete de Fibra

Figura 3- 9: Topología de Estrella Redundante



Cableado de Zona de Celda/Área—Topología de Estrella Redundante a Nivel de *Switch*

El IES de la siguiente figura brinda conexiones a red a aplicaciones individuales. Un número de aplicaciones individuales puede conectarse al IES (por ejemplo, cámaras de vigilancia, teléfonos voz sobre IP) y luego conectarse a niveles superiores de la red. Esta conexión a la red desde el *switch* IES es crucial, porque el daño a la conexión causa fallas en múltiples aplicaciones. Por eso, suele ser necesario crear múltiples vías redundantes de conexión ascendente para soportar el tráfico si la conexión principal falla.

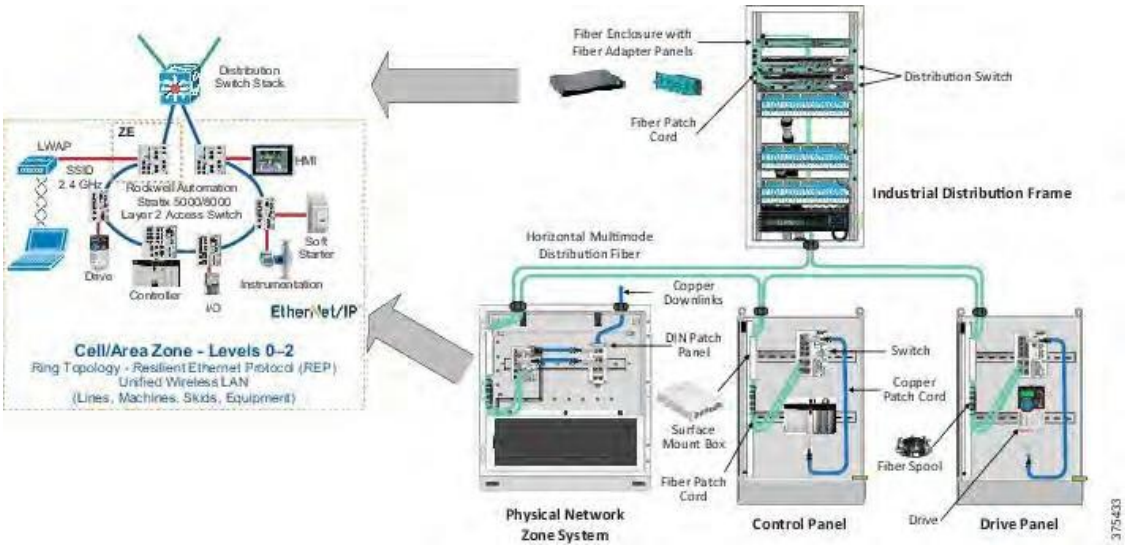
El IES, dependiendo del modelo, incluye puertos de enlace ascendente redundantes. Dos tramos de cable pueden ir a un nivel superior, como un *switch* de distribución. Las vías de conexión desde el IES al *switch* de distribución pueden ser diferentes para el cable principal y los tramos redundantes. Si esto no se consigue, el nivel de redundancia se ve afectado. Por ejemplo, si ambos tramos se enrutan juntos, daño catastrófico al enrutamiento seguramente dañaría ambas vías.

Un PNZS brinda protección ambiental al IES y sirve como un punto de consolidación para múltiples conexiones de red. El PNZS contiene infraestructura física necesaria para hacer las conexiones a la red desde el *switch*, y puede ser preconfigurado; esto es, incluyendo todos los componentes de infraestructura física requeridos ya montados en el PNZS o integrados donde el IES activo es suministrado, junto con la infraestructura física para constituir un bloque modular listo para usar. La solución PNZS se describe con más detalle más adelante en este capítulo.

Cableado de Zona de Celda/Área—Topología de Anillo a Nivel de *Switch*

Implementar la topología de anillo a nivel de Switch en la Zona de Celda/Área es similar a la topología linear/de estrella descritas antes. Dicho eso, para la topología de anillo a nivel de *switch*, se añade un cable Ethernet industrial más extenso que conecta el último IES en la red linear de vuelta al *switch* de distribución,que cierra el anillo para formar una topología de vía redundante. Si un cable Ethernet industrial o IES falla, la comunicación converge en la otra dirección alrededor del anillo para asegurar que los demás *switches* sigan conectados a la red. Esta topología se muestra a detalle en la siguiente figura.

Figura 3-10 Topología de Anillo a Nivel de *Switch* en la Zona de Celda/Área



Materiales del Forro del Cable

Se espera que las redes de comunicación y control operen de forma consistente y confiable en todos los ambientes que definen los criterios M.I.C.E. descritos en el capítulo 2, “Diseño de Red de Infraestructura Física para Arquitecturas Lógicas CPwE.” En ambientes hostiles, los sistemas de comunicaciones industriales en red deben ser muy duraderos. Si está expuesto a entornos hostiles, el deterioro físico en el cableado puede ocurrir, y una falla en componentes cruciales para la transmisión puede llevar a un desempeño defectuoso de la red y problemas de seguridad, y llegar a la pérdida de datos transmitidos, tiempo de inactividad costoso o fallas catastróficas. Los forros del cable que se usan en ambientes industriales y orientación para elegir el material del forro aparecen en la siguiente figura.

Figura 3-11 Materiales del Forro del Cable

Function	PVC	TPE	PUR
Oil Resistance	Good	Very Good	Very Good
Abrasion Resistance	Good	Very Good	Excellent
High Flex Applications	Good	Excellent	Excellent
Smoke Rating	CM	CM CMX Outdoor	Zero Halogen (IEC 60332-1)
Relative Cost	$	$$$	$$$

388016

Protección contra Ingreso para Cables y Conectores

IEC 60529A especifica el grado que un artículo debe resistir los efectos del ingreso de partículas o fluidos. La clasificación IP, Protección contra Ingreso, se basa en estas pruebas para el componente. En el caso de ingreso de partículas, 0 representa el nivel mínimo de ingreso y 6 representa el más alto. En el caso de ingreso de líquidos, 0 representa el nivel mínimo y 8 representa el nivel máximo.

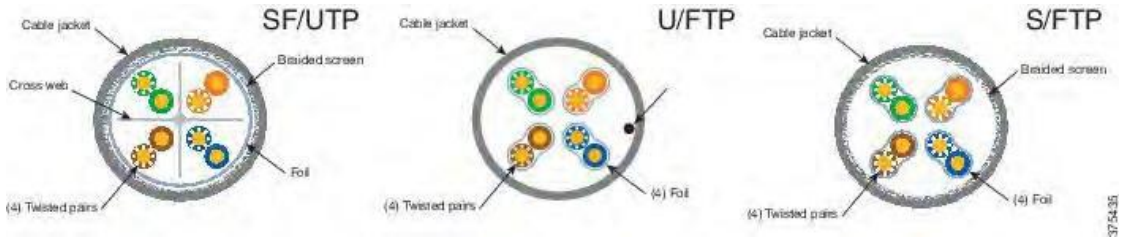
La clasificación IP69K es para aplicaciones en que se usan lavados a altas presiones y temperaturas para sanitizar los equipos, como en la industria de alimentos y bebidas. La prueba IP69K se desarrolló para vehículos, en especial los que requieren limpieza profunda regular, pero ha sido adoptada en la industria de alimentos y bebidas como una prueba de la capacidad de resistir un lavado sanitario.

Tipos de Cable Ethernet de Cobre—Con y Sin Blindaje

Al elegir un tipo de cable blindado, debe considerar varias opciones. La siguiente figura muestra las tres categorías principales de cables blindados. La diferencia entre las 3 categorías es la cantidad y el tipo de blindaje que usan. Por ejemplo, blindar los pares individuales ofrece otro grado de protección contra *cross-talk* entre los pares. Normalmente, el *foil* es económico y bueno para aplicaciones de alta frecuencia, mientras que el blindado trenzado tiene gran fuerza mecánica, ideal para frecuencias bajas o medias, pero suele ser más caro. La elección depende de la aplicación específica.

- El cable blindado UTP incluye un *foil* alrededor de los pares
- Un cable STP incluye blindaje alrededor de cada par individual
- El cable blindado STP incluye un blindaje trenzado alrededor de cada par con un *foil* adicional alrededor de cada blindaje trenzado individual

Figura 3-12: Sección Transversal de los tipos de Cable de Par Trenzado Blindado (STP)

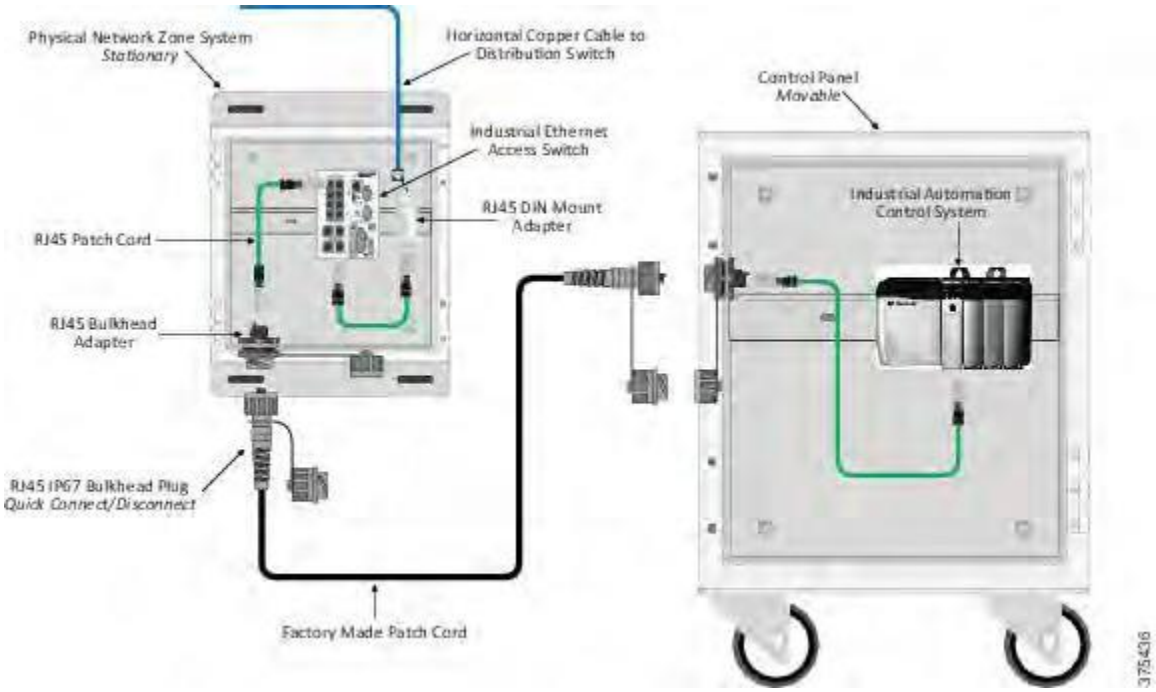


Tipos de Conectores

La conectividad Ethernet hace uso casi exclusivamente de las versiones de 4-pines u 8-pines del conector RJ45. Al usar 4pines, el tráfico de dos vías de los pines 1, 2, 3 y 6 es soportado hasta tasas de datos de 100 Mbps. El cable de 4 pares trenzados que se conecta a los 8 pines del conector soporta tasas de datos más altas (como 1 Gbps) cuando el canal tiene clasificación de Categoría 5e o superior.

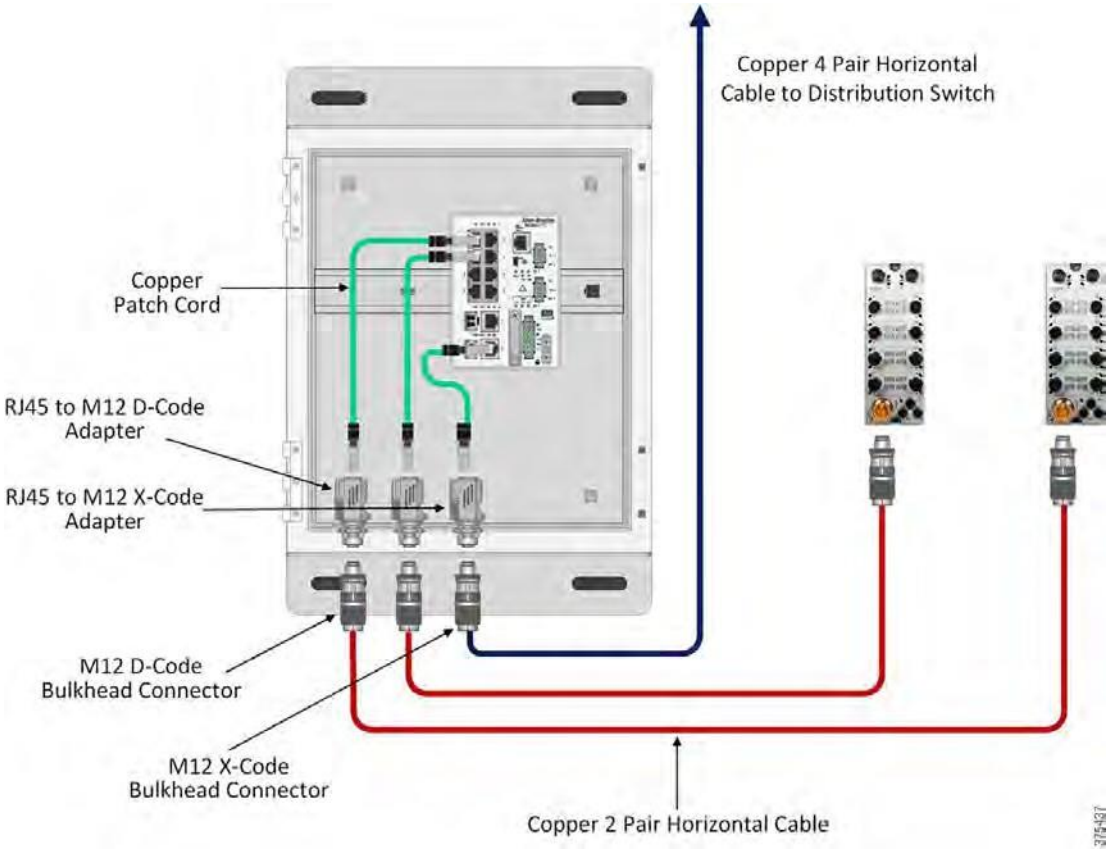
El RJ45 usado en ambientes empresariales, como las áreas de oficina o centro de datos, está clasificado como apto para cumplir los requisitos de IP20. Es necesario montar una carcasa exterior alrededor del *plug* RJ45 y el *jack* si el sistema del conector debe cumplir clasificaciones IP más altas. Varios tipos de carcasas existen, definidos en el estándar IEC 61076-3-106. La Variante 1 es el tipo de estándar adoptado por la ODVA para conectividad EtherNet/IP. Un ejemplo de la Variante 1 se muestra en la siguiente figura.

Figura 3-13 Ejemplo de Variante1 de Conexión Rápida



Además de los tipos de conexión RJ45 descritos antes, hay conectores con otros factores de forma con protección contra ingreso IP65/IP67 y se usan para cableado de par trenzado. La Figura 3-12 muestra el factor de forma M12. ODVA adoptó las versiones de 4 y 8 pines para soportar EtherNet/IP. Diferentes arreglos de pines son posibles con este tipo de conectores. En especial, EtherNet/IP usa el *D-code* para 4-pines y *X-code* para el conector de 8-pines. El sistema de conector M12 *D-code* se adhiere a IEC 61076-2-101; el sistema de conector M12 *X-code* se adhiere a IEC 61076-2-106.

Figura 3-14 *Bulkhead* Industrial M12 a Dispositivo



Opciones de Fibra para Planta/Sitio—Zona de Celda/Área

El Capítulo 5,"Despliegue de Infraestructura Física en Operaciones de Sitio de Nivel 3" describe los tipos de fibra OS y OM que se usan para conectar la Zona Industrial hacia el PNZS a detalle. La fibra que se usa en la Zona de Celda/Área a menudo debe ser fácil de instalar. Frecuentemente se emplea a contratistas eléctricos para conectar los paneles de control a y cerca de las máquinas usando métodos de terminación en campo. Aunque estas conexiones suelen usar cableado de cobre, hay medios de fibra accesibles para electricistas para uso en la Zona de Celda/Área.

Diseño del Nivel Físico para WLAN

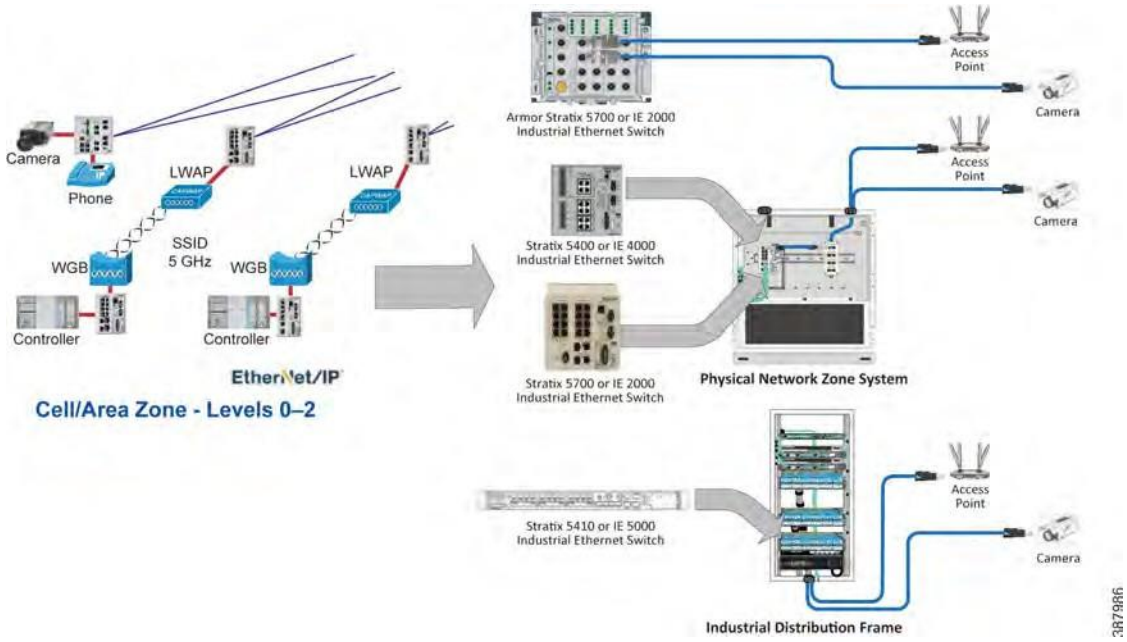
Las redes inalámbricas se usan cada vez más para aplicaciones críticas IACS en la Zona de Celda/Área. El nivel físico Brinda conexiones cableadas a los APs inalámbricos en la planta. Las conexiones cableadas pueden ser de los APs a los puertos de *switch* que están en los bloques modulares usados en toda la planta. Las conexiones cableadas también pueden hacerse a las arquitecturas WLAN. Normalmente, los APs inalámbricos o WGBs se conectan a los PNZS. En algunos despliegues en planta, las conexiones para los APs pueden ir directamente al IDF, como se hace en un despliegue de Nivel 0-3 típico directamente al IDC. LA WLC Industrial normalmente se ubica en Sitios de Operación de Nivel 3.

Nota: Para más información, vea *Deploying 802.11 Wireless LAN Technology within a Converged Plantwide Ethernet Architecture Design and Implementation Guide* en las URLs siguientes:

- https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/NovCVD/CPwE_WLAN_CVD.htm
- https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td006_-en-p.pdf

La siguiente figura muestra la configuración de cableado para un AP (u otros dispositivos como cámaras PoE) donde el AP se alimenta vía PoE.

Figura 3-15 Configuración de Cableado para Puntos de Acceso Inalámbricos u Otros Dispositivos



La terminación de los enlaces de fibra ascendentes al panel de control se hace con un adaptador de fibra montado en superficie en la caja de montaje en superficie y se conectan al *switch* con un cable de parcheo de fibra. Este cable conecta tanto a los dispositivos internos como a la solución de Parcheo de Fibra de riel DIN. Los enlaces de cobre descendentes se instalan, conectados dentro de la Solución de Parcheo de Fibra de riel DIN Rail y salen del panel de control al dispositivo. Normalmente, pero no siempre, el cable se termina con un *plug* en lugar de un *jack*.

Puntos de Despliegue

Varios tópicos relacionados al nivel físico y el despliegue de WAPs se enlistan a continuación:

- **Ubicación de los Puntos de Acceso Inalámbricos**

  Los ambientes industriales son altamente dinámicos, con abundante reflexión y absorción de RF. La ubicación de los WAPs se determina usando un modelo virtual de cobertura y desempeño, que luego se valida durante la fase de comisión. Pruebas rigurosas de la WLAN durante esta fase revelaron que a veces la ubicación del AP debe moverse ligeramente para acomodar la distribución del edificio, obstáculos y más que no se consideraron o cambiaron después del modelado virtual. El cableado estructurado para conectar el AP al IES puede diseñarse para permitir cierta variabilidad en la instalación.
  Use cables de parcheo para conectar los APs a las Salidas de Equipo (EO) fijas, que a su vez se conectan al cableado horizontal. Este concepto se introduce en *TIA Technical Services Bulletin* (TSB): *TSB-162 Telecommunications Cabling Guidelines for Wireless Access Points*.

  El TSB citado arriba basa el despliegue del diseño inicial de los APs en un modelo de cuadrícula. Enfatiza la predicción virtual del desempeño y luego determina cualquier desviación de las ubicaciones de los APs de esta cuadrícula. A menudo, en despliegues en planta/sitio grandes, hay vigas estructurales verticales que soportan el techo y dan rigidez al edificio; éstas pueden servir como ubicaciones para los APs. Estas vigas también proveen ubicaciones convenientes para gabinetes PNZS en la Zona de Celda/Área.

- **Cableado usado para Puntos de Acceso Inalámbricos**

La publicación original de estándares IEEE 802.11 para WLAN, IEEE 802.11-1997, soportaba tasas de datos de hasta 2Mbps. Desde ese entonces, IEEE ha desarrollado tecnología que lleva los sistemas WLAN a tasas de datos cada vez mayores. El estándar más reciente es IEEE 802.11ax y ahora es llamado Wi-Fi 6.
A lo largo del progreso de 802.11b, 802.11g, 802.11a, 802.11n, las tasas de datos eran menores a 1 Gbps, por lo que podía usarse cableado Categoría 5e o 6. Con la llegada de IEEE 802.11ac, los APs de 2ª Generación (la Segunda Ola) tienen tasas de transmisión de 1 Gbps. Este aumento en el desempeño inalámbrico obliga a usar cableado de Categoría 6A para conexiones 802.11ac. La Categoría 6A soporta tasas de datos de hasta 10 Gbps, otorgando la capacidad de soportar despliegues Wi-Fi 5 y Wi-Fi 6. El cableado Categoría 6A se recomienda para despliegues nuevos. Se han hecho referencias para 2 cables Categoría 6A por cada AP, incrementando la confiabilidad y disponibilidad si ocurre una falla del canal. Utilizar al menos dos cables lo preparará para la siguiente generación de Wi-Fi, que alcanzará, se espera, velocidades de 10 Gbps. Instalar el cablea apropiado durante la instalación inicial es significativamente más asequible que el costo de añadir o cambiar cables en el futuro.

- **Conexión Directa (punto-a-punto)**

Existen casos donde conviene usar una conexión directa (conectividad punto a punto) para conexiones individuales de dispositivos, como en tramos cortos de una conexión para dispositivos en el campo. El cableado de conexión directa ofrece una forma asequible y confiable de conectar dispositivos como puntos de acceso inalámbricos, cámaras, sensores y otros dispositivos cada vez más comunes en áreas industriales.

La forma más fácil de desplegar cableado de conexión directa es fijar un *plug* instalable en campo al extremo de un enlace de cable horizontal, y conectarlo al dispositivo de red. Las conexiones *Field Cord* también están disponibles, con un cable de parcho de tamaño pequeño junto con un conector terminable en campo.

Figura 3-16 Cableado Estructurado para Redes Ethernet

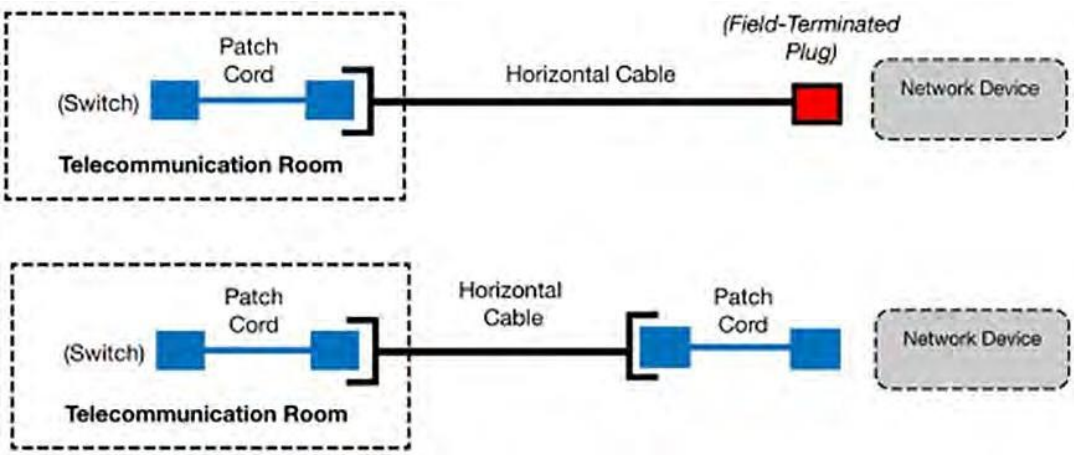
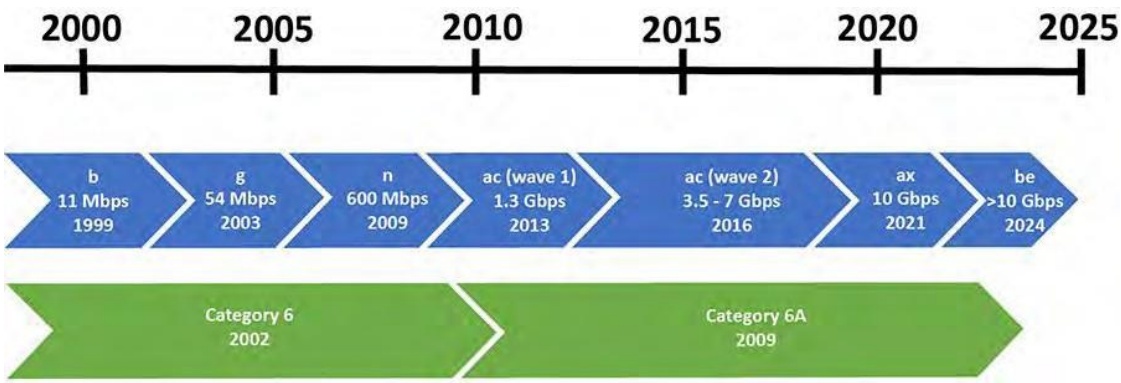


Figura 3-17 *Plug* Terminable en Campo, *Field cord*

Figura 3-18 Comparación del Desarrollo de Estándares para Cableado Estructurado en Wi-Fi y Empresa



PNZS

Un PNZS es un módulo de la red de una red Ethernet Industrial IACS que sigue una topología de zona física. El PNZS, compara con el panel de control, tiene relativamente poca energía, aunque aún puede involucrar voltajes de trabajo monofásicos, como 120 VAC o 240 VAC. La energía suministrada se usa, con un transformador reductor, fuente de poder DC power, etc., para alimentar un IES. El PNZS sirve como un punto de consolidación en la arquitectura CPwE, habilitando comunicaciones a un grupo localizado de paneles de control en la Zona de Celda/Área. Se muestra un ejemplo de PNZS en la siguiente figura.

Figura 3-19 PNZS

Consideraciones de la Infraestructura de Red del Panel de Control

Los paneles de control actuales están más conectados a la red que los de años pasados. En los paneles de control se da una cercanía del cableado de alimentación con cableado de datos de bajo voltaje. El ruido eléctrico generado por los cables de alimentación puede radiarse o conducirse a los cables de datos. Los efectos de la interferencia de los cables energizados, como voltajes transitorios y desequilibrios puede corromper los datos, llevando a operaciones poco confiables o incluso el paro de la maquinaria. Otro factor distintivo es que el espacio en el panel de control es escaso. Por eso, las conexiones entre equipos activos presentan dificultades por la ubicación y el enrutamiento. En algunos casos, aumentar la distancia entre los dos tipos de cables reduce el nivel de ruido que llega al cable de datos. Sin embargo, incrementar esta distancia es lo contrario a la tendencia en la industria de paneles de control, que busca reducir el tamaño tanto como sea posible.

Consideraciones de la Infraestructura de Red del Panel de Control

Algunos factores y arreglos de componentes adoptados por la industria de paneles de control se describen con detalle en la evaluación M.I.C.E. para Características Industriales en el capítulo 2, "Diseño de Red de Infraestructura Física para Arquitecturas Lógicas CPwE."

- **Optimización de Ruido y de Espacio:** Consideraciones para la separación de cable, gestión térmica, entrada de cables, EMI, radio de curvatura del cable y espacio para expansión a futuro deben abordarse cuando se intenta reducir el tamaño del panel de control.
  - **Blindaje contra Ruido y Ducto Blindado:** El Blindaje contra ruido y ducto blindado puede usarse para separar motores ruidosos o cables Ethernet de control sensibles. Ambos productos son barreras EMI efectivas y brindan el equivalente a seis pulgadas de espacio.
  - **Cables y Cables de Parcheo Clasificados para 600V:** Los cables de clasificación empresarial están clasificados para 300V. Para aplicaciones de mayor voltaje, hay cables disponibles con clasificación de 600V.
  - **Productos de Seguridad Física:** Los dispositivos de bloqueo ayudan a prevenir acceso no autorizado a la infraestructura existente de la red desde el centro de datos hasta la planta/sitio.

Lista de Materiales Panduit

La siguiente tabla es una lista de materiales de ejemplo con las soluciones de Panduit de nivel físico, las mejores de su clase, para la Zona de Celda/Área.

Figura 3-20 Lista de Materiales Panduit

Part Number	Description
Z23U-S15	Universal Network Zone System; 24" x 36"; mild steel enclosure; for one industrial switch; includes (16) Cat6 UTP copper patch cords and jacks, (2) MM LC fiber uplink patch cords and (6) adapters, redundant power supplies and maintenance-free UPS
FSJD912	12 Fiber OS2 9µm Dielectric Double Jacketed Fiber Cable, build up kit may be required
FSPR912Y	12 Fiber Cable, OS2, Indoor Armored TB, Riser, 900um Buffered
FLCDMCXAQY	LC Opticam® OM3/OM4 fiber-optic connector
FDPPSIG	IndustrialNet Fiber DIN Rail Patch Panel, Standard for use with FAPs, IG color
FDPPEIG	IndustrialNet Fiber DIN Rail Patch Panel, Extended for use with FAPs and Cassettes, IG color
Control Panel	
IFC6C04BBL-CEG	Shielded Cat6 stranded cable, PVC jacket, CM
CADIN1IG	DIN rail mount adapter, international gray
CADIN1IG-S	Shielded DIN shielded rail mount adapter
ISTPHCH1MBL	600 volt rated, Cat5e patch cord, 1 meter long
ICAM12DRJS	Bulkhead mounted RJ45 to M12 adapter
FPS6X88MTG	IndustrialNet™ Field attached shielded RJ45 plug
IAEBH6	Bulkhead Jack Cat6 UTP RJ45 with cap
DAP3BC-S0-6	Data Access Port, 3 inch Base, Simplex Outlet, Cat6 coupler
Machine or Skid	
ISFCH5C02ATL-XG	Industrial Copper Cable, Cat5e, 2-pair, 24/7 AWG stranded, SF/UTP, CM, 600V, Teal, 1000ft/305m reel, High Flex, Sun and Oil Resistant
ISFCH5C04ATL-XG	Industrial Copper Cable, Cat5e, 4-pair, 24/7 AWG stranded, SF/UTP, CM, 600V, Teal, 1000ft/305m reel, High Flex, Sun and Oil Resistant
ISPS5E44MFA	Field attached shielded M12 plug
JP2SBC50-L20	J Hook with screw-on beam clamp for use with flanges up to ½"
PWB2X12BL	12" wide x 10' long pathway section used to carry cables horizontally throughout the system
IUTP6X3MBL	Industrial Patch Cord, IP65/IP67, Cat6A UTP, RJ45 with caps, 3 meters
ISX6004AYL-LED	Industrial Copper Cable, Cat6, 4-pair, 24/7 AWG Stranded, S/FTP, PUR, Yellow, 500m RL
Field Deployment Points	
FP6X88MTG	UTP Field Term Plug, RJ45, Cat6A
FC-ICCP0.5MBU	Cat6A UTP FieldCord, 0.5 meter length, 23 AWG cable, Blue
FC-OCCO1MBL	Cat6A Shielded/Outdoor FieldCord, 6A STP Connector, CMX/CMR 26AWG cable, and a compact IP67-rated field-terminable connector, 1M, Black

388017

CAPÍTULO 4

Diseño de la Infraestructura Física para la Zona Industrial

Este capítulo ofrece recomendaciones y mejores prácticas para simplificar el diseño y despliegue de la infraestructura física de la red industrial para la Zona Industrial CPwE, con infraestructura de *switcheo* y cómputo industrial. La Zona Industrial CPwE consiste en el Nivel de Distribución en que convergen las operaciones de Nivel 3, con una o más Zonas de Celda/Áreas que constan de controladores IACS, y conexiones a los dispositivos IACS en el borde de la red. Esta parte de la red incluye los Niveles 0-3 de la arquitectura CPwE debajo de los *Switches* Centrales.

Las Operaciones de Sitio de Nivel 3 Site se discuten en el Capítulo 5, "Despliegue de Infraestructura Física en Operaciones de Sitio de Nivel 3." Los Niveles 0-2 o la Zona de Celda/Área se analizan en el Capítulo 3, "Diseño de Infraestructura Física para la Zona de Celda/Área." Este capítulo se enfoca sobre todo en la red troncal de distribución de la planta/sitio y el cableado de red que conecta todos los niveles. Hay cinco elementos esenciales a considerar para el despliegue:

- Mapeo Lógico a Físico, Página 4-1
- Requerimientos Clave y Consideraciones, Página 4-3
- Sistemas Modulares de Red Industrial, Página 4-4
- Resumen de la Fibra Óptica, Página 4-7
- Consideraciones del Diseño de la Red Física, Página 4-11

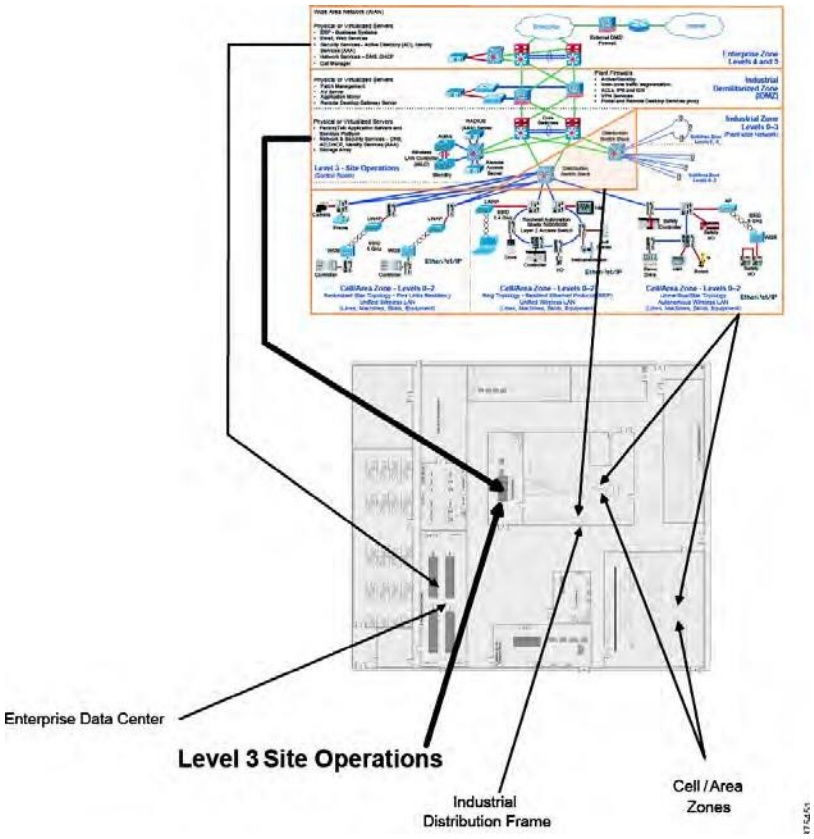
Además, este capítulo presenta:

- Lista de Materiales Panduit, Página 4-14

Mapeo Lógico a Físico

La Zona Industrial forma la conectividad entre las Operaciones de Sitio de Nivel 3, las Zonas de Celda/Áreas (Niveles 0-2) y el espacio entre ellos (ver Figura 4-1). Esta zona cubre toda la red de la planta debajo de la IDMZ hasta los servicios dispositivos *Edge* IACS.

Figura 4-1 Mapeo Lógico a Físico CPwE



Resumen de l Red Troncal y el *Switcheo* de Distribución en Planta Industrial

En la arquitectura CPwE, los Niveles 0-3 están Unidos por la red Troncal de la Zona Industrial y los *switches* de distribución. La red física envía el tráfico crucial para coordinar los controladores IACS, recolectar los datos de producción y conectarse a la IDMZ. Con el gran aumento de dispositivos EtherNet/IP para IACS, video, seguridad y más, la importancia de un nivel físico robusto y estructurado también crece. La longevidad y escalabilidad se alcanzan con diseños probados y validados para gabinetes, medios, conectividad, puesta a tierra, enrutamiento e identificación. Aunque las máquinas/líneas/plataformas operen independientemente, las funciones críticas de IACS a menudo están juntas en el nivel de distribución de la red. Un mal diseño e implementación del nivel de distribución puede impedir la toma de decisiones y afectar la aplicación IACS. Estas funciones operativas incluyen transacciones de inventario, asuntos materiales, datos de regulación y control de máquinas.

Los *switches* de distribución en la Zona Industrial se pueden montar en *rack* o DIN. Aunque hay *switches* resistentes al ambiente, la mayoría que se usan en esta función están protegidos por gabinetes industriales. Seleccionar *switches* Ethernet industriales como parte de una solución integrada o preconfigurada que incluye un gabinete

apropiado y la infraestructura de cableado correspondiente implica un despliegue rápido y asequible. Estas soluciones integradas o preconfiguradas se conocen como sistemas modulares de red física. Un tipo de sistema modular es un IDF, que es un sistema de *rack* de 19 pulgadas. Otro es el PNZS con un *switch* montado en DIN que puede ser un IES Allen-Bradley Stratix 5400 o Cisco IE-4000.

El cableado para los enlaces de los *switches* suele ser de fibra para permitir un mayor alcance, necesario para las Operaciones de Sitio de Nivel 3 y los IES en PNZS o los paneles de control. La topología depende de los requisitos de disponibilidad. Hay consideraciones especiales de solidez y ancho de banda que son específicos para ambientes hostiles (como el diseño del forro del cable, conductor multifilar vs. sólido, protección de conectores, ingreso de líquido al gabinete y EMI).

Requerimientos Clave y Consideraciones

Los requerimientos clave cubren el despliegue de la Troncal de la Zona Industrial and y el *switcheo* de distribución. Esta sección incluye los requisitos para albergar equipos de red, cableado, enrutamiento, organización de cables y seguridad. Además de los Requerimientos Clave y Consideraciones comunes ya expuestos en el Capíutlo 3, "Diseño de Infraestructura Física para la Zona de Celda/Área", el nivel de distribución de la red tiene estos requisitos y desafíos particulares:

- **Alcance:** El alcance del cable es un reto para la red de distribución, en especial en una planta/sitio de gran tamaño.
- **Características Industriales:** El impacto ambiental, evaluado por M.I.C.E. (ver Capítulo 2, "Diseño de Red de Infraestructura Física para Arquitecturas Lógicas CPwE") es variado, ya que el nivel de distribución tiene conectividad en red a diferentes tipos de entornos.
- **Vida Útil de la Infraestructura Física de la Red:** La infraestructura física del nivel de distribución tiene una vida útil más larga, comparada con otras partes de la red industrial, normalmente de hasta 20 años. Por eso, la conectividad, el cableado y los gabinetes deben sobrevivir todo el ciclo de vida.
- **Mantenimiento:** Los MACs en el nivel de distribución tienen dependencias, y un cambio afecta muchas Zonas de Celda/Área. Los cambios deben planearse y ejecutarse correctamente, ya que un error puede interrumpir o detener las aplicaciones IACS. Así, la gestión adecuada el cable, como formar mazos, identificación y acceso, es vital para el nivel de distribución de la red.
- **Ecalabilidad:** Cambios grandes más abajo en la arquitectura impactan mucho al nivel de distribución, porque este nivel agrega y dirige el tráfico. Los diseños deben tomar en cuenta este aumento y el cableado adicional para el equipo.
- **Diseñar para Alta Disponibilidad:** Un aspecto clave de la alta disponibilidad es la redundancia. Ésta puede conseguirse de varias formas, con varios niveles de protección. Existen diferentes estrategias en el nivel de distribución para manejar la redundancia. Otro elemento clave es el suministro continuo de energía para soportar la comunicación de la red tras un corte o un aumento de corriente breve.
- **Compatibilidad y Desempeño de la Red**: La compatibilidad y el desempeño óptimos de la red son esenciales de puerto a puerto. Esto incluye bajas tasas de datos y de ancho de banda en el cableado. El desempeño de la red lo define el elemento con menor desempeño. Conforme se actualizan los *switches*, el cableado debe cumplir los nuevos requisitos de desempeño.

- **Unión y Puesta a Tierra:** El nivel de distribución recorre largas distancias (por ejemplo, entre edificios). Por eso, puede haber diferencias de voltaje en la tierra en varias ubicaciones. Una sola red de puesta a tierra verificable es esencial para evitar bucles de tierra que puedan dañar los datos.
- **Seguridad:** Una amenaza de seguridad en el nivel de distribución puede causar un paro generalizado, lo que conlleva altos costos por inactividad. Se requiere seguridad robusta para restringir el acceso a puertos y equipos.
- **Consideraciones de Confiabilidad:** El cableado, la conectividad y los gabinetes correctos son esenciales para la confiabilidad. Ésta debe considerarse para toda la vida útil, desde la fase de instalación/encargo hasta la fase operativa para ayudar a prevenir y minimizar fallas.
- **Costo/Facilidad de Despliegue:** Una estrategia de sistema modular puede facilitar el despliegue y reducir costos. Ambos factores se ven afectados por la selección de partes y topología. Más aún, la selección de partes puede afectar el nivel de experiencia, impactando la facilidad de despliegue de partes como el *jack* RJ45, los conectores de fibra LC o el conector M12.
- **PoE e Inalámbricos:** Las funciones especializadas, como PoE e inalámbricos, tienen requisitos adicionales que afectan el nivel físico.

Sistemas Modulares para la Red Industrial

Los sistemas modulares para la red industrial, como los IDF y PNZS, se diseñan a medida para las necesidades de CPwE. La estrategia de sistemas modulares acelera el despliegue y disminuye sus riesgos, porque están prediseñados y validados para la temperatura, organización de cables, identificación y puesta a tierra. Para la troncal IACS de la planta/sitio, que es parte de la Zona Industrial, los sistemas modulares específicos para la red física incluyen los PNZS y los IDF. Estos sistemas modulares se describen a continuación. Para más información acerca de los sistemas modulares, vea el Capítulo 3, “Diseño de Infraestructura Física para la Zona de Celda/Área.”

Marco de Distribución Industrial (IDF)

Un gabinete con un marco en Unidades de *Rack* (RU) es preferible cuando el diseño de la red incluye equipo de montaje en *rack*. Desplegar gabinetes de redes o computadoras de grado empresarial provoca falla prematura de los *switches* porque los gabinetes suelen estar abiertos al entorno y acumulan polvo, líquidos y otros contaminantes con el tiempo. La elección predominante en gabinetes es un diseño de 26 RU de doble bisagra (ver Figura 4-2) al que comúnmente se le llama IDF; está diseñado para *switches* y otros equipos, como UPS, para RUs de 19 pulgadas, y normalmente se monta en muro o columna. Puede venir preconfigurado con cables, ductos, cintillos y más, para un despliegue consistente del equipo, con mínimo esfuerzo y en un tiempo más corto. La ventaja de un IDF preconfigurado es que la organización de cables, desempeño térmico e instalación probada son incomparables.

A menudo, un IDF contiene *switches* de acceso y distribución. Esta combinación consolida el equipo sensible de la red en un gabinete que lo protege y enfría de forma rentable, controlando el acceso de seguridad y simplificando el montaje. Un IDF contiene muchos *switches*, pero su tamaño es ideal para dos *switches* Cisco de distribución (por ejemplo, 9300 de fibra) y hasta tres *switches* Cisco de acceso (como el 2960-X de cobre) junto con una UPS.

Esta sección discute las consideraciones para un *switch* de distribución en un IDF. Los detalles para un IDF con *switches* de acceso también están en este capítulo.

Figura 4-2 Marco de Distribución Industrial Preconfigurado

Un IDF puede contener múltiples *switches* de distribución para agregar IES desde los PNZSs o paneles de control. Los *switches* de distribución en un IDF facilitan las VLANs y optimizan el enrutamiento del tráfico. El *switch* de distribución se conecta a las Operaciones de Sitio de Nivel 3, un Marco de Distribución Maestro (MDF), o a un *switch* central en un IDC. Los enlaces ascendentes usan cable de fibra óptica para manejar las largas distancias de la Zona Industrial a la IDMZ. Resultado de elegir este medio es la convergencia de *switches* más veloz después de una caída de la red y un mayor ancho de banda. Además, los enlaces descendentes del IDF a los PNZSs o paneles de control funcionan mejor con fibra para una convergencia más ágil de los IES si la red se cae, minimizando el tiempo de inactividad y limitando la EMI.

Los siguientes son Requerimientos Clave y Consideraciones específicos para un IDF:

- **Alcance:** Un IDF puede aumentar mucho el alcance, sobre todo al desplegar enlaces de fibra.
- **Características Industriales:** Un IDF bien diseñado mitiga los riesgos M.I.C.E. porque los gabinetes IDF tienen clasificación IP67 y capacidad de enfriamiento. Los IDFs están aislados de los riesgos de la Zona Industrial, como los vehículos, y suelen ubicarse en muros externos, a una altura segura en columnas, entrepisos o salas de telecomunicaciones. El cableado horizontal de un IDF, por su parte, atraviesa áreas difíciles para llegar a su destino. El cable debe sobrevivir las regiones más hostiles sin perder la continuidad de extremo a extremo. El cable enrutado bajo el piso o en túneles debe ser robusto para resistir condiciones adversas y daño por roedores. En estas aplicaciones, debe prestarse atención al forro exterior, y un exterior blindado, como de aluminio o doble forro dieléctrico. Como la fibra óptica es inmune al ruido, los despliegues de fibra evitan el impacto de la EMI.
- **Vida Útil de la Infraestructura Física de la Red:** Los *switches* de red tienen un intervalo de actualización de tres a cinco años. La infraestructura de cableado debe igualar las capacidades de desempeño del equipo activo futuro para evitar la necesidad de reinstalar el cableado de la red.
- **Mantenimiento:** La gestión de los cables puede ser un reto para los IDF. Los *switches* dentro tienen un gran número de puertos y, por eso, deben acomodar mazos grandes de cable. Las soluciones preconfiguradas abordan estos retos

mediante parcheo y enrutamiento para manejar ese volumen de cable. El Alivio de tensión y formación de mazos debe aplicarse al cableado horizontal enrutado al IDF debido al espacio estrecho y articulación del mazo al abrir el gabinete. Las holguras deben mantenerse al mínimo, porque puede atorarse y enredarse, sobre todo al abrir un IDF. Los instaladores a veces usan el gabinete para alojar holguras. Esta práctica puede impedir el correcto flujo de aire y la disipación del calor, y dificulta cerrar el gabinete. Los cables de Fibra Óptica deben enrutarse en tubos corrugados para su protección. La excepción a esta regla es el cable con doble forro dieléctrico, que no requiere de tal protección. El etiquetado y los cables con código de color facilitan los MACs. La longitud de mínima exacta de los cables de parcheo minimiza la abundancia de cables. Cables de parcheo Ethernet de diámetro reducido, disponibles en Cat. 5e, Cat. 6 y Cat. 6A, optimizan el espacio.

- **Escalabilidad:** Un IDF es el sistema de distribución de red con mayor densidad. El crecimiento suele ser una ventaja de un IDF bien diseñado. Los puertos de red deben escalarse para server como nodos ahora y por los próximos 10 años. Para organizar y acceder a los cables tras crecer, el gabinete debe contemplar al menos tres RUs libres por cada RU ocupada por *switches de red.*
- **Alta Disponibilidad:** Debe haber enlaces ascendentes redundantes junto con enlaces descendentes a los IES en topología de estrella redundante o anillo.
- **Compatibilidad y Desempeño de la Red:** Al actualizar los *switches* de distribución, los cables deben igualar el rendimiento sin reemplazarse.
- **Unión y Puesta a Tierra:** Todo el equipo activo de red debe ponerse a tierra para prevenir lesiones o daño a los equipos. Más aún, las pruebas de laboratorio demuestran mejores tasas de errores de bit cuando la unión y puesta a tierra son óptimos. Normalmente, un *switch* de red tiene un orificio para un tornillo y un espacio para unión. La mejor práctica es conectar un cable a tierra desde el orificio o espacio en el *switch* hasta el barraje de tierra del gabinete. Al elegir los cables a tierra, es importante considerar que una vía de baja impedancia a tierra ofrece el mejor desempeño al gestionar la EMI. En la mayoría de los casos, una banda trenzada en lugar de un alambre es una elección prudente. El barraje debe ir conectado a la red de tierra del edificio. Para más detalles, vea el Capítulo 3, “Diseño de Infraestructura Física para la Zona de Celda/Área”.
- **Seguridad**: Como parte de una estrategia de defensa profunda, la seguridad física en torno a un IDF requiere varios niveles de protección. Las medidas de nivel físico más efectivas incluyen cerraduras para restringir el acceso, cables de parcheo seguros para evitar parcheos accidentales, y bloqueadores de puertos para prevenir conexiones incorrectas a puertos libres.
- **Consideraciones de Confiabilidad:** Desplegar cableado estructurado mejora la confiabilidad de las comunicaciones. En un ambiente de cableado estructurado, el cableado horizontal (enlaces permanentes) no se toca, los mazos se separan y aseguran para facilitar su manejo, se eligen organizadores como *D-rings* para enrutar cable con mejor acceso, los cables de alimentación se aseguran a la fuente y al dispositivo para prevenir la pérdida de energía, y el cableado y conectividad se seleccionan para resistir el ambiente de la planta de manufactura.
- **Costo/Facilidad de Despliegue:** Algunos de los costos a considerar son el diseño, procuración, instalación y mantenimiento. Comparado con el diseño y construcción de gabinetes para activos de red, un enfoque modular conlleva menos costos totales y una instalación probada más rápida.

- **Alimentación Inteligente:** Las UPS de respaldo son esenciales para reducir el tiempo de inactividad por fallas energéticas, pero también brindan inteligencia adicional que puede prevenir problemas y fallas. Los sistemas UPS y Unidades de Distribución de Energía (PDU) Inteligentes pueden equiparse con monitoreo inteligente y conectividad de red para ofrecer capacidades adicionales conectadas a la red. Con el incremento en la demanda de datos, este es un modo conveniente y de fácil acceso para brindar puntos de datos relacionados al ambiente. Estas capacidades 'Inteligentes' incluyen gestión remota y la integración de sensores conectados directamente a la unidad. Sensores comunes incluyen: temperatura, humedad, detección de líquidos (cuerda), sensor magnético de puerta, sensor de líquidos *(spot)*, y contactos secos multipropósito. La información de los sensores se reporta de vuelta a la UPS/PDU Inteligente, donde las notificaciones/alarmes se configuran o los datos se envían a otro servidor. Esta configuración brinda información a los equipos de soporte responsables del mantenimiento predictivo y preventivo.

PNZS con *Switches* de Distribución/Agregación

En aplicaciones de menor huella, donde se necesita agregar algunos IES en la planta/sitio, puede usar *switches* de distribución/agregación de montaje en DIN, como el Stratix 5400 o Cisco IE 4000, para conectarse a la troncal de planta/sitio. Esta es una elección aceptable para líneas modulares o Zonas de Celda/Área que pueden moverse completas (o sea, la red está contenida en sí misma). Estos *switches* resisten mejor un ambiente más hostil y más caliente que los *switches* de montaje en *rack* de grado empresarial. Los IES de montaje en DIN deben protegerse usando un PNZS correctamente especificado. Un *switch* de distribución puede desplegarse en un PNZS igual que un IES de montaje en DIN (vea la Figura 4-3). En la mayoría de los casos, no se requiere enfriamiento externo, reduciendo costos y el mantenimiento del A/C comparado con el despliegue de un *switch* de grado empresarial. El cableado y los conectores son los mismos que se usan en *switches* empresariales. La organización de cables y conectividad incluye paneles de parcheo de montaje en DIN, adaptadores DIN para *jacks* RJ45 y características para holgura y alivio de tensión montadas en DIN o *backplane*. Además, puede incluirse una barrera para separar los voltajes altos de la alimentación DC de los *switches*.

Figura 4-3 Gabinete de Zona con un *Switch* de Distribución/Agregación de montaje en DIN

Resumen de Fibra Óptica

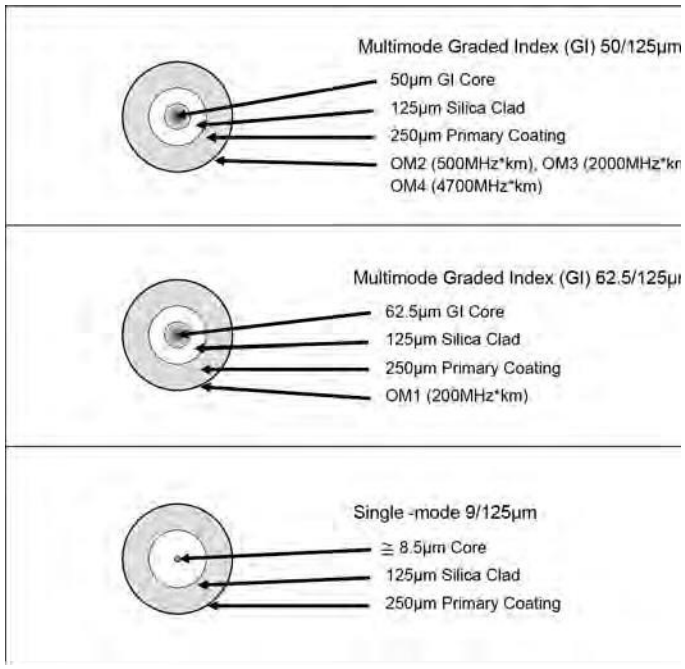
Un enlace de Fibra Óptica consta de un transceptor, conector/adaptador y un cable. El transceptor convierte los paquetes de datos eléctricos en pulsos de luz que se transmiten por una fibra de vidrio, que luego el transceptor receptor convierte a señales eléctricas de nuevo. Una conexión suele tener dos cables, uno para transmitir y otro recibir (dúplex). En aplicaciones IACS, la fibra óptica tiene muchas ventajas sobre los canales de cobre, como inmunidad al ruido eléctrico, una convergencia de

switches más rápida tras un paro, largo alcance y mayor ancho de banda potencial (con fibra de avanzada). A continuación se describen varias consideraciones.

Medios Físicos

El cable de Fibra Óptica se construye de un núcleo, revestimiento, cubierta y forro (ver Figura 4-4). La geometría de cada componente determina el índice de grado, o Multimodo Óptico. Los dos tipos básicos de fibra óptica son monomodo (abreviado OS) y multimodo (abreviado OM). La fibra óptica monomodo soporta comunicaciones de datos a través de largas distancias (por ejemplo, kilómetros) y requiere el uso de transceptores más caros. Por otro lado, la fibra multimodo soporta comunicaciones de datos hasta 550 m, pero usa transceptores más asequibles, lo que ayuda a conseguir un despliegue de fibra de menor costo.

Figura 4-4 Sección Transversal de Tipos de Construcción de Fibra



Aunque hay varios tipos de transceptores disponibles, muchos IES usan un transceptor conocido como SFP. Comúnmente, la conectividad es un conector LC dúplex.

El término “índice de grado” se refiere a la constante dieléctrica del material de sílice que se usa en el núcleo. "Grado" significa que la constante dieléctrica se perfila como una función de la distancia radial del centro del núcleo para reducir ligeramente antes de alcanzar el material de recubrimiento. Este parámetro reduce la dispersión (una medida del retraso en tiempo de llegada) entre diferentes modos dentro de la fibra e incrementa la distancia máxima que la fibra puede soportar a una cierta tasa de datos.

En multimodo, hay dos familias básicas de tamaño de núcleo: 62.5 µm y 50 µm. Se definen como Multimodo Óptico (OM) y se dividen en 5 niveles: de OM1 a OM5. OM1 tiene un núcleo de 62.5 µm y se considera un cable heredado. OM2, OM3,

OM4 y OM5 tienen un núcleo de 50 µm y se despliegan más comúnmente. El cable Monomodo (OS) usado en estas aplicaciones tiene un diámetro de núcleo típico de alrededor de 8.5 µm y un diámetro de recubrimiento de 125µm. Las designaciones de cada uno son las siguientes:

- **OM1**—62.5/125µm, índice de grado Multimodo (200 MHz·km)
- **OM2**—50/125µm, índice de grado Multimodo (500 MHz·km)
- **OM3**—50/125µm, índice de grado Multimodo (2,000 MHz·km)
- **OM4**—50/125µm, índice de grado Multimodo (4,700 MHz·km)
- **OM5**—50/125 µm, índice de grado Multimodo (6,000 MHz·km)
- **OS1**—9/125µm Monomodo

Los valores entre paréntesis son el Ancho de Banda Modal Efectivo (EMB) de la fibra. El EMB representa la capacidad de la fibra para transmitir una cierta cantidad de información a una distancia específica y se expresa en MHz por km.

Elegir Fibra Monomodo o Multimodo

Como se indicó arriba, hay dos tipos diferentes de fibra que se usan para conectar redes: Multimodo and Monomodo. Estos dos tipos de medios ópticos varían en tamaño del núcleo de vidrio y en el diseño/operación de los transceptores usados. La fibra Multimodo a menudo se usa para distancias más cortas de transmisión debido a sus costos más bajos. La fibra Monomodo usa transceptores más precisos para cubrir distancias de transmisión más largas y resulta más caro implementarla que la fibra multimodo. Los diseñadores e instaladores necesitan asegurarse de que el tipo de transceptor y de fibra son compatibles para un desempeño óptimo.

La fibra óptica Multimodo incorpora un diámetro de núcleo mayor que la fibra monomodo. Además, el diámetro de núcleo usado en la fibra Multimodo varía dependiendo el tipo de desempeño utilizado. Por ejemplo, OM1 (Multimodo Óptico1) fue el primer tipo de fibra multimodo en desplegarse y usa un núcleo de 62.5µm de diámetro con un diámetro de recubrimiento de 125µm. Este tipo de fibra casi no se despliega en instalaciones nuevas, pero instalaciones previas con equipos heredados pueden requerirla. Los tipos OM2, OM3, OM4 y OM5 se basan en un núcleo de diámetro de 50µm (también con un diámetro de recubrimiento de 125µm) y mejoran el desempeño en términos de longitud máxima del canal. Se recomienda OM4 para instalaciones nuevas, ya que es el mejor compromiso entre costo total (fibra y transceptores) y longitud de canal.

Los tipos de fibra Monomodo usados en aplicaciones de redes de planta tienen un diámetro de 9µm (125µm con recubrimiento). Los transceptores que se usan con la fibra Monomodo incorporan fuentes láser más costosas, por lo que el costo general de enlace es mayor que el de la fibra multimodo; sin embargo, pueden hacerse canales más largos. Hay dos designaciones comunes para fibra Monomodo, conocida como “OS”. Se identifican como OS1 y OS2. OS1 es un tipo de fibra heredado y no se recomienda desplegarlo, aunque puede verse en instalaciones heredadas. OS2 es la designación estándar de la fibra monomodo, aunque en la literatura se ve OS1/OS2.

Figura 4-5 Tipos de Cable de Fibra

Designation	Jacket Color	Core/ Cladding Diameter	Fiber Type	100 Mbps Max. Distance	1 Gbps Max. Distance
OM1	Orange	62.5/125µm	Multimode	2000m	220m
OM2	Orange	50/125µm	Multimode	2000m	275m
OM3	Aqua	50/125µm	Multimode	>2000m	500m
OM4	Aqua/Violet	50/125µm	Multimode	>2000m	550m
OM5	Lime Green	50/125µm	Multimode	>2000m	550m
OS2	Yellow	9/125µm	Single-mode	>70Km	70Km

388018

Elegir el Número de Fibras en el Cableado de Fibra Óptica

Hay disponibles ensambles de cableado de fibra con varias cuentas de fibras. Las cuentas comunes incluyen 2, 6, 12, 24 y 48 fibras. El número de fibras requerido para un despliegue óptimo es igual al número de pares requeridos para *switches* y dispositivos que deben conectarse, incluyendo un factor de crecimiento. Por ejemplo, conectar 3 *switches* de acceso cerca de un *switch* de distribución en otra ubicación requiere seis fibras, porque cada *switch* de acceso, para transmitir y recibir, requiere de dos fibras. Deben incluirse fibras adicionales por el crecimiento a futuro y por si hay fallos en fibras. Para determinar el número total de fibras, combine las fibras necesarias, el crecimiento esperado y las redundantes. En nuestro ejemplo, un cable de doce fibras es la elección correcta.

Cubierta Externa del Cable de Fibra Óptica

Esta sección discute los tipos de cubiertas básicos para la fibra óptica y su desempeño. La Figura 4-6 es una tabla M.I.C.E. que categoriza cada tipo de cable para ambientes cada vez más hostiles. El tipo de fibra de la primera columna, Distribución, tiene protección y control de radio de curvatura limitados, pero es asequible. El tipo de fibra en la segunda columna, Interior/Exterior (Dieléctrico), tienen mejor protección contra efectos químicos/climáticos. El tercer tipo de fibra, Blindado para Interior, tiene una cubierta de aluminio para ayudar a protegerlo de aplastamiento y de riesgos químicos/climáticos. El tipo de fibra en la cuarta columna, Blindado para Planta Exterior Sin Gel (OSP), tiene una protección robusta para todos los niveles M.I.C.E.. La Figura 4-6 también indica el tipo y designación del módulo SFP compatible.

Figura 4-6 Tipos de Cable de Fibra Recomendados Con Módulos SFP Comunes para Aplicaciones de Redes en la Planta

Increasing Severity →

SFP Module	Rockwell Automation SFP Part Number	Core Diameter	Maximum Distance per Standards	Fiber Type per MICE Level				
				$M_1I_1C_1E_3$	$M_1I_1C_2E_3$	$M_2I_2C_2E_3$	$M_3I_1C_3E_3$	$M_2I_2C_2E_3$
				Distribution	Indoor/Outdoor (Dielectric)	Indoor Armored	Indoor/Outdoor Armored (Dielectric)	Gel-Free Outside Plant Armored
100BASE-FX	1783-SFP100FX	62.5µm	2km		FSCR6^^Y	FSLR6^^*		FSWN6^^
		50µm	2km	FODRX^^Y	FONRX^^Y FOCRX^^Y	FOPRX^^Y	FOJDZ^^	FOWNX^^
100BASE-LX	1783-SFP100LX	9µm	10km	FSDR9^^Y	FSCR9^^Y	FSPR9^^Y	FSJD9^^	FSWN9^^
1000BASE-SX	1783-SFP1GSX	62.5µm	275m	FSDR6^^Y	FSCR6^^Y	FSLR6^^*		FSWN6^^
		10 Gig 50µm	550m	FODRX^^Y	FONRX^^Y FOCRX^^Y	FOPRX^^Y	FOJDZ^^	FOWNX^^
1000BASE-LX/LH	1783-SFP1GLX	9µm	10km	FSDR9^^Y	FSNR9^^Y FSCR9^^Y	FSPR9^^Y	FSJD9^^	FSWN9^^
1000BASE-LX/LH	GLC-ZX-SM-RGD	9µm	40km	FSDR9^^Y	FSNR9^^Y FSCR9^^Y	FSPR9^^Y	FSJD9^^	FSWN9^^

Panduit part numbers listed above for bulk cable
^^ -fiber count.
*Indoor-Outdoor armored
See https://www.panduit.com/ for additional part numbers not listed here and more information

Conectores y Adaptadores de Fibra

Los conectores son la interfaz física entre el cableado y los dispositivos. Se usan varios tipos de conectores en la infraestructura física de fibra óptica. Esta sección discute tres de esos tipos de conectores:

- **Conectores Lucent (LC):** Se usan en entornos de Centro de Datos y algunos dispositivos IACS. Tienen una huella pequeña que les permite usarse en IES con alta densidad de puertos y dispositivos, minimizando el espacio. El conector LC presenta una interfaz SFF desmontable para conectarse a transceptores SFP. La construcción estándar del conector LC consiste de un ferrul con resorte de cerámica de zirconia de 1.25 mm de diámetro alojada en una carcasa termoplástica de conector. Las dimensiones de este conector se definen en los estándares doméstico (TIA-604 FOCIS-10) e internacional (IEC 61754-20). La huella del conector LC la mitad de la de un conector SC y tiene una carcasa para acomodar diseños de cable de diámetro de 1.6 mm a 3.0 mm.
- **Conectores *Subscriber* (SC):** Los conectores de inserción comúnmente usados en sistemas monomodo por su desempeño. Aunque estos conectores se usan en las industrias de comunicaciones y telecomunicaciones, están perdiendo terreno ante los conectores LC y otros por su gran tamaño, que no es no apto para aplicaciones de alta densidad.
- **Conectores *Straight Tip* (ST):** Conectores de tipo bayoneta que crean conexiones multimodo seguras. Los conectores ST se usan para conexiones lineales; aun así, algunos equipos usan este tipo de conector por la estabilidad en la conexión. Los conectores ST fueron uno de los tipos más populares.

De entre estos tipos, el conector LC se está volviendo el más utilizado debido a su alto desempeño y pequeño tamaño, que permite alcanzar las densidades más altas en la huella más pequeña. Las características de los tres tipos de conectores se resumen en la Figura 4-7.

Nota**:** La especificación de ODVA EtherNet/IP para el nivel físico (Capítulo 8) indica que el conector LC se prefiere en instalaciones nuevas que necesitan tasas de datos de 100 Mbps, aunque los conectores SC y ST también son soportados. También dice que el conector LC se prefiere en instalaciones nuevas que necesitan tasas de 1000 Mbps (1 Gbps), aunque pueden usarse conectores SC en instalaciones anteriores.

Figura 4-7 Resumen de la Comparación de Conectores de Fibra Óptica

	PVC	TPE	PUR
Connector Name*	Lucanet or Little	Square or Subscriber	Straight Tip
Coupling Type	Snap	Snap (Push - Pull)	Bayonet
Connector Outside Dimensions, mm	4.5 x 4.5	9.0 x 8.3	Diameter 8.6
Ferrule Size, mm	1.25	2.5	2.5
TIA Standard	TIA-604 / FOCIS - 10	TIA-604 / FOCIS - 3	TIA-604 / FOCIS - 2
IEC Standard	IEC 61754-20	IEC 61754-4	IEC 61754-2
Duplex Type	Yes, with clip	Yes. Connector can mate	No

388019

*Connector names vary

Terminación de Conectores para Cable de Fibra Horizontal

Los conectores LC, SC y ST suelen instalarse de fábrica, a diferencia de los cables horizontales de fibra, que requieren terminación en campo. El cable de fibra se termina con un conector mediante varios métodos. Los criterios a considerar son costo, facilidad de instalación y desempeño. Los tres métodos principales son:

- Empalme por fusión a un *pigtail* de fibra
- Aplicación de *epoxy* y pulido en campo
- Sin *epoxy* ni pulido

Empalme por Fusión

Para este método, el conector se termina en fábrica a un tramo corto del mismo tipo de fibra usado en el cableado en campo, formando un ensamble llamado *pigtail*. La fibra a terminar, junto con el *pigtail*, se prepara en el sitio y se coloca en un equipo llamado empalmador de fusión, que tiene un elemento de calentamiento. Se derrite la sílica para fusionar las fibras juntas y se solidifica para lograr un enlace muy confiable y de alto desempeño. Un manguito protector se coloca sobre el área del enlace y se inserta en un soporte de bandeja que brinda protección mecánica al enlace. La bandeja de empalme suele ser una unidad de montaje en *rack* de 19 pulgadas de fácil acceso al momento de hacer movimientos, adiciones y cambios (MACs). La bandeja de empalme suele incluir *spools* para holguras en lo que se puede enrutarse el exceso de fibra, para organizar y proteger el cableado.

Aplicación de *Epoxy* y Pulido de Campo

Para este método, la fibra a terminarse en sitio se prepara, se inserta en el conector necesario y se extiende a través de la cara frontal del conector. Se pone *epoxy* en una abertura del conector y se deja curar para fijar la fibra al conector firmemente. El exceso es removido de la cara frontal del conector y se pule en campo con un disco de pulido y pasta para formar una interfaz confiable. Se inspecciona el extremo de fibra con un microscopio pequeño, llamado boroscopio, para asegurar una conexión de alto desempeño. El conector puede insertarse en un adaptador de fibra ubicado en el gabinete de fibra. Las fibras individuales se organizan en un *spool* en el gabinete.

Sin *Epoxy* Ni Pulido

Recientemente, han aparecido técnicas de terminación que usan conectores precargados con un tramo de fibra óptica y preparados en fábrica con caras muy precisas. El conector incluye un gel que asegura la mínima atenuación entre la fibra instalada y el tramo precargado. La fibra a terminarse se preparar pelando la cubierta y se corta con una herramienta especial que deja un extremo limpio. LA fibra se instala en la parte trasera del conector y se ubica contra el tramo preinstalado. En el punto correcto del proceso de terminación, se gira una palanca para fijar la fibra instalada en su sitio. En herramientas modernas de terminación, como la herramienta OptiCam™ de Panduit, Figura 4-8, una fuente de luz interna (localizador visual de fallas) muestra el desempeño de la conexión realizada. Una terminación efectiva se crea si poca o nada de luz puede verse en la ventana del conector.

Figure 4-8 Herramienta OptiCam de Panduit

La fibra terminada se instala en un adaptador y se organiza igual que con una conexión de pulido en campo, descrita más arriba.

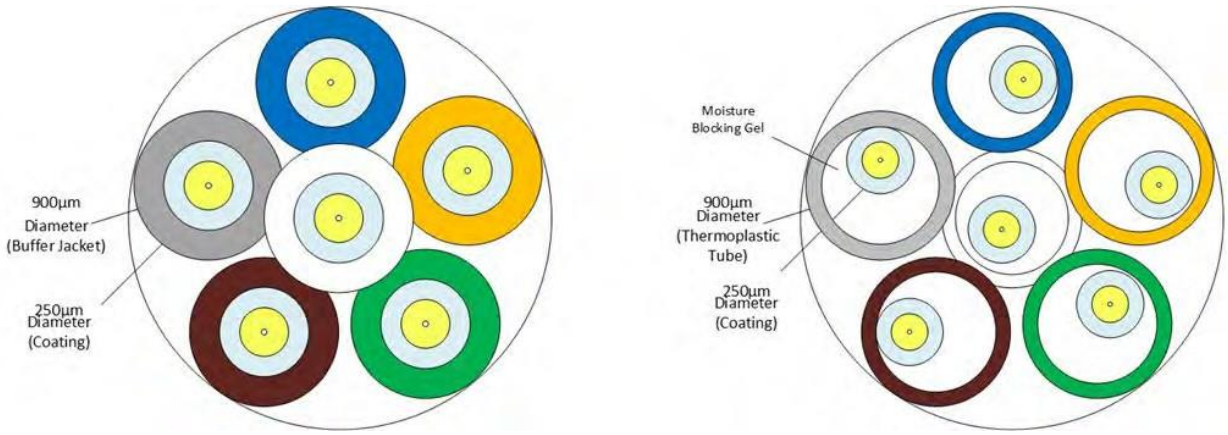
Construcción de la Fibra

La construcción más común para fibra óptica para uso interior se llama de *buffer* ajustado, donde una cubierta protectora rodea el recubrimiento y un forro adicional de policloruro de vinilo (PVC) lleva el diámetro de la fibra individual a 900µm. Varias fibras se envuelven con un hilo protector de aramida. El ensamble de cable completo se cubre en un forro externo duradero, de material de polímero, con clasificación *riser*, *plenum* o alguna otra apta para el entorno de instalación.

La fibra de *buffer* ajustado no se despliega en ambientes exteriores porque las temperaturas extremas y la tensión mecánica en estas instalaciones puede causar una degradación física, o incluso daño, al cable. Una construcción alterna, de *buffer* holgado, se usa en despliegues de fibra en ambientes exteriores. Este diseño consta de fibras individuales (antes de aplicar el recubrimiento de PVC), que 'flotan' dentro de un tubo de polímero, lo que permite movimiento cuando es necesario sin sacrificar la protección. Diseños de cable más antiguos usaban un gel de bloqueo de base agua dentro del *buffer* para proteger la fibra del daño y del ingreso de humedad. Tipos de cables nuevos para interior/exterior incluyen una cinta que absorbe el agua bajo el forro exterior que crece y forma un sello efectivo cuando se rompe el forro.

Un ejemplo de construcción de los tipos de fibras de *buffer* ajustado y *buffer* holgado se muestra en la Figura 4-9.

Figura 4-9 Fibras de *Buffer* Ajustado (izq.) y *Buffer* Holgado (der.)

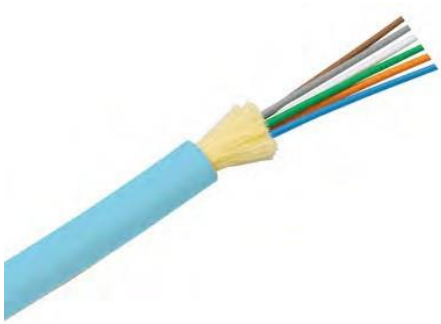


Cableado de Distribución de Fibra Óptica (Sin Blindaje)

El cableado de distribución de fibra sin blindaje (Figura 4-10) es un cable estándar que viaja en cestas de cable, escalerillas, o conductos en interiores. Este tipo de cable requiere protección; por eso, como mínimo, debe instalarse en un ducto o sistema de soporte continuo, según el entorno. También requiere reforzamiento ambiental adicional dependiendo de las condiciones, por ejemplo, en un ducto.

Este tipo de cable se usa en troncales dentro de edificios e instalaciones horizontales para entornos *riser* (OFNR), *plenum* (OFNP) y otros de propósito general. Los cables con clasificación *Riser* y *Plenum* se usan más comúnmente en América del Norte. Otras regiones del mundo, como Europa y Asia-Pacífico, necesitan fibra óptica con un forro clasificado como de Bajo Humo y Cero Halógenos (LSZH). Siempre consulte los códigos y estándares locales de la ubicación de la planta para tener la certeza de elegir la variante adecuada durante la etapa de diseño. Este tema se aborda con más detalle en la sección de Tipos de Cableado para Operaciones de Sitio de Nivel 3 más adelante en el documento.

Figura 4-10 Cableado de Distribución de Fibra Óptica (Sin Blindaje)



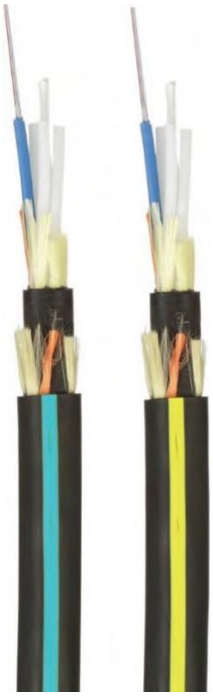
Cable de Fibra con Doble Forro Dieléctrico para Troncal de Planta

El Cable con Doble Forro Dieléctrico (DDJ) (ver Figura 4-11) es autoportante, resistente a aplastamiento y golpes. Se diseñó para instalaciones horizontales y troncales en edificios, pensando en conectividad de alta densidad y facilidad de

instalación. El doble forro reforzado con Kevlar elimina la necesidad de ductos o enrutamiento adicionales y brinda un camino con resistencia a impactos leve para mayor flexibilidad de diseño y menor costo de instalación. Esta construcción elimina la necesidad de unir y poner a tierra, reduciendo el tiempo y consto de instalación.

Toda la fibra DDJ tiene clasificación *riser* (OFNR) y cumple con las especificaciones de Bajo Humo y Cero Halógenos (LSZH). Puede instalarse usando *J-hooks*, el Sistema de Bandeja de Cables Wyr-Grid® para Enrutamiento Elevado, o escalerillas. El cable DDJ es un cable de 250µm de *buffer* ajustado con un núcleo de 50µm (OM4) o 9µm (OS2). Normalmente se despliega OM4 con cuentas de fibras de 6,12,o 24, y las opciones OS2 llegan hasta cuentas de 96. La fibra puede terminarse con pulido en campo estándar, conectores mecánicos (Conectores de Fibra Óptica OpticCam®) o empalme por fusión a *pigtails*.

Figura 4-11 Cable de Doble Forro Dieléctrico (DDJ)



Planta al Aire Libre/interior y exterior

Los cables de fibra para Planta al Aire Libre/interior y exterior son aptos para altas temperaturas, tienen resistencia química y pueden usarse en ambientes hostiles. Incorporan una construcción de *buffer* holgado, así que son aptos para aplicaciones elevadas, en ductos o de entierro directo. Hay dos tipos de protección contra ingreso: con o sin gel. Aunque el gel protege la fibra y evita el ingreso de humedad, se vuelve pegajoso y sucio al manejarse. Los diseños sin gel son más fáciles de manejar y tienen cinta que se hincha al contacto con el agua para bloquear el ingreso.

Un escudo de acero corrugado sobre el forro de polímero que protege la fibra brinda una gran resistencia contra aplastamiento para mayor durabilidad en entierro directo. Una cubierta resistente a los rayos UV suele usarse en estas aplicaciones para proteger el cable de fibra individual. Como en el caso del cable de interior descrito antes, este tipo de cable está disponible en cuentas de fibras de 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96 y 144. Esta construcción también soporta tipos de fibras multimodo (OM5, OM4, OM3, OM2, and OM1) y monomodo (OS2).

Figura 4-12 Cable sin blindaje para Planta al Aire Libre

Cableado Blindado Ensamblable de Fibra Óptica

El cable blindado ensamblable de fibra (para el interior y el exterior de la planta) tiene una carcasa protectora de aluminio o metal alrededor de la fibra, para una resistencia superior contra aplastamiento y para protegerlo de los animales (Figura 4-13). El blindaje ensamblable de aluminio también elimina la necesidad de conductos o ductos para mayor flexibilidad de diseño y menor costo de instalación. Además, permite instalarse fácilmente en ambientes industriales preexistentes, sin la necesidad de enrutamientos caros y sofisticados.

El cable de fibra óptica blindado se usa en troncales dentro de edificios e instalaciones horizontales para ambientes *riser* (OFCR), *plenum* (OFCP) y entornos hostiles. Está disponible en cuentas de 6, 12, 24 fibras en diseño “de un forro”, y en 36, 48, 72, 96 y 144 fibras en diseño de “subunidad” (grupo). Para cuentas de fibras más altas, dependiendo de la construcción, subunidades de fibras se agrupan en forros internos al forro general del cable para facilitar la identificación e instalación. Disponible en fibra Multimodo (OM4, OM3, OM2 y OM1) y Monomodo (OS2).

Figura 4-13: Cableado de Fibra Blindado

SFPs de Alta Velocidad

Los sistemas de *switches* de control Industrial suelen incluir interfaces pequeñas insertables (*small form-factor pluggable* SFP), con cableado de 100 Mbps o 1 Gbps de cobre o fibra para enlaces ascendentes. Conforme se agregan señales ascendentes al nivel de distribución, se requiere más velocidad. Debido a la necesidad continua de datos más rápidos y la conexión de dispositivos adicionales, los requisitos de redes de mayor velocidad resultan en el desarrollo de interfaces más avanzadas. Los SFPs originales tienen un solo canal para recibir y transmitir de normalmente 1 Gbps. Hay dos versiones actualizadas conocidas como SFP+ y SFP28. Aunque tienen casi el mismo tamaño, estos módulos no se insertan en el mismo puerto que un SFP estándar porque la tecnología es distinta. SFP+ transmite a hasta 10 Gbps y SFP28 a 25 Gbps en un solo canal.

Un Sistema cuatro canales (*quad*) permite velocidades mayores; de 4x, para ser exactos. QSFP, QSFP+, and QSFP28 implican cuatro canales de la misma velocidad que sus contrapartes de un canal. Con los canales añadidos, puede habilitarse hasta 4 GB, 40 GB y 100 GB respectivamente. Este sistema de cuatro canales soporta tanto cobre como fibra, pero requiere un tipo de cable diferente. Normalmente, el cable de cobre o fibra contiene 1 par por canal, con un total de 4 pares. Las aplicaciones para estos transceptores *quad* se ven casi solamente en centros de datos y aplicaciones de servidores/*switches*.

Figura 4-14 SFPs de Alta Velocidad

	SFP	SFP+	SFP28	QSFP	QSFP+	QSFP28
Typical Speed	1 Gbps	10 Gbps	25 Gbps	4 x 1 Gbps 4 Gbps total	4 x 10 Gbps 40 Gbps total	4 x 25 Gbps 100 Gbps total
	Single Channel			*Quad (4) Channels*		

388020

Otros SFPs

Los receptores bidireccionales, comúnmente llamados BiDi, usan dos longitudes de onda diferentes, habilitando la recepción y transmisión para cada fibra, a 20 GB cada una. Al actualizar una red 10 GB SFP+, BiDi es una buena opción porque no requiere cambiar la infraestructura de cableado de fibra óptica. BiDi opera con el mismo cableado de fibra que otras redes SFP+.

Fibre Channel es una forma de transmitir datos serialmente a través de cobre o fibra óptica con baja latencia y a gran velocidad. *Fibre Channel Protocol* (FCP) es un protocolo de interfaz SCSI que usa un canal de fibra subyacente como conexión. Al referirse a FCP es común escribirlo *Fibre* (en inglés americano) para indicar que se habla del protocolo.

Ensambles de Cable de Alto Desempeño

Hoy, muchas aplicaciones industriales usan Ethernet de 4 pares con cable de cobre conectado a un puerto RJ45 estándar. Conforme las velocidades y distancias aumentan, hay más aplicaciones utilizando conexiones insertables más pequeñas (SFP) que permiten usar medios de cobre o fibra. Normalmente, los transceptores solos se compran por separado, se insertan en el puerto SFP, y la conexión se hace vía cable de fibra óptica terminado con un conector estilo LC.

El tipo de SFP utilizado se basa en los requisitos de velocidad y conexión. Dicho eso, al usar interfaces SFP hay otros métodos para transmitir la señal. El transceptor y los electrónicos requeridos en ambos extremos pueden integrarse al cable y la señal puede transmitirse sobre cableado de fibra o de cobre. Dos de estos métodos incluyen

Active Optical Cables (AOC) y *Direct-Attached Copper* (DAC) que puede ser activo o pasivo. Tradicionalmente, usar AOCs y DACs ha estado limitado a Centros de Datos y empresarial para aplicaciones de alta velocidad y corto alcance. Conforme las redes industriales siguen aprovechando más *edge* y el cómputo de alta velocidad, aparecen más aplicaciones para AOC y DAC.

Direct Attached Copper (DAC)

Un ensamble de cable DAC consta de un cable de cobre con electrónicos integrados en ambos extremos. Este ensamble conecta dos puertos SFP cercanos entre sí. Hay dos tipos de DACs: pasivos y activos. Un ensamble pasivo no contiene electrónicos en el ensamble de cobre, sólo permite el paso de la señal en sí sobre el cable de cobre y está limitado a 7 metros. Un ensamble DAC active incluye amplificación y ecualización de señal integradas.

Estas características permiten mayores distancias de transmisión, hasta 15m, y aseguran una mejor calidad. DAC activo consume más energía y cuesta más que un DAC pasivo, aunque ambos, activo y pasivo, cuestan menos que los transceptores de cobre con cables individuales. Cuando se especifican correctamente, los cables DAC reducen costos y complejidad al conectar tramos cortos de cable a dispositivos de alta velocidad, como *switches*, servidores y equipo de almacenamiento.

Figura 4-15 Cable DAC

Active Optical Cable (AOC)

Un ensamble de cable AOC es un cable de fibra óptica multimodo de longitud fija con transceptores integrados en cada extremo. Debido a que el ensamble tiene longitud fija, el transceptor se puede optimizar para esa distancia y es, por tanto, menos costos. Los ensambles AOC suelen usarse en tramos de hasta 30 metros porque cuando el tramo llega a alrededor de 100 metros, AOC es menos competitivo al comparar los costos.

La interfaz visual inherente al diseño del cable/transceptor no está expuesta, por lo que no necesita limpiarse. Además, es más duradero por las terminaciones cerradas en condiciones de ambientes hostiles y vibración. Sin embargo, si hay un problema con el cable, el ensamble completo debe reemplazarse, lo que implica cambiar los dos transceptores integrados. Encima, los extremos de los cables AOC son más grandes, y puede ser más difícil jalarlos a través de enrutamientos y conductos.

Estas conexiones pueden ser de 1 a 1 o 1 a muchos, dependiendo del ensamble. Los cables de conexión AOC permiten a un solo puerto de alta velocidad suministrar múltiples conexiones de baja velocidad. Como los AOCs son de cables de fibra, el espacio necesario es menor, comparado con los cables de cobre. Los AOCs pueden reducir los costos cuando se especifican correctamente para una aplicación que usaría transceptores solos tradicionales y cables para cada conexión.

Figura 4-16 Cable AOC

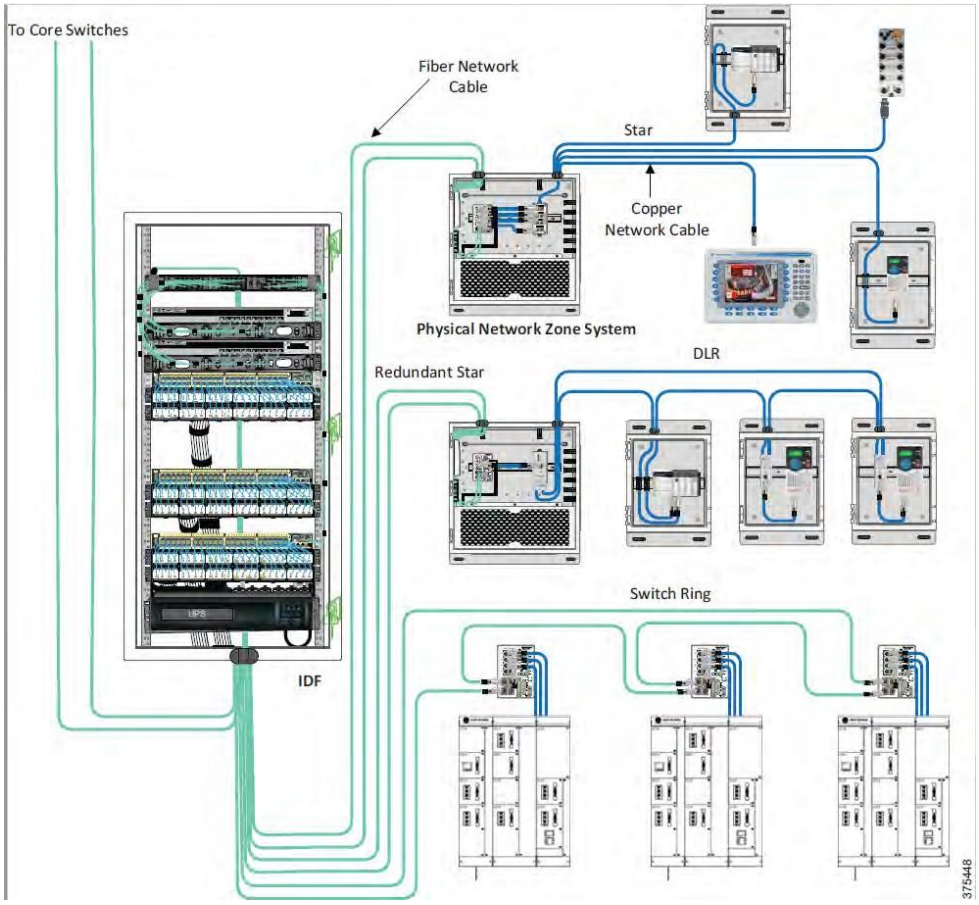
	Direct Attached Copper (DAC) Passive	Active	Active Optical Cable (DAC)
Reach	< 7m passive	< 15m active	100m +
Cable Type	Twin-axial copper		Fiber optic
Power Consumption	< 0.15 W	0.5 - 1 W	< 1 W
Price	$	$$	$$$

388021

Consideraciones del Diseño de la Red Física

La Figura 4-17 ilustra un despliegue físico simplificado de Zona Industrial entre los Niveles 0-3. Dependiendo del tamaño de la planta/sitio, las Operaciones de Sitio de Nivel 3 pueden conectarse a la(s) Zona(s) de Celda/Área con *Switches* Centrales. Los enlaces entre estos *switches* en Operaciones de Sitio de Nivel 3 y el *switch* de distribución en el IDF usan cableado de fibra óptica. El nivel de distribución también se conecta a los paneles de control que tienen IES con cableado de red de fibra.

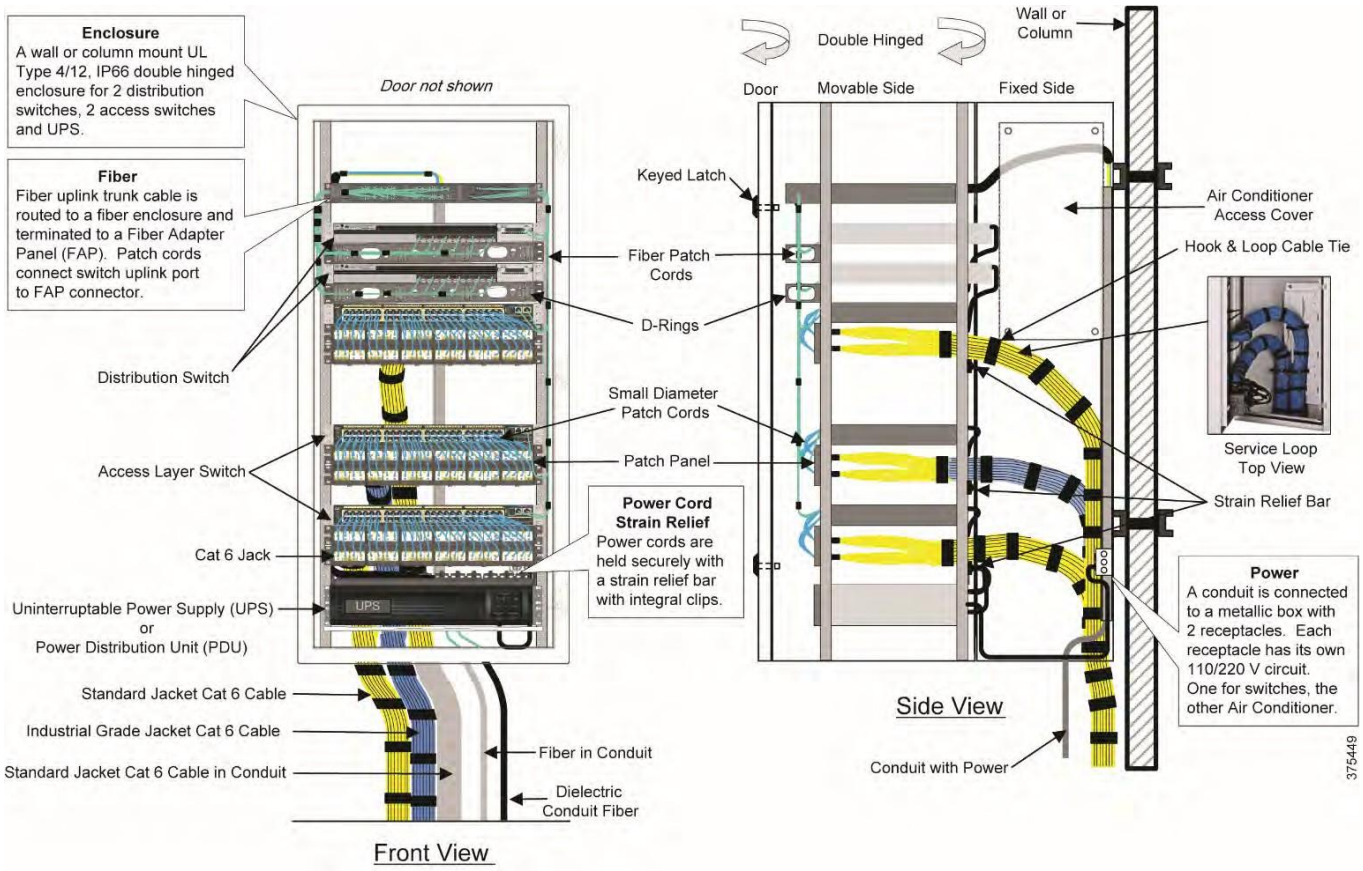
Figura 4-17 Troncal Física de Red Industrial



Detalles de Despliegue Físico de IDF

La Figura 4-18 ilustra la conectividad física del IDF, detallando el cableado, *jacks*, cables de parcheo, organización de cables, alimentación, *switches* y cintillos de cable. En general, un IDF se ensambla de forma similar a otros gabinetes y *racks* RU. El mayor desafío es compensar por la articulación trasera, la gestión térmica, espacios ajustados y extensión del cableado por MACs. Seguir las mejores prácticas descritas abajo facilita el mantenimiento y la durabilidad.

Figura 4-18 Despliegue Típico de IDF



Bucle de Servicio de Cableado Horizontal

El cableado horizontal se extiende al abrir un IDF de doble bisagra. Por eso, tanto en fibra como en cobre, un bucle de servicio de cable es necesario. Planear y organizar la holgura es necesario para abrir totalmente el gabinete. Aunque permitir la holgura de servicio es importante, demasiado cableado consume espacio y puede actuar como un resorte al cerrar el gabinete. Además, la longitud de cable se incrementa del primero al último puerto de cobre en el panel de parcheo. La sección estática del IDF usa cintillos *hook & loop* en la parte trasera para asegurar el cableado. El cableado de cobre también se asegura con esos cintillos a las barras de alivio de tensión en el lado móvil para minimizar el jaloneo en el *jack* al abrir el gabinete. El cableado de fibra horizontal se canaliza a través de ductos y tubos y luego a un gabinete para protegerlo.

Gestión Térmica

El IDF puede operar a una temperatura ambiente de hasta 25º C (77º F) sin aire acondicionado. Añadir aire acondicionado permite al IDF operar a hasta 50º C (122º F) de temperatura ambiente. Todos los cables deben formarse en mazos y asegurarse para evitar que el cableado impida el flujo de aire.

Connectividad y Parcheo

El IDF puede tener cableado de fibra y de cobre. Normalmente, todo el cable entra por el fondo del IDF para prevenir el ingreso de fluidos. Los orificios para el cableado en el gabinete deben tener un ajuste firme o un cubrefilos para prevenir los roces.

Para cableado de fibra, la mejor práctica es terminar el cableado horizontal en un gabinete. Este es similar a un gabinete Empresarial, con *spools* para holguras y alivio de tensión para asegurar las fibras, y con Paneles Adaptadores de Fibra (FAPs; *Fiber Adapter Panels*). El parcheo se hace con cables de parcheo desde el FAP del gabinete a los puertos de enlace ascendente del *switch*. Los enlaces descendentes de cobre del *switch* se conectan al panel vía un cable de parcheo. La mejor práctica es tener los *switches* junto a los paneles. Esto minimiza la extensión del cableado y los enredos, y hace los puertos más visibles. Se recomienda usar cables de parcheo (8 pulgadas) de diámetro pequeño (28 AWG) para facilitar el manejo y ocupar menos espacio.

Niveles de Panel de Montaje en DIN para *Rack* de 19”

Como método opcional de despliegue, el *Universal Distribution Frame Tier* permite que los *switches* Ethernet Industriales (IES) de montaje en DIN se desplieguen en *racks* de 19”, incluyendo el Marco de Distribución Industrial. La versión debajo de DINS24 está preconfigurada para aceptar los IES y sólo requiere la conexión adicional de alimentación.

Figura 4-19 *Universal Distribution Frame Tier*

IDF con Control de Acceso

Habilitar un Control de Acceso inteligente es parte de una estrategia de defensa profunda para la seguridad de la red física, limitando el acceso a equipos de TI y extendiendo perfiles de control de acceso al equipo en la planta. Los gabinetes IDF con control de acceso se diseñaron para desplegar y proteger *switches* de montaje en *rack* de 19" junto con control de acceso y capacidades de distribución de energía para proteger y monitorear equipo crucial de TI. Están disponibles versiones del IDF con control de acceso, que incluye la PDU inteligente, manija de *switch* y un sensor de temperatura y de puerta, mostrados abajo.

Figura 4-20 PDU Inteligente

Figura 4-21 Manija de Seguridad

Figura 4-22 Sensor de Temperatura y Puerta

Lista de Materiales de Panduit

La Tabla 4-2 es una lista de materiales de ejemplo, con las soluciones de nivel físico líderes de su clase para la Zona Industrial.

Tabla 4-2 Lista de Materiales de Ejemplo

Part Number	Description
ZDF48-RADA2	26RU Dual Hinge NEMA 4/12 Enclosure with Access Control. Installed (2) 48-Port Patch Panels, fiber tray, fiber spools; Installed cable management; Installed grounding hardware; Back panel with 10" Long DIN Rail Mounting Provision. Includes: SmartZone™ intelligent PDU, security handle / card reader, PDU harness, temperature and door sensor
Z23U-S21	Universal Network Zone System; 24" x 36"; mild steel enclosure; for up to two industrial switches; includes (16) Cat6 UTP copper patch cords and jacks, (4) MM LC fiber uplink patch cords and (6) adapters, redundant power supplies and maintenance-free UPS
FOJDZ12	12 Fiber OM4 Dielectric Double Jacketed Fiber Cable (OFNR-LS), build up kit may be required
FLCDMCXAQY	LC Opticam® OM3/OM4 fiber-optic connector
UTP28X8IN	28 AWG small diameter Cat6A UTP patch cord, 8" in length, 0.185 (4.7mm) in diameter, off white
ZDINS24	Expansion Tier for 2 industrial switches, (1) 48-port patch panel, (1) 4U DIN bracket, (2) power supplies AC to DC, terminal blocks, wiring for 120 V AC input
Control Panel	
IFC6C04BBL-CEG	Shielded Cat6 stranded cable, PVC jacket, CM
CADIN1IG	DIN rail mount adapter, international gray
ISTPHCH1MBL	600 volt rated, Cat5e patch cord, 1 meter long
FPS6X88MTG	IndustrialNet™ Field attached shielded RJ45 plug
IAEBH6	Bulkhead Jack Cat6 UTP RJ45 with cap
DAP3BC-S0-6	Data Access Port, 3 inch Base, Simplex Outlet, Cat6 coupler
Machine & Robot	
ISFCH5C02ATL-XG	Industrial Copper Cable, Cat5e, 2-pair, 24/7 AWG stranded, SF/UTP, CM, 600V, Teal, 1000ft/305m reel, High Flex, Sun and Oil Resistant
ISFCH5C04ATL-XG	Industrial Copper Cable, Cat5e, 4-pair, 24/7 AWG stranded, SF/UTP, CM, 600V, Teal, 1000ft/305m reel, High Flex, Sun and Oil Resistant
ISPS55E44MFA	Field attached shielded M12 plug
JP2SBC50-L20	J-Hook with screw-on beam clamp for use with flanges up to ½"
WG12BL10	12" wide x 10' long pathway section used to carry cables horizontally throughout the system
IUTP6X3MBL	Industrial Patch Cord, IP65/IP67, Cat6A, UTP, RJ45 with caps, 3 meters
ISX6004AYL-LED	Industrial Copper Cable, Cat6, 4-pair, 24/7 AWG Stranded, S/FTP, PUR, Yellow, 500m RL

388022

CAPÍTULO 5

Despliegue de Infraestructura Física en Operaciones de Sitio de Nivel 3

El Área de Operaciones de Sitio de Nivel 3 ofrece los recursos necesarios de *switcheo*, cómputo, y almacenamiento para operar eficientemente una arquitectura IACS en la planta. Esta área es la base de recolección de datos y *hosting* de aplicaciones en un entorno industrial. El equipo de Nivel 3 puede albergarse físicamente en un Centro de Datos Industrial, en un *rack* en la sala de control, o muchas otras ubicaciones en el sitio. Las aplicaciones de Operaciones de Sitio de Nivel 3 van desde medidas MES como Efectividad General del Equipo, (*Overall Equipment Effectiveness*, OEE), trazabilidad del lote, horarios de mantenimiento preventivo, monitoreo y gestión de procesos, paneles de seguridad, e indicadores clave de desempeño de productividad (KPIs). La continuidad del servicio es imperativa, ya que estas funciones se usan para la toma diaria de decisiones, de forma cada vez más constante. El tiempo de inactividad es fácilmente medible en minutos y en miles de dólares de compromisos fallidos. El soporte de red confiable y seguro para estas aplicaciones mantiene a un negocio operando y comunicándose eficazmente.

El despliegue exitoso de Operaciones de Sitio de Nivel 3 depende de una infraestructura de red robusta construida con un nivel físico sólido que aborde los retos de desempeño, ambientales y de seguridad presentes al desplegar activos de TI (servidores, almacenamiento y *switches*) en entornos industriales. Las Operaciones de Sitio del Nivel 3 son un punto de convergencia clave para TI y TO. Muchos negocios obtienen estas funciones en un paquete prediseñado: un Centro de Datos Industrial (IDC). Los sistemas de un IDC incluyen los activos de TI apropiados dentro de un gabinete apropiado, con las consideraciones de parcheo, alimentación, unión eléctrica, tierra, identificación y seguridad ya resueltas; es una solución lista para usarse.

El Área de Operaciones de Sitio de Nivel presentada en este capítulo es un modelo para integrar una red lógica y sistemas de cómputo escalables y modulares en la infraestructura física. Algunos beneficios de esta aproximación se listan a continuación:

- Mejora la disponibilidad, agilidad escalabilidad y seguridad de la red
- Reduce los costos operativos, incluyendo los de energía, con eficiencias mejoradas
- Ayuda a simplificar el abastecimiento de recursos
- Es la base para la consolidación y virtualización
- Ayuda a crear un camino a los requisitos de la tecnología del futuro, como 10/40GbE. Este capítulo incluye los siguientes tópicos principales:
    - Requerimientos Clave y Consideraciones, Página 5-2
    - Consideraciones del Diseño de la Red Física, Página 5-9
    - Lista de Materiales de Panduit, Página 5-18

Requerimientos Clave y Consideraciones

Los despliegues de Redes Industriales han evolucionado con los años de una red tipo *gateway* a una arquitectura convergente en toda la planta. La arquitectura CPwE Brinda servicios de red estándar a las aplicaciones, dispositivos y equipo de aplicaciones IACS modernas, y las integra a la red más vasta de la empresa. La arquitectura CPwE guía el diseño e implementación para obtener comunicación en tiempo real y requerimientos determinísticos de IACS y ayuda a conseguir la escalabilidad, confiabilidad y resiliencia que estos sistemas necesitan.

Para soportar el desempeño de la red industrial, muchos aspectos de la infraestructura física en las Operaciones de Sitio de Nivel 3 sirven un papel importante y deben considerarse en el diseño e implementación de la red:

• **Características Industriales:** Los activos de red de la planta/sitio y el cableado usado en las Operaciones de Sitio de Nivel 3 no son resistentes al entorno, sino que se instalan casi exclusivamente en entornos IP20 o mejores. Los riesgos en las Operaciones de Sitio de Nivel 3 incluyen la gestión del calor disipado por el equipo y la calidad de la energía.

• **Vida Útil de la Infraestructura Física de Red:** La troncal IACS y de planta/sitio puede servir durante 20 años o más. El *hardware* usado en las Operaciones de Sitio de Nivel 3, que es equipo de TI, tiene una vida más corta, generalmente de 3-5 años. La infraestructura usada para conectar y albergar el *hardware*, como los gabinetes, cableado y conectividad, tienen una vida mucho más larga, normalmente de 10-15 años. Debe considerar cableado de mejor desempeño para cubrir las necesidades de comunicación de datos de hoy y de mañana. La elección de cable de fibra o cobre puede alcanzar requerimientos de tasas de datos mayores.

• **Mantenimiento:** Los MACs en el Nivel 3 tienen dependencias que pueden afectar muchas Zonas de Celda/Área. Además, los cambios deben planearse y ejecutarse bien para evitar detener los procesos del IACS. La organización adecuada de cables, como formar mazos, identificación y acceso es vital para un mantenimiento óptimo del Nivel 3.

• **Escalabilidad:** El aumento en las conexiones EtherNet/IP e IP puede disminuir el rendimiento de la red y causar una expansión que afecte la seguridad y la productividad. Un diseño modular sólido habilita el aumento de tráfico y la gestión de cableado adicional para soportar el crecimiento planificado de la red. Use una topología de zona física con cableado estructurado de fibra o cobre para un mayor volumen de datos. Elija soluciones modulares preconfiguradas para tener una infraestructura de red de componentes modulares escalables que cubra las necesidades de comunicación en Ethernet Industrial de la red IACS.

• **Diseñar para Alta Disponibilidad:** Una infraestructura física robusta y confiable alcanza los niveles de servicio requeridos por las redes IACS ahora y en el futuro. El uso de cableado basado en estándares con un desempeño medido y validado confirma un volumen de datos confiable. Usar redes lógicas y físicas redundantes garantiza la más alta disponibilidad. Debe usar vías bien diseñadas y desplegadas para tener rutas redundantes y resilientes de cables.

• **Compatibilidad y Desempeño de la Red:** La selección de cable es clave para un óptimo desempeño de la red física. El desempeño de la red lo define el elemento de menor desempeño en un enlace. La compatibilidad de la red y el óptimo desempeño son cruciales de puerto a puerto, incluyendo tasas de datos del puerto y el ancho de banda del cableado.

• **Unión y Puesta a Tierra:** Un Sistema de unión y puesta a tierra bien diseñado es crucial para el desempeño de la red industrial en todos los niveles, ya sea interno al panel de control, entre plantas/sitios, o entre edificios. Una sola red de tierra verificable evita bucles de tierra que pueden dañar los datos y tener un impacto en el tiempo de actividad y la seguridad del equipo.

• **Seguridad**: La seguridad es un elemento crucial en la productividad y disponibilidad de la red. Las medidas de seguridad física, como las de seguridad lógica, deben seguir una jerarquía de defensa profunda. La estrategia de defensa profunda física en Operaciones de Sitio de Nivel 3 puede incluir acceso restringido al Centro de Datos Industrial/Sala de Control, llaves o tarjetas para limitar el acceso a gabinetes, el uso de dispositivos LIBO para controlar el uso de puertos y cables de parcheo seguros para evitar malas conexiones. Una estrategia física junto la estrategia

lógica ayuda a prevenir daño involuntario o doloso al equipo y la conectividad, y a alcanzar las metas de servicio.

- **Inalámbricos:** La operación unificada de APs inalámbricos requiere de WLC en las Operaciones de Sitio de Nivel 3 y distribución de *Lightweight Wireless Access Points* (LWAPs) en la Zona Industrial y las Zonas de Celda/Área. Los APs inalámbricos autónomos, normalmente WGBs, en las Zonas de Celda/Área requieren cableado para APs y WGBs. La elección de medios para la troncal y el cableado de los APs de una Zona Industrial usando PoE es crucial para prepararle para el futuro y las consideraciones de ancho de banda. PoE está evolucionando para llevar más energía en cableado de cobre. Por eso, entender las consideraciones de escalabilidad y del entorno en aplicaciones industriales es crucial.

Características Industriales

Entorno de Sala

Un diseño para un sistema de enfriamiento sostenible que siga las mejores prácticas es esencial para el éxito de un despliegue moderno de Operaciones de Sitio de Nivel Level 3. La gestión térmica optimizada y un Sistema de alimentación más eficiente son los resultados, lo que protege al equipo de TI de tiempo de inactividad no programado por sobrecalentamiento y reduce los costos operativos (OpEx) de forma importante. La sala de Operaciones de Sitio de Nivel 3 se divide en un arreglo de pasillos fríos/calientes, para separar el aire frío que entra por el frente de los gabinetes y la salida de aire caliente en la parte de atrás. En este diseño el aire frío entra a través de un sistema de Aire Acondicionado para Sala de Cómputo (CRAC) bajo el piso. El aire frío puede entrar de varias formas, si se mantiene el arreglo de pasillos. En este diseño, el aire caliente lo extraen ventiladores en el techo.

Ductos Térmicos

Los *switches* de red desplegados en Centros de Datos (como Catalyst 4500-X/6800) suelen usar enfriamiento por flujo de aire de lado a lado. Este diseño requiere menos espacio vertical y permite una alta densidad de puertos del *switch*. En las condiciones adecuadas, estos *switches* pueden enfriarse por si mismos, pero los mazos de cables formados por la alta densidad impiden el flujo de aire. Además, el aire caliente puede recircular a la entrada, elevando la temperatura e inhibiendo la capacidad de autoenfriamiento del *switch*. Para equipo de red que usa patrones de flujo lateral de aire, los ductos internos al gabinete optimizan la eficiencia del sistema de enfriamiento al establecer patrones de flujo de frente-a-atrás en el gabinete. Al usar análisis y pruebas Computacionales de Dinámica de Fluidos (CFD), las soluciones de ductos mejoran las condiciones de entrada de aire para las aplicaciones de gabinetes.

Vida Útil de la Infraestructura Física de la Red

Las tecnologías de las troncales de IACS y planta/sitio pueden funcionar hasta por 20 años. El *hardware* de TI dura mucho menos, alrededor de 3-5 años. Si bien un ciclo de actualización de tres añoses común para el personal de TI en entornos de Centro de Datos y Empresarial, no lo es en los dominios TO. La infraestructura física de Nivel 3 que soporta el *hardware* TI debe durar mucho más, normalmente tres ciclos de actualización. Como resultado, es importante considerar la confiabilidad estructural de los gabinetes, tener cables aptos para el futuro y enrutamientos optimizados para las proyecciones de crecimiento. También importa adherirse a las prácticas de cableado estructurado e instalar medios actualizados y redundantes para evitar que el nivel físico envejezca pronto. Tomar decisiones informadas sobre infraestructura desde el inicio afecta la capacidad de completar proyectos futuros a tiempo y de forma rentable.

Mantenimiento

Parcheo

La mejor práctica para el parcheo es llevar el cable de fibra a un gabinete o caja siguiendo un enfoque de cableado estructurado. Al terminar la fibra, varias pulgadas de fibra de vidrio quedan expuestas. Esta parte es frágil y requiere protección contra el daño. Una terminación directa al conector sin protección o apoyo puede causar fallas. Para instalaciones en *rack* o gabinete, gabinetes de 19" para fibra son idóneos. Al instalar fibra en un panel de control,

componentes como Paneles de Parcheo DIN o Caja de Montaje en Superficie brindan parcheo. Otra ventaja del cableado estructurado es tener redundancias para crecimiento futuro o facilitar la recuperación tras fallas de enlace.

Mazos

La mejor práctica para mazos con numerosos cables de fibra con forro estándar es usar cintillos *hook and loop*. Este cintillo no aprieta demasiado, lo que podría dañar el cable. Aun asi, el impacto ambiental en el cintillo *hook and loop* debe considerarse y, en estas instancias, un cintillo más robusto para fibra es el elastomérico. Puede estirarse para no apretar demasiado y resiste aceite, sales y más. El uso de cintillos de nailon puede dañar el cable y no se recomienda para cable de fibra con forro estándar, pero sí con cable de fibra blindado o dieléctrico de doble forro.

Identificación

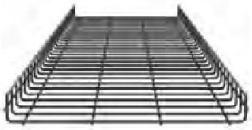
La identificación facilita los MACs y las reparaciones; los sistemas incluyen etiquetas y códigos de color. Puede poner etiquetas a gabinetes, puertos, cables de parcheo, cableado horizontal, etc. En cables de fibra de diámetro pequeño puede ser difícil leer etiquetas; un manguito puede aumentar el diámetro y hacer legible la etiqueta. El texto debe seguir el estándar TIA-606A. Un desglose debe llevarse desde el gabinete/*rack*, RU, puerto, etc., de forma consistente en toda la instalación. Por ejemplo, CP1.PP1.02 podría significar Panel de Control 1, Panel de Parcheo 1 y Puerto 2. Los códigos de color pueden identificar VLANs, zonas, áreas funcionales, tipo de tráfico de red, etc., y puede obtenerse con etiquetas, cintillos de cable y cintas de colores. Aunque el cable de fibra tiene Código de color por tipo de cable, códigos adicionales pueden usarse para mayor claridad con los métodos descritos.

Escalabilidad

Decisiones de Ductos—Tipo y Tamaño

El enrutamiento es crucial para distribuir cableado de forma segura por la planta/sitio, y para protegerlo de amenazas físicas que puedan afectar o dañarlo. El estándar TIA-1005, *ODVA Media Planning and Installation manual*, y los recursos TIA dan recomendaciones sobre el tema, incluyendo el espacio de cable y guías de instalación para minimizar riesgos ambientales. Hay varias opciones para enrutar cables que simplifican el despliegue usando las mejores prácticas para varios entornos por la planta. La Figura 5-1 describe algunas de las opciones.

Figura 5-1 Opciones de Enrutamiento

Installation Consideration	J-Hook	Wire Basket 	FiberRunner®
Cable Protection Environment	Mild	Moderate	Moderate to harsh
Cable Density	Light to medium	Medium to heavy	Light to heavy
Applicable in Constrained Spaces	Yes	No	No
Installation Complexity	Simple	Moderate	Moderate to strong
Ease of Moves, Adds, Changes	Simple	Moderate	Moderate

387980

La opción más simple y barata son los *J-Hooks;* pueden montarse en muros, vigas y otras superficies. El gancho sostiene el cable en su sitio y se asegura con cintillos. Se mantiene el control de radio de curvatura al bajar del soporte. Deben usarse con cables rígidos, para una

curvatura aceptable entre ganchos y funcionan con mazos pequeños. El cable estándar de fibra de distribución no es apto para *J-Hooks* a menos que se use con tubo corrugado.

Al enrutar mazos grandes, o varios, una bandeja puede instalarse de forma elevada para formar una vía sólida y continua. Como el cable queda expuesto al entorno, los forros deben especificarse para el mismo. El material de la bandeja también debe soportarlo. Una bandeja cerrada, como las que se usan con cable de fibra, brinda una gran protección en densidades altas y bajas de cable. Para la mayor protección con pocos cables, se prefieren conductos. Debe procurarse mantener un radio de curvatura ideal y soporte lineal para evitar que cuelgue.

Diseñar para Alta Disponibilidad

Organización de Cables

La organización de cables es crucial para un sistema de alto desempeño, disponibilidad y confiabilidad. Un sistema de organización de cable resiliente es crucial para los MACs (por ejemplo, la identificación y códigos de color) para verificar que se tome la acción correcta y ayudar a resolver problemas. También debe protegerse el cableado de curvas abruptas, dobleces, aflojamiento, roces, aplastamiento y más. Un sistema de organización sólido debe diseñarse en torno a estos elementos:

• Control de Radio de Curvatura

• Enrutamiento y Protección del Cable

Control de Radio de Curvatura

Al organizar cable de fibra, es importante tener un radio de curvatura igual o mayor al mínimo especificado para prevenir un doblez excesivo, que podría causar daño físico al cable. Dos consideraciones para controlar el radio de curvatura son:

• **Dinámico:** Al doblar los cables (sobre todo durante la instalación)

• **Estático:** Cuando el cable está en su lugar

Los fabricantes de cable de fibra especifican ambos radios; el radio dinámico puede ser hasta 20 veces el Diámetro Exterior del Cable (*Outer Diameter*, OD) y el estático suele ser de 10 veces el OD. Aunque las fibras son muy delicadas y de vidrio, la fibra es duradera y puede soportar algo de flexión. Sin embargo, esto puede causar deformidad en la fibra, ocasionando la pérdida de señal con el tiempo (micro-doblez). Por eso, el radio más estricto es el dinámico. Otro riesgo para un cable terminado y validado es la atenuación por curvatura excesiva (estática).Esto es, el doblez permite que la luz escape del vidrio, reduciendo la fuerza de la señal (macro-doblez).

Como el radio de curvatura se basa en el OD, el radio mínimo de curvatura para la aplicación puede variar. Por ejemplo, un cable de parcheo de fibra tiene un radio de curvatura estático de 1.1", mientras que uno de distribución de 12 fibras tiene un radio de 2.4". Este radio deben mantenerlo los *spools*, clips, aletas, productos y el enrollado correcto. En un gabinete o rack de servidores o *switches* de 19", pueden instalarse accesorios para enrutar la fibra horizontal o verticalmente. Los gabinetes de fibra usados en Centros de Datos suelen tener *spools* integrados. Además, clips con respaldo adhesivo aseguran el cable y brindan alivio de tensión.

Enrutamiento y Protección del Cableado

A menudo, el cable de fibra se enruta en conductos para protegerlo. Aunque estos son una buena protección, se diseñaron para cableado de alimentación y tienen accesorios, cajas de conexión y más en que la fibra puede doblarse menos del radio mínimo de curvatura. Enrutamientos como las bandejas de malla o los *J-hooks* pueden causar que la fibra se cuelgue o se doble, atenuando la señal, especialmente en cableado estándar de distribución no blindado.

Por lo tanto, el cable debe estar apoyado y las curvas deben controlarse. Colgar cable de distribución sin protección en *J-Hooks* o colocarlo en una bandeja abierta con cuadrículas puede causar que se cuelgue menos del radio mínimo de curvatura. Para evitar este riesgo, el cableado de fibra puede jalarse a través de tubos corrugados, que le dan rigidez y soporte. Normalmente,

la fibra con blindaje ensamblable o DCF no tiene esos problemas porque el blindaje da soporte y restringe el radio de curvatura.

Para proteger cableado al enrutarlo en paneles de control, debe colocarse con cuidado en ductos o tubos para que no se enrede o pellizque, manteniendo el radio de curvatura ideal. Pueden usarse clips con respaldo adhesivo para sostenerla en su sitio fuera de los ductos en el panel.

Protección y Respaldo Energéticos Inteligentes y Confiables

Para mejorar la disponibilidad y reducir el tiempo de inactividad no programado, se suelen implementan sistemas de Alimentación Ininterrumpida (UPS), que protegen los datos y los equipos de TI críticos. Los sistemas de energía inteligentes líderes de su clase son confiables, suministran energía de forma eficiente, tienen acceso seguro y son manejables. Estas soluciones soportan varias aplicaciones, desde Centros de Datos y entornos empresariales a equipos *Edge* de apoyo de TI, incluso en ambientes de planta.

La UPS SmartZone, imagen abajo, brinda un desempeño eléctrico excelente, gestión inteligente de la batería, monitoreo inteligente mejorado, funciones de red seguras y una larga vida útil, en las unidades de litio. Además, cumplen con los estándares ENERGY STAR 2.0, EMC y de seguridad. La capacidad de salida puede ser de 1/2/3kVA, 5/6/10kVA o 10/15/20kVA, con baterías de plomo/ácido (VLRA) o de Ion de Litio.

Estas soluciones UPS pueden usar junto al *software* SmartZone Cloud, que combina monitoreo energético y ambiental junto con acceso a gabinetes, seguimiento de activos y gestión de conectividad.

Figura 5-2 Ejemplo de UPS Inteligente– UPS SmartZone

Compatibilidad y Desempeño de la Red

Selección de Medios de Cable

Según la construcción del cable, hay muchas consideraciones para elegir le medio del cableado, como el alcance, características industriales, vida útil, mantenimiento, compatibilidad, escalabilidad, desempeño y confiabilidad. Vea la siguiente tabla.

Figura 5-3 Características para Selección de Medios de Cable

Parameter	Copper Cable	Multimode Fiber	Single-mode Fiber
Reach (maximum)	100 m 1,000 m (SPE)	2,000 m (1 Gbps) 400 m (10 Gbps)	70 km (1 Gbps) 10 km (10 Gbps)
Noise Mitigation Option	Foil shielding	Noise immune*	Noise immune*
Data Rate (Industrial)	10 Mbps (SPE) 100 Mbps (Cat 5e) 1 Gbps (Cat 6) 10 Gbps (Cat 6a)	1 Gbps 10 Gbps	1 Gbps 10 Gbps
Cable Bundles	Typically small (SPE) Large	Small	Small
Power over Ethernet (PoE) capable	Yes	Yes, with media conversion	Yes, with media conversion

388023

*Fiber-optic media is inherently noise immune; however, optical transceivers can be susceptible to electrical noise.

Consideraciones de Fibra y Cobre

Al tomar decisiones sobre los medios de cable, la mayor preocupación es el alcance. A menudo, si el alcance requerido excede los 100 m (328 pies), entonces la elección es cable de fibra. El cable Ethernet de cobre de 4 pares está limitado a una longitud de enlace de 100 m. Existe una nueva variante de Ethernet, *Single Pair Ethernet*, para aplicaciones de largo alcance. Según el estándar IEEE 802.3cg –2019, *Single Pair Ethernet* es capaz, con PHYs 10BASE-T1L, de transmitir a 10 Mbps en conductores balanceados de cobre a distancias de hasta 1000 metros. *Single Pair Ethernet* (SPE) es para aplicaciones difíciles al borde de la red. Su diseño pretende llevar Ethernet a aplicaciones soportando elecciones de medios y topologías comunes con métodos de *bus* de campo existentes.

Sin embargo, hay otras consideraciones para distancias inferiores a 100 m., como en el caso de EMI, donde se elige cable de fibra por su inmunidad inherente al ruido. Otra consideración es que los enlaces ascendentes a IES conectados con fibra convergen más rápido tras un corte de energía, reduciendo la duración de la caída de la red. En cuanto a tasas de datos, el cobre y la fibra son similares para las aplicaciones industriales típicas. No obstante, hay fibra óptica de más alto desempeño para redes de alta demanda.

En cuanto al desempeño, una consideración importante es la vida útil de la red. Por ejemplo, una red en que se instala cableado Cat 5e podría ser obsoleta en pocos años, sobre todo si transporta video. Si se esperan 10 o más años de servicio, cableado de una Categoría más rápida debería considerarse. Actualizar los equipos y *switches* de red en el futuro sólo aumentará la velocidad de los puertos.

Multimodo contra Monomodo

Hay dos tipos de fibra: monomodo y multimodo. Multimodo tiene varios grados de vidrio, desde OM1 hasta OM5. Monomodo tiene dos grados, OS1 y OS2. Al elegir cualquier fibra, debe considerarse primero el puerto de los dispositivos, que debe ser igual en ambos extremos (o sea, no se puede mezclar tipos de puertos). En general, el puerto define el tipo de fibra y el grado de vidrio. Si el puerto es SFP, hay flexibilidad para elegir transceptores compatibles el mejor de ellos para la aplicación. Además del medio, el número de fibras, la protección mecánica y el forro exterior deben considerarse. Vea el Capítulo 4 para información detallada sobre la selección de fibra.

Referencia de Clasificaciones de Flamabilidad del Cable

Las clasificaciones de flamabilidad deben considerarse al especificar la infraestructura de cableado para cumplir con los códigos locales. La siguiente guía ofrece la información necesaria para determinar qué clasificación es apropiada para usarse en diferentes entornos.

Cable Clasificación *Plenum* (OFNP)

Un cable de Fibra no conductor con clasificación *Plenum* (OFNP) significa que el cable ha pasado pruebas estrictas de quemado y puede instalarse en espacios *plenum*. Los cables OFNP tienen resistencia a la flama y producen poco humo. Pueden instalarse en ductos, *plenums*, y otros espacios usados para el flujo de aire del edificio. Esta es la clasificación de flamabilidad más alta para un cable y no pueden usarse otros tipos de cables como sustitutos.

Cable Clasificación *Plenum* (OFCP)

Un cable de Fibra conductor con clasificación *Plenum* (OFCP) es distinto de OFNP en que contiene elementos metálicos, normalmente blindaje, y, por tanto, conduce electricidad. En todos los demás aspectos, esta clasificación es igual que OFNP.

Cable Clasificación *Riser* (OFNR)

Un cable de Fibra no conductor con clasificación *Riser* (OFNR) suele requerirse cuando el cable viaja entre pisos a través de canales verticales. Los cables OFNR se usan en áreas *riser*, que son canales verticales o ductos que van de un piso a otro en un edificio. El cable OFNR no puede instalares en áreas *plenum* porque no tienen la misma clasificación de humo. Los cables OFNP *plenum* pueden sustituit a los cables OFNR *riser*.

Cable Clasificación *Riser* (OFCR)

Un cable de Fibra conductor con clasificación Riser (OFCR) es distinto de OFNR en que contiene elementos metálicos, como una capa de blindaje, y, por eso, conduce electricidad. En todos los demás aspectos, esta clasificación es igual que OFNR.

Bajo Humo, Cero Halógenos (LSZH)

Una clasificación de Bajo Humo, Cero Halógenos (LSZH) a menudo se conoce como cable de baja toxicidad. Al quemarse, los cables de PVC producen una nube de humo tóxico que contiene componentes corrosivos como el ácido clorhídrico. Los cables LSZH no contienen los compuestos halógenos que forman estas sustancias tóxicas. El humo que emiten al quemarse no produce los gases mencionados antes. La clasificación LSZH se expresa como OFN-LS o OFNR-LS si el cable también cumple los requerimientos de un cable OFNR.

Unión y Puesta a Tierra

Es esencial que energía robusta y limpia se suministre a las Operaciones de Sitio de Nivel 3 para mantener la IACS operando sin fallos en comunicaciones o el desempeño de los equipos. La alimentación suele incluir una UPS y una o más *Power Outlet Units* (POUs) para distribuir la energía a los activos de TI. Los voltajes de los POU pueden ser de 100V a 125V o 220V a 250V según la región del mundo, con corrientes que van de 15 amp a 30 amp. Los conectores pueden ser de hoja recta o bloqueo de giro. Configuraciones de IEC populares son C13 a C14 y C19 a C20. Además, los POUs pueden tener características inteligentes como monitoreo ambiental y energético que ayudan en diagnósticos y reparaciones.

La puesta a tierra de las Operaciones de Sitio de Nivel 3 es crucial para optimizar el desempeño de todo el equipo ubicado en el Nivel, reduciendo el tiempo de inactividad por fallas en equipos y el riesgo de pérdida de datos. La unión y puesta a tierra adecuadas mejoran bastante la tasa de errores de bits en aplicaciones empresariales y centros de datos. Dado el mayor potencial de EMI en aplicaciones industriales, la mejora puede ser más significativa. Además, los componentes lógicos de Cisco y Rockwell Automation requieren buenas prácticas de puesta a tierra para conservar la garantía. El uso de un camino a tierra único de baja impedancia se logra comúnmente usando un barraje.

Conectar las Operaciones de Sitio de Nivel 3 al barraje requiere de varios pasos: Primero, una banda trenzada de tierra une el *rack* o gabinete a la red de tierra del edificio. Segundo, cables de tierra conectan los equipos a la estructura del gabinete. Por último, tornillos que perforan la pintura y rondanas logran una conexión directa metal-con-metal en las Operaciones de Sitio de Nivel 3. Sin un esfuerzo claro y deliberado que confirme la puesta a tierra, pueden formarse bucles de tierra que resulten en pérdida de datos y fallos en el desempeño de los equipos.

Seguridad

La seguridad física y lógica debe analizarse a fondo al diseñar las Operaciones de Sitio de Nivel 3. Medidas de seguridad física, como un centro de datos y sala de control cerrados, y acceso con tarjeta a los gabinetes ayuda a restringir el acceso y prevenir daño involuntario o malicioso al equipo y la conectividad, ayudando a cumplir metas de servicio. Medidas básicas como etiquetas, códigos de color y *jacks* de bloqueo pueden prevenir canales cruzados o la remoción accidental de enlaces activos. Los conectores de bloqueo aseguran las conexiones a *switches* o el parcheo para controlar quién puede hacer cambios y evitar la desconexión accidental.

Para más información, vea *Securely Traversing IACS Data Across the Industrial Demilitarized Zone Design and Implementation Guide* en el siguiente URL:

https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td009_-en-p.pdf

Inalámbricos

El acceso inalámbrico seguro en entornos Industriales es cada vez más necesario. Algunas consideraciones para tareas a realizarse inalámbricamente y una noción del crecimiento son necesarias para la planeación y el diseño. Dos aplicaciones principales son inalámbricas hoy: la movilidad y la comunicación WGB.

LA movilidad ayuda a los trabajadores del conocimiento y los trabajadores ocasionales acceder a los datos de forma segura para tomar decisiones prontas y precisas, aumentando su efectividad y productividad general. Por eso, los diseños de movilidad deben dar suficiente cobertura para permitir el acceso necesario. Además, trabajadores del conocimiento como ingenieros y técnicos empleados por la compañía necesitan acceso no sólo a Internet sino a los recursos de la red interna. Los trabajadores ocasionales, como contratistas y personal de reparaciones suelen habilitar comunicaciones entre máquinas. A menudo, éstas son dinámicas (por ejemplo, se mueven por la instalación) y necesita reestablecerse la comunicación inalámbrica con la red en su sitio rápidamente. La red inalámbrica WGB hace un excelente trabajo en estos casos.

Para más información, vea *Deploying802.11 Wireless LAN Technology within a Converged Plantwide Ethernet Architecture Design and Implementation Guide* en las siguientes URLs:

http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/NovCVD/CPwE_WLAN_CVD.html

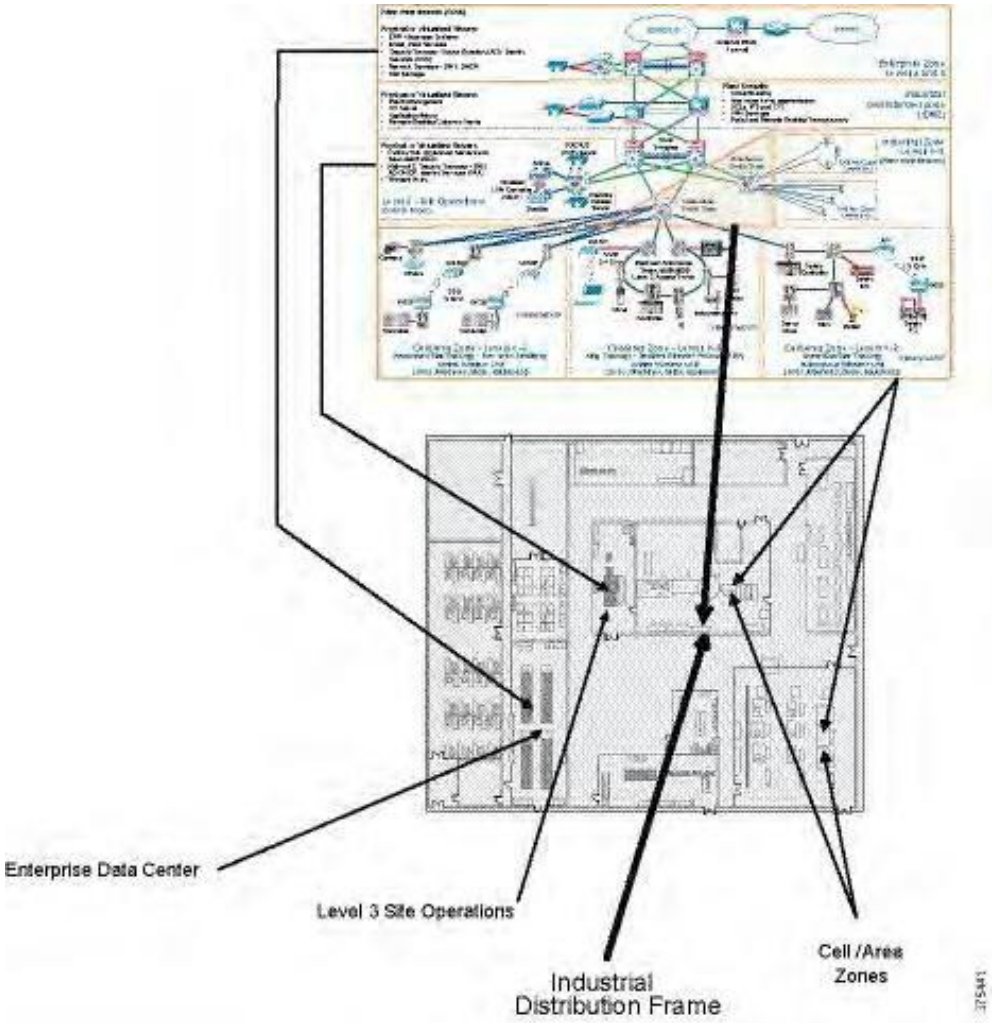
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td006_-en-p.pdf

Consideraciones del Diseño de la Red Física

De Lógico a Físico de Forma Simple

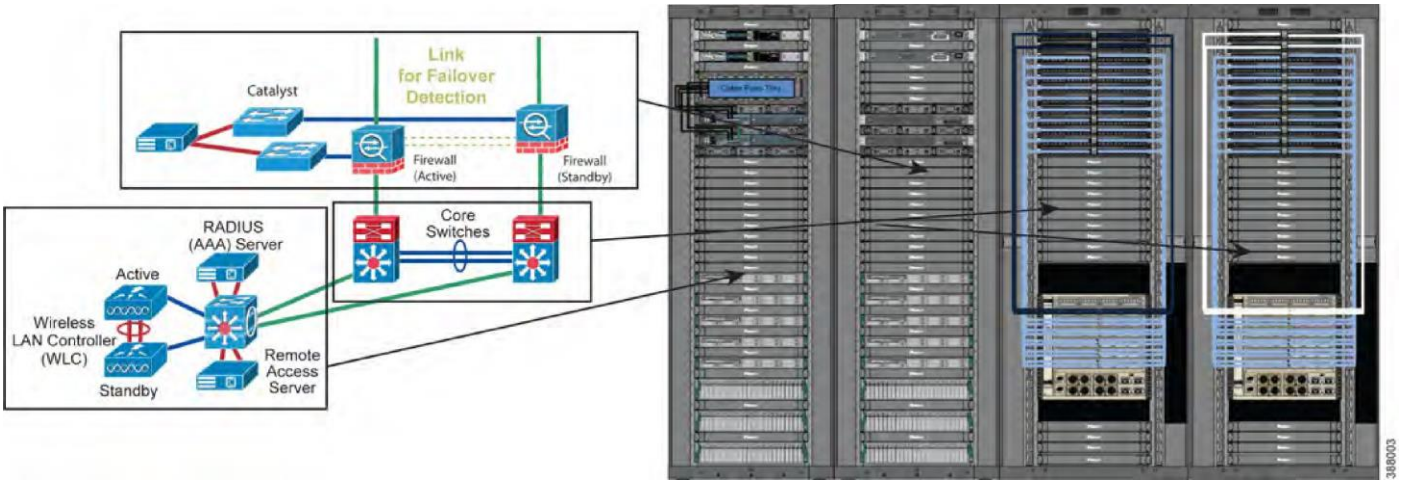
La siguiente figura representa una distribución potencial de una planta/sitio con espacio de oficinas. La arquitectura lógica CPwE (arriba) se mapea a las ubicaciones que los diferentes niveles de operación pueden potencialmente ubicarse dentro de la planta/sitio.

Figura 5-4 CPwE en Planta/Sitio: De Lógico a Físico



Operaciones de Sitio de Nivel 3—Despliegues a Gran Escala

Figura 5-5 Despliegue Lógico a Físico en Operaciones de Sitio de Nivel 3



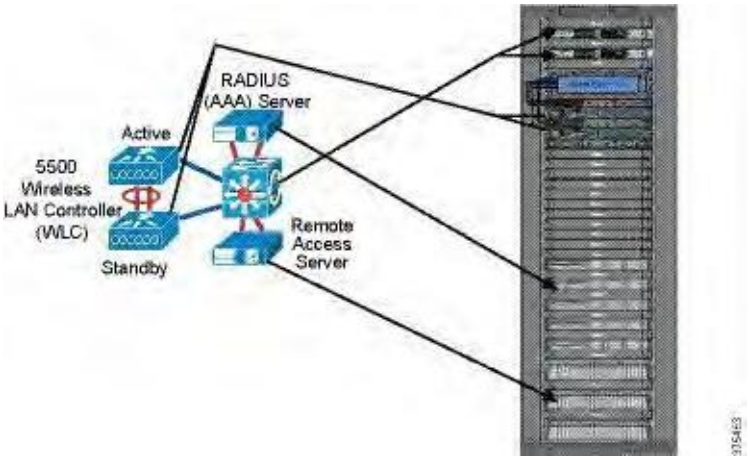
Las Operaciones de Sitio de Nivel 3 funcionan diferente en diversos entornos y diseños, pero en general albergan la red que conecta la planta/sitio a la empresa y las aplicaciones que habilitan la operación eficiente. La distribución descrita en la Figura 5-5 demuestra un gran despliegue industrial. Este despliegue puede ser más grande que lo que la mayoría de las plantas/sitios

requieren, pero demuestra cómo se desplegaría la infraestructura de las Operaciones de Sitio de Nivel 3 si se necesitara esta escala. El núcleo de la red usa dos Cisco Catalyst 9000 con una red de distribución completa de fibra. Este despliegue utiliza servidores virtuales para brindar un cómputo eficiente y resiliente a la planta/sitio y más allá. Cuatro gabinetes distintos albergan los equipos para tres diferentes áreas de la arquitectura CPwE: Operaciones de Sitio de Nivel 3 o IDC, IDMZ y Gabinetes de *Switcheo* Central. Cada gabinete se detalla más adelante.

Gabinetes IDC

Los Gabinetes IDC (vea la siguiente figura) albergan *switches* Catalyst 9300 que dan acceso a WLC y los servidores virtuales que brindan varios servicios y aplicaciones a la planta/sitio.

Figura 5-6 Despliegue Lógico a Físico del Gabinete IDC

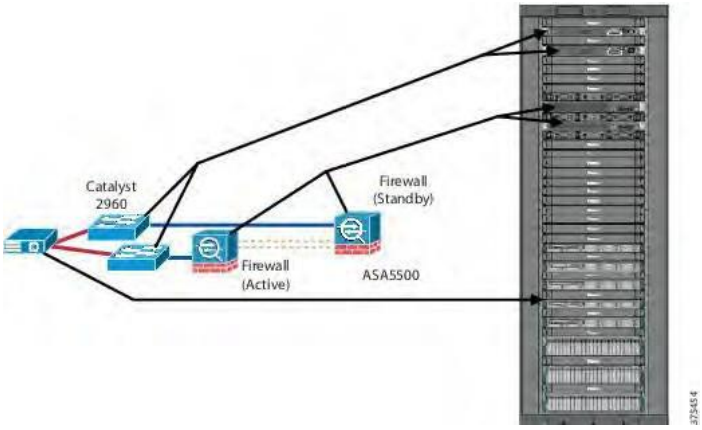


Dentro del gabinete, los servidores se ubican al fondo del gabinete y los *switches* están cerca de la parte superior. Los servidores son las piezas de equipo más pesadas en el gabinete y se colocan al fondo para crear el centro de gravedad más bajo posible. Esto ayuda a evitar que el gabinete se voltee y lo hace más estable en caso de que deba moverse. Los *switches* Catalyst 9300 se colocan arriba en el gabinete para permitir conexiones fáciles a los *switches* Catalyst 6800. Los *switches* Catalyst 9300 usan flujo de aire de atrás a adelante, lo que significa que el lado de los puertos del *switch* va hacia el pasillo caliente. Los WLCs de Cisco se colocan unos RU bajo los *switches* Catalyst 9300. Los WLCs de Cisco tienen los puertos en el lado frontal y ocupan flujo de aire del frente a atrás. Esto implica que para conectarse a los *switches* Catalyst 9300, que tienen los puertos atrás, se requiere pasar un cable. Los servidores tienen sus puertos de red en el pasillo caliente (la parte de atrás), lo que permite conectarlos fácilmente a los *switches* Catalyst 9300.

Gabinete IDMZ

El gabinete IDMZ (vea la siguiente figura) alberga el equipo que separa lógicamente la empresa de la planta/sitio.

Figura 5-7 Despliegue Lógico a Físico de Gabinete IDMZ



El gabinete IDMZ tiene dos *switches* Cisco Catalyst 9200, dos (activo/en espera) *firewalls* Cisco y varios servidores virtuales que albergan aplicaciones y *software*, que deben residir en la IDMZ. Los servidores son las piezas de equipo más pesadas en el gabinete y se colocan al fondo para tener el centro de gravedad más bajo posible. Esto ayuda a prevenir que el gabinete se volteé y lo hace más estable en caso de requerir mover la unidad. Los *switches* Catalyst 2960 se colocan en la parte superior para facilitar su conexión a los *switches* Catalyst 9500. El equipo tiene los puertos de red en la parte posterior (pasillo caliente) para facilitar las conexiones entre los equipos.

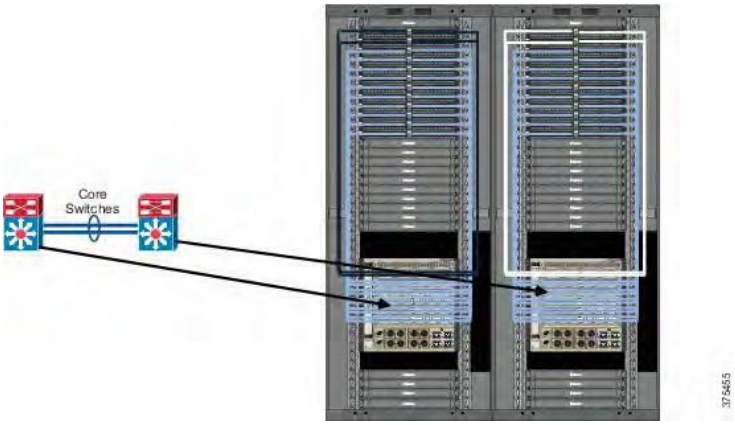
Gabinetes de Servidor

Los Gabinetes de Servidor ofrecen varias características que mejoran la gestión térmica y del cableado y deben usarse al desplegar servidores, como la serie C de UCS Cisco. El sello hermético del gabinete y su integración con los componentes pasivos de los pasillos de aire frío y caliente impulsan el uso eficiente de la capacidad de enfriamiento y reducen el consumo energético para este propósito. Los sistemas modulares de organización de cable disponibles en estos gabinetes simplifican la organización de cables con el correcto radio de curvatura. Las características inteligentes permiten acceso a información ambiental, energética y de seguridad.

Gabinetes de *Switcheo* Central

Los gabinetes de *switcheo* central (en la siguiente figura) albergan los *switches* redundantes Cisco Catalyst 9500 que sirven como *switches* centrales de la planta/sitio y puerta de enlace entre la planta/sitio y la red empresarial.

Figura 5-8 Despliegue Lógico a Físico de Gabinetes de *Switcheo* Central



Gabinetes de Red

Los Gabinetes de Red ofrecen varias características que mejoran la gestión térmica y de cable y deben usarse al desplegar *switches* de chasís grande, como el Cisco Catalyst 9500. Un diseño de marco insertado maneja eficientemente grandes cantidades de cables y deja espacio para acceso y mantenimiento. El sello hermético y la integración con los componentes pasivos de

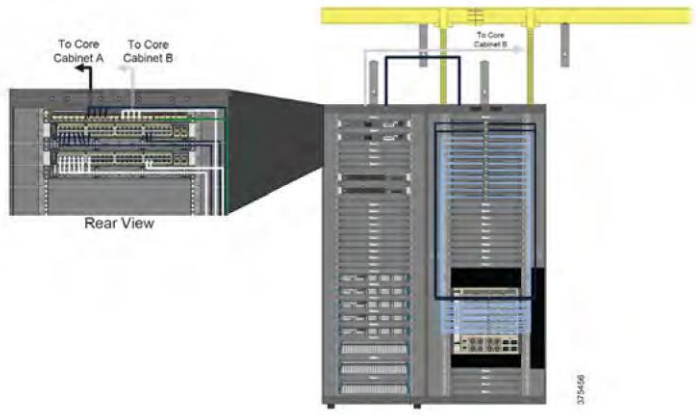
pasillo frío y caliente impulsan el uso eficiente de la capacidad de enfriamiento y reducen el consumo energético para este fin. Las puertas de doble bisagra reducen el tiempo necesario para MACs. Los sistemas modulares de organización de cable disponibles en los gabinetes de red simplifican la organización de cables con un control adecuado del radio de curvatura.

De Lógico a Físico de Forma Simple

Del Gabinete IDMZ a los Gabinetes de *Switcheo* Central

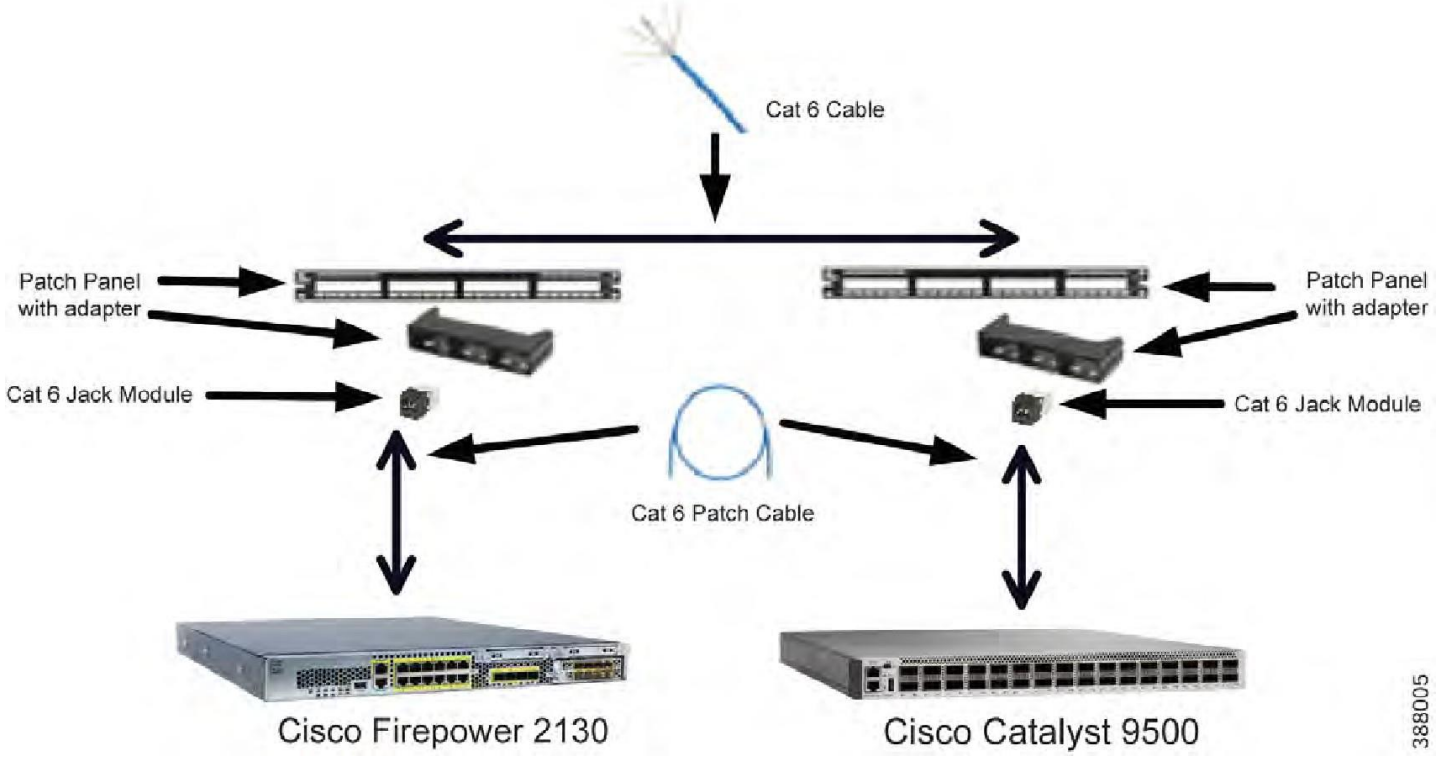
Las conexiones de IDMZ a los *Switches* Centrales en las siguientes figuras pueden ser de cobre o fibra, dependiendo del modelo de *firewall* y la tarjeta de línea en el *switch* Catalyst.

Figura 5-9 Despliegue Físico a Físico del Gabinete IDMZ a los Gabinetes de *Switcheo* Central



En la figura de arriba y en la siguiente, se conecta el *firewall* Cisco con el *switch* Cisco Catalyst 9500 con cobre. Empezando en el *firewall*, un extremo del cable de parcheo Cat 6A va al Puerto del *firewall*, y el otro lado va al módulo *jack* albergado en el adaptador, que se conecta al panel de parcheo. En la parte trasera del módulo *jack* se conecta el cable horizontal Cat 6A que va al gabinete de *switcheo* central. Cuando el cable horizontal Cat 6A llega al gabinete del Catalyst, se conecta a la parte trasera del módulo *jack*. En la parte frontal, un cable de parcheo Cat 6A lo conecta al puerto RJ45 en la tarjeta de línea del Catalyst 9500 de Cisco.

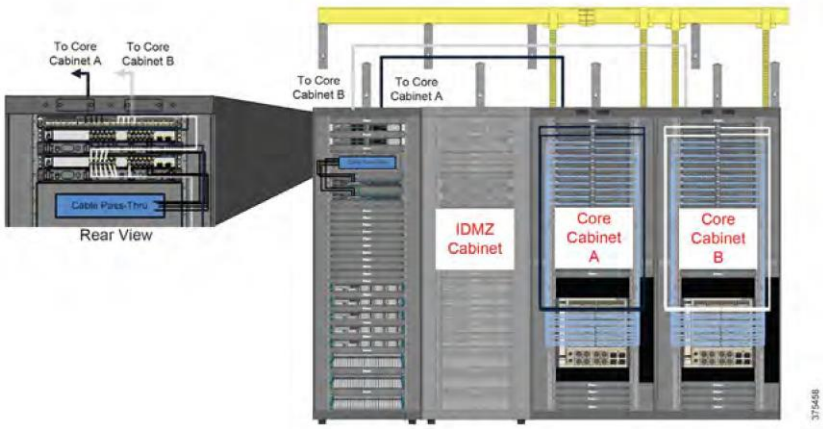
Figura 5-10 Línea Única del *Firewall* Cisco al *Switch* Catalyst 9500



Gabinete IDC a Gabinetes de *Switcheo* Central

Las conexiones del Gabinete IDC a los Gabinetes Centrales que se ven en las siguientes figuras también pueden ser de cobre o fibra según el modelo de *switch* en el gabinete IDC y la tarjeta de línea usada en el *switch* Catalyst.

Figura 5-11 Despliegue Físico a Físico del Gabinete IDC a los Gabinetes de *Switcheo* Central



En este escenario, el *switch* Catalyst 9300 de Cisco y el *switch* Catalyst 9500 de Cisco se conectan con cobre. Empezando del *switch* Catalyst 9300, un lado del cable de parcheo Cat 6A va al puerto RJ45 en el *switch* Catalyst 9500 y el otro al módulo *jack* que está en el adaptador, y éste se conecta al panel de parcheo. En la parte trasera del módulo jack, se conecta el cable horizontal Cat 6A que va al gabinete del Catalyst. Cuando alcanza el gabinete, se conecta a la parte trasera del módulo *jack*. En la parte frontal, un cable de parcheo Cat 6A lo conecta al puerto RJ45 en la tarjeta de línea del Catalyst 9500 de Cisco.

Figura 5-12 Despliegue Físico a Físico del Gabinete IDC a los Gabinetes de *Switcheo* Central

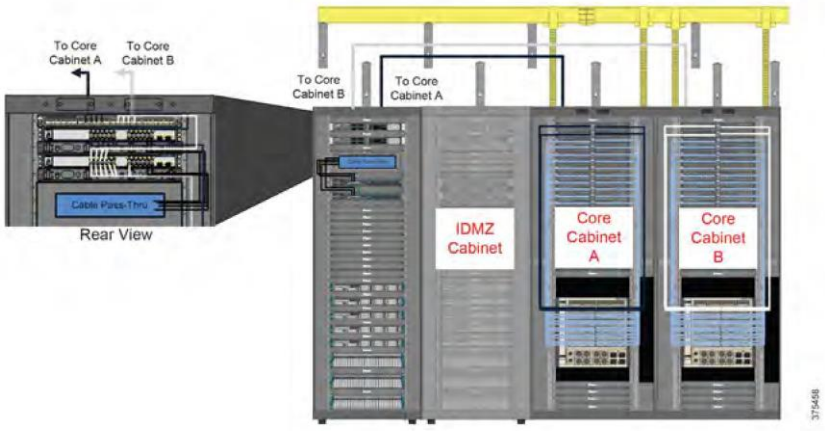
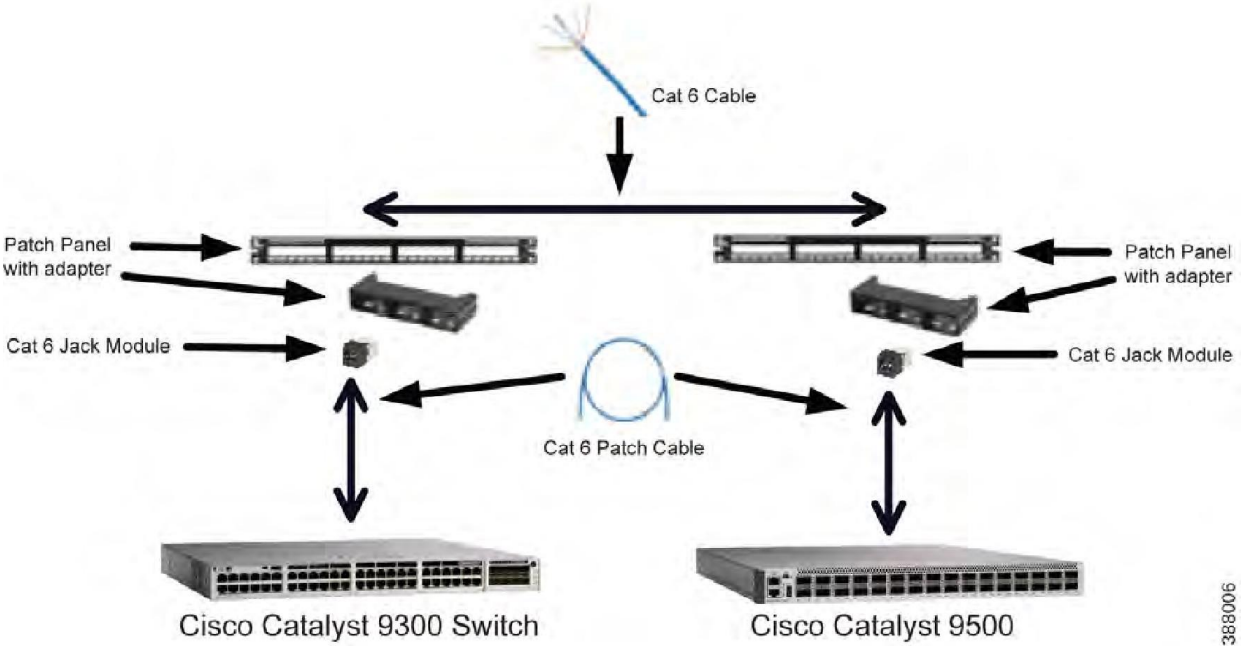


Figura 5-13 Línea Única del *Switch* Catalyst 9300 al *Switch* Catalyst 9500

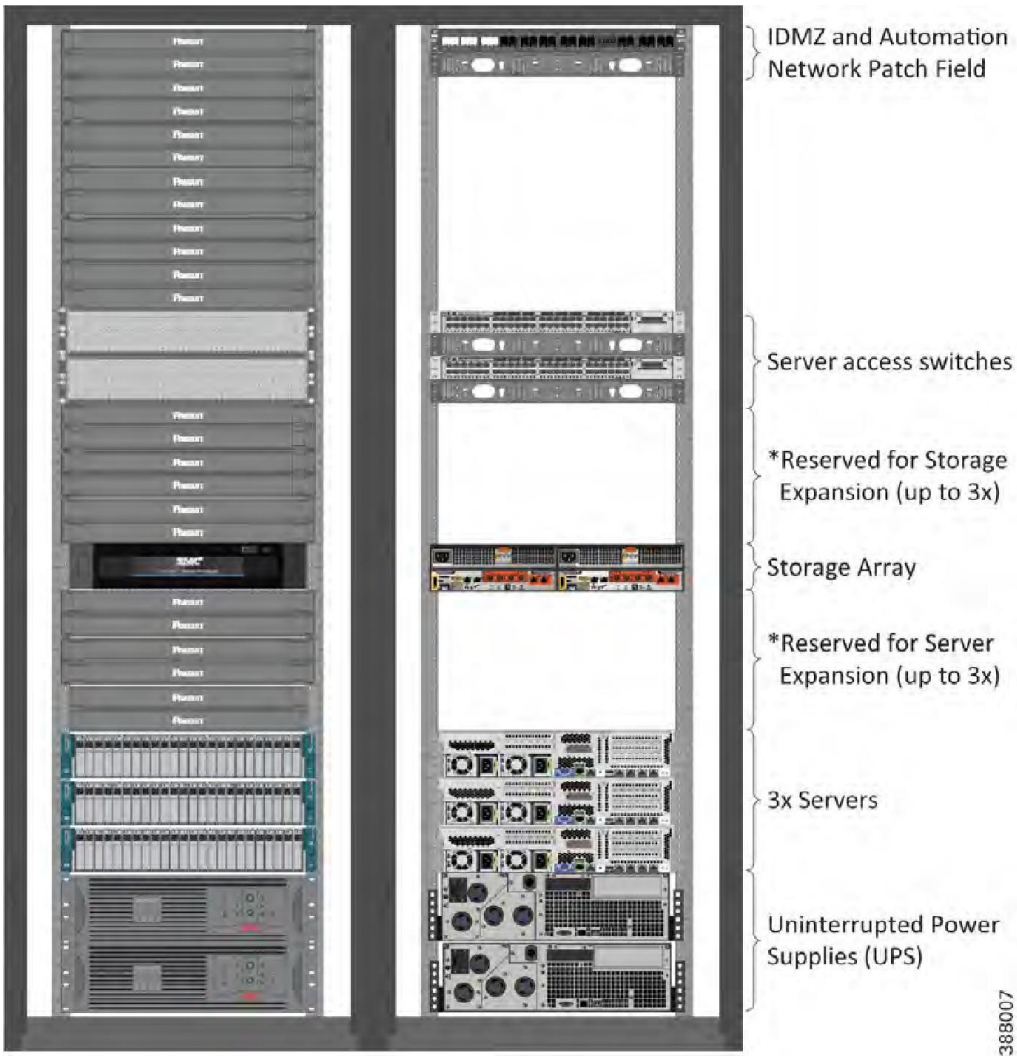


Operaciones de Sitio de Nivel 3—El Centro de Datos Industrial de Rockwell Automation

El IDC de Rockwell Automation (ver la figura siguiente) puede ayudar a su negocio a alcanzar los ahorros en costos de la virtualización en un ambiente de producción a través de una oferta de infraestructura escalable y preconfigurada. El *hardware* necesario para ejecutar múltiples sistemas operativos y múltiples aplicaciones fuera de los servidores virtuales se incluye en el costo. Colaboradores líderes de la industria, incluyendo a Cisco, Panduit, Dell/EMC y VMware, trabajan con Rockwell Automation para ayudar a su negocio a alcanzar los beneficios de la virtualización a través de esta opción integral.

Como una solución preconfigurada, el IDC de Rockwell Automation se diseñó para facilitar la transición a un entorno virtualizado para su negocio ahorrando tiempo y dinero; no necesita ordenar 5 piezas de equipo diferentes con 5 pedidos distintos, ni contratar a los profesionales correctos certificados para la instalación para empezar a operar. El IDC combina equipo de los líderes de la industria, preconfigurado específicamente para las industrias de la manufactura y la producción. Todo el equipo se envía ensamblado y un profesional de Rockwell Automation lo visitará en su sitio y encargará el sistema.

Figura 5-14 El Centro de Datos Industrial de Rockwell Automation—Distribución Física



Características y Beneficios:

• **Menor Costo de Propiedad:** Reduce la huella de servidores en su instalación y alcanza ahorros durante la vida útil de sus activos

- **Tiempo de Actividad Confiable**: Habilita una alta disponibilidad y resistencia a fallas

- **Diseñado para Su Industria:** Diseñado específicamente para usarse en entorno de producción y manufactura

- **Fácil de Ordenar y Encargar:** Una solución prearmada que incluye el servicio de configuración. No necesita hacer múltiples pedidos de equipos

- **Un Número para Soporte Técnico:** Como incluye soporte TechConnect™, sólo necesita llamar a un número. Niveles de soporte adicionales incluyen soporte 24x7 y monitoreo remoto

Lista de Materiales Panduit

La siguiente tabla es una lista de materiales de Panduit ejemplo con las mejores soluciones de su clase para infraestructura física en las Operaciones de Sitio de Nivel 3.

Figura 5-15 Lista de Materiales de Ejemplo

Part Number	Description
N8222B	Net-Access™ N-Type Cabinets - Network Cabinet, 800mm, 42RU, 1200M Depth, Black
MDC79	Pre-configured Micro Data Center, 42U, Two Side Panels, Network Cabling, Patch Panels, Cable Management, Grounding, and Casters; Net-Access S-Type Cabinet - Server Cabinet, 700mm, 42RU, 1200M Depth, Black
UPS	
U03N11V	SMARTZONE UPS, 3kVA, 2U, 120V, VRLA, Single Phase, Double-Conversion On-Line Power Protection with Intelligent Network Card & Rail Kit
Patch Panels	
QPP24BL	QuickNet™ Patch Panel
TLBP1S-V	1RU Tool-less Cage Nut Blanking Panel
QPPABL	MiniCom® Patch Panel Adapter
CJ6X88TGBL	Cat6A RJ45 MiniCom® Jack, Black
Cable	
UTP28X7	Cat6A 28 AWG UTP Patch Cord - 7 ft, Off White
UTP28X7BU	Cat6A 28 AWG UTP Patch Cord - 7 ft, Blue
FZE10-10M2	OM4 LC-LC Duplex Fiber Patch Cable - 2M
Cable Management	
CMPHHF1	RU D-ring Cable Manager
Pathways	
Various	Wire Basket Overhead Cable Tray Routing System
Various	FiberRunner® - Fiber Cable Routing System

388024

APÉNDICE A

Referencias

Este apéndice incluye los siguientes tópicos principales:

- Ethernet Convergente en la Planta (CPwE), Página A-1
- Arquitectura de *Switches* Centrales, Página A-3
- *Switches* de Distribución, Página A-4
- *Switches* de Nivel de Acceso, Página A-4

Ethernet Convergente en la Planta (CPwE)

- Zona de Diseño para Ethernet Convergente en Planta de Manufactura
  http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise/design-zone-manufacturing/landing_ettf.html
- Arquitectura de Red Industrial- Ethernet Convergente en la Planta
  https://www.rockwellautomation.com/en-us/capabilities/industrial-networks/network-architectures.htm l
- Guía de Implementación y Diseño CPwE *(Converged Plantwide Ethernet Design and Implementation Guide):*
  - Sitio de Rockwell Automation:
    http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td001_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco:
    http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/CPwE_DIG.html
- *Deploying 802.11 Wireless LAN Technology within a Converged Plantwide Ethernet Architecture:*
  - Sitio de Rockwell Automation:
    http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td006_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco:
    http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/NovCVD/CPwE_WLAN_CVD.h tml
- *Deploying Network Address Translation within a Converged Plantwide Ethernet Architecture:*
  - Sitio de Rockwell Automation:
    http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td007_-en-p.pdf

  - Sitio de Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/3-5-1/NAT/DIG/CPwE_NAT_CVD.html

- *OEM Networking within a Converged Plantwide Ethernet Architecture*:
  - Sitio de Rockwell Automation: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td018_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/5-1/OEM/WP/CPwE-5-1-OEM-WP/CPwE-5-1-OEM-WP.html
- *Deploying Identity Services within a Converged Plantwide Ethernet Architecture*:
  - Sitio de Rockwell Automation: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td008_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/3-5-1/ISE/DIG/CPwE_ISE_CVD.html
- *Securely Traversing IACS Data Across the Industrial Demilitarized Zone*:
  - Sitio de Rockwell Automation: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td009_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/3-5-1/IDMZ/DIG/CPwE_IDMZ_CVD.html
- *Cloud Connectivity to a Converged Plantwide Ethernet Architecture*:
  - Sitio de Rockwell Automation: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td017_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/5-1/Cloud/DIG/CPwE_Cloud_Connect_CVD.html
- *Deploying Network Security within a Converged Plantwide Ethernet Architecture*:
  - Sitio de Rockwell Automation: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td019_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/5-1/Network_Security/DIG/CPwE-5-1-NetworkSecurity-DIG.html
- *Deploying CIP Security within a Converged Plantwide Ethernet Architecture*:
  - Sitio de Rockwell Automation: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td022_-en-p.pdf

  - Sitio de Cisco: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/5-1/CIP_Security/DIG/CPwE_CIPSec_CVD.html
- *Deploying Scalable Time Distribution within a Converged Plantwide Ethernet Architecture*:
  - Sitio de Rockwell Automation: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td016_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/5-1/STD/DIG/CPwE-5-1-STD-DIG.html
- *Deploying Parallel Redundancy Protocol within a Converged Plantwide Ethernet Architecture*:
  - Sitio de Rockwell Automation: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td021_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Verticals/CPwE/5-1/PRP/DIG/CPwE-5-1-PRP-DIG.html
- *Deploying Device Level Ring within a Converged Plantwide Ethernet Architecture*:
  - Sitio de Rockwell Automation: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td015_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise/design-zone-manufacturing/landing_ettf.html
- *Deploying A Resilient Converged Plantwide Ethernet Architecture*
  - Sitio de Rockwell Automation: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td010_-en-p.pdf
  - Sitio de Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise/design-zone-manufacturing/landing_ettf.html

Arquitectura de *Switches* Centrales

- *Virtual Switching Systems Release 15.1SY Supervisor Engine 2T Software Configuration Guide*:
  - http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst6500/ios/15-1SY/config_guide/sup2T/15_1_sy_swcg_2T/virtual_switching_systems.html
- *Virtual Switching Systems (Supervisor Engine 6T Software Configuration Guide, Release 15.3SY)*:
  - http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst6500/ios/15-3SY/config_guide/sup6T/15_3_sy_swcg_6T/virtual_switching_systems.pdf

Switches de Distribución

- Guías del *Switch Catalyst 9300* de Cisco:
  - https://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/catalyst-9300-series-switches/index.html
  - https://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/catalyst-9300-series-switches/products-installation-and-configuration-guides-list.html
- Guías del *Switch Catalyst 9500* de Cisco:
  - https://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/catalyst-9500-series-switches/index.html

  - https://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/catalyst-9500-series-switches/products-installation-and-configuration-guides-list.html
- Guía de Despliegue del *Switch Catalyst 3850* de Cisco:
  - http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-3850-series-switches/deployment_guide_c07-727067.html
- Guía de Configuración del *Software Industrial Ethernet 5000:*
  - http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/cisco_ie5000/software/release/15-2_2_eb/configuration/guide/scg-ie5000.html
- Manual del Usuario de los *Switches Stratix*:
  - http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1783-um007_-en-p.pdf

Switches de Nivel de Acceso

- Guía de Configuración del *Software Industrial Ethernet 4000*:
  - http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/cisco_ie4000/software/release/15-2_2_ea/configuration/guide/scg-ie4000.html
- Guía de Configuración del *Software Industrial Ethernet 2000*:
  - http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/cisco_ie2000/software/release/15_2_2_e/configuration/guide/scg-ie2000.html
- Manual del Usuario de los *Switches Stratix*:
  - http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1783-um007_-en-p.pdf

APÉNDICE B

Acrónimos y Siglas

La Tabla B-1 enlista los acrónimos y siglas usadas comúnmente en la documentación de CPwE.

Tabla B-1 Acrónimos y Siglas

Término	Descripción
1:1	One-to-One (Uno-a-uno)
AAA	Authentication, Authorization, and Accounting (Autenticación, Autorización y Contabilidad)
AD	Microsoft® Active Directory (Directorio Activo de Microsoft®)
AD CS	Active Directory Certificate Services (Servicios de Certificado del Directorio Activo)
AD DS	Active Directory Domain Services (Servicios de Dominio del Directorio Activo)
AES	Advanced Encryption Standard (Estándar de Encriptación Avanzada)
ACL	Access Control List (Lista de Control de Acceso)
AH	Authentication Header (Encabezado de Autenticación)
AIA	Authority Information Access (Acceso a Información de Autoridad)
AMP	Advanced Malware Protection (Protección Avanzada contra *Malware*)
ASDM	Cisco Adaptive Security Device Manager (Gerente de Seguridad de Dispositivos Adaptable de Cisco)
ASIC	Application Specific Integrated Circuit (Circuito Específico de Aplicación Integrado)
ASR	Cisco Aggregation Services Router (*Router* de Agregación de Servicios de Cisco)
BYOD	Bring Your Own Device (Usa tu Propio Dispositivo)
CA	Certificate Authority (Autoridad de Certificado)
CDP	CRL Distribution Points (Puntos de Distribución CRL)
CIP	ODVA, Inc. Common Industrial Protocol (Protocolo Común Industrial)
CLI	Command Line Interface (Interfaz de Línea de Comando)
CoA	Change of Authorization (Cambio de Autorización)
CoS	Class of Service (Clase de Servicio)
CPwE	Converged Plantwide Ethernet (Etherntet Convergente en la Planta)
CRD	Cisco Reference Design (Diseño de Referencia de Cisco)
CRL	Certificate Revocation List (Lista de Revocación de Certificado)
CSR	Certificate Signing Request (Petición de Firma de Certificado)
CSSM	Cisco Smart Software Manager (Gerente de *Software* Inteligente de Cisco)
CTL	Certificate Trust List (Lista de Confianza de Certificado)
CUR	Coarse Update Rate (Cadencia Gruesa de Actualización)
CVD	Cisco Validated Design (Diseño Validado de Cisco)

Tabla B-1 Acrónimos y Siglas (continuación)

Término	Descripción
DACL	Downloadable Access Control List (Lista Descargable de Control de Acceso)
DAN	Double Attached Node (Nodo de Doble Conexión)
DC	Domain Controller (Controlador de Dominio)
DCR	Direct Current Resistance (Resistencia de Corriente Directa)
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol (Protocolo de Configuración de *Host* Dinámico)
DIG	Design and Implementation Guide (Guía de Diseño e Implementación)
DLR	Device Level Ring (Anillo a Nivel de Dispositivo)
DMVPN	Dynamic Multipoint Virtual Private Network (Red Privada Virtual de Multipuntos Dinámicos)
DNS	Domain Name System (Sistema de Nombres de Dominio)
DPI	Deep Packet Inspection (Inspección Profunda de Paquetes)
DSRM	Directory Services Restoration Mode (Modo de Restauración del Directorio de Servicios)
EAP	Extensible Authentication Protocol (Protocolo de Autenticación Extensible)
EAP-TLS	Extensible Authentication Protocol-Transport Layer Security (-Seguridad en Nivel de Transporte)
EIGRP	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (Protocolo Mejorado de Enrutamiento de *Gateway* Interior)
EMI	Enterprise Manufacturing Intelligence (Inteligencia de Manufactura Empresarial)
EoIP	Ethernet over IP (Ethernet a través de IP)
ERP	Enterprise Resource Planning (Planeación de Recursos Empresariales)
ESP	Encapsulating Security Protocol (Protocolo de Seguridad de Encapsulamiento)
ESR	Embedded Services Router (*Router* de Servicios Integrados)
FIB	Forwarding Information Base (Base de Información Avanzada)
FIFO	First-In First-Out (Primero en entrar, primero en salir)
FPGA	Field-Programmable Gate Array (Matriz de Puertas Programable de Campo)
FQDN	Fully Qualified Domain Name (Nombre de Dominio Completo)
FVRF	Front-door Virtual Route Forwarding
GNSS	Global Navigation Satellite Systems (Sistemas de Satélites de Navegación Global)
GRE	Generic Routing Encapsulation (Encapsulación de Enrutamiento Genérico)
HMAC	Hash Message Authentication Code (Código de Autenticación de Mensaje *Hash*)
HMI	Human-Machine Interface (Interfaz Humano-Máquina)
HSRP	Hot Standby Router Protocol
IACS	Industrial Automation and Control System (Sistema de Automatización y Control Industrial)
ICS	Industrial Control System (Sistema de Control Industrial)
IDMZ	Industrial Demilitarized Zones (Zona Desmilitarizada Industrial)
IES	Industrial Ethernet Switch (Allen-Bradley Stratix, Cisco IE) (*Switch* de Ethernet Industrial)
IGMP	Internet Group Management Protocol (Protocolo de Administración de Grupos de Internet)
IIoT	Industrial Internet of Things (Internet Industrial de las Cosas)
IKE	Internet Key Exchange (Intercambio de Claves de Internet)
I/O	Input/Output (Entrada/Salida)
IoT	Internet of Things (Internet de las Cosas)
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
IPDT	IP Device Tracking (Rastreo de Dispositivo IP)
ISAKMP	Internet Security Association and Key Management Protocol (protocolo de gestión de claves y asocs. de seguridad de Internet)
ISP	Internet Service Provider (Proveedor de Servicio de Internet)
ISE	Cisco Identity Services Engine (Motor de Servicios de Indentidad de Cisco)
ISR	Integrated Service Router (*Router* de Servicio Integrado)
IT	Information Technology (Tecnologías Informáticas)

Tabla B-1 Acrónimos y Siglas (continuación)

Término	Descripción
LBS	Location Based Services (Servicios basados en la ubicación)
LWAP	Lightweight Access Point (Punto de Acceso Ligero)
MAC	Moves, Adds, and Changes (Movimientos, Adiciones y Cambios, como se usa en el contexto de esta guía)
MDM	Mobile Device Management (Gestión de Dispositivos Móviles)
ME	FactoryTalk View Machine Edition
mGRE	Multipoint Generic Routing Encapsulation (Encapsulación de Enrutamiento Genérico Multipunto)
MLS	Multilayer Switching QoS (*Switcheo* Multinivel)
MMC	Microsoft Management Console (Consola de Gestión de Microsoft)
MnT	Monitoring Node (Nodo de Monitoreo)
MPLS	Multiprotocol Label Switching (*Switcheo* por etiquetas multiprotocolo)
MQC	Modular QoS CLI
MSE	Mobile Service Engine (Motor de Servicios Móviles)
MSS	Maximum Segment Size (Tamaño Máximo de Segmento)
MTTR	Mean Time to Repair (Tiempo Medio de Reparación)
MTU	Maximum Transmission Unit (Unidad Máxima de Transmisión)
NAC	Network Access Control (Control de Acceso a la Red)
NAT	Network Address Translation (Traducción de Dirección de Red)
NDES	Network Device Enrollment Service (Servicio de Inscripción de Dispositivos de Red)
NHRP	Next Hop Routing Protocol (Protocolo de Enrutamiento de Siguiente Salto)
NOC	Network Operation Center (Centro de Operaciones de Red)
NPS	Microsoft Network Policy Server (Servidor de Directivas de Redes)
NSP	Native Supplicant Profile (Perfil Suplicante Nativo)
NTP	Network Time Protocol (Protocolo de Tiempo de Red)
OCSP	Online Certificate Status Protocol (Protocolo de Estado de Certificado en Línea)
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Efectividad General del Equipo)
OEM	Original Equipment Manufacturer (Equipo de Manufactura Original)
OT	Operational Technology (Tecnologías Operativas)
OTA	Over-the-Air (En-el-aire)
OU	Organizational Unit (Unidad Organizacional)
PAC	Programmable Automation Controller (Controlador Programable de Automatización)
PAN	Policy Administration Node (Nodo de Administración de Políticas)
PAT	Port Address Translation (Traducción de Dirección de Puerto)
PCS	Process Control System (Sistema de Control de Procesos)
PEAP	Protected Extensible Authentication Protocol (Protocolo de Autenticación Extensible Protegida)
PKI	Public Key Infrastructure (Infraestructura Pública Clave)
PoDL	Power over Data Line (IEEE 802.3bu, SPE powering) (Alimentación en Línea de Datos)
pps	Packet per second (Paquetes por Segundo)
PRP	Parallel Redundancy Protocol (Protocolo de Redundancia Paralela)
PSK	Pre-Shared Key (Clave Pre-compartida)
PSN	Policy Service Node (Nodo de Servicio de Políticas)
PTP	Precision Time Protocol (Protocolo de Tiempo de Precisión)
QoS	Quality of Service (Calidad de Servicio)
RA	Registration Authority (Autoridad de Registro)
RADIUS	Remote Authentication Dial-In User Service (Servicio de Autenticación Remota de llamda de Usuario)

Tabla B-1 Acrónimos y Siglas (continuación)

Término	Descripción
RAS	Remote Access Server (Servidor de Acceso Remoto)
RD	Route Descriptor (Descriptor de Ruta)
RDG	Remote Desktop Gateway (Puerta de Acceso de Escritorio Remoto)
RDP	Remote Desktop Protocol (Protocolo de Escritorio Remoto)
RDS	Remote Desktop Services (Servicios de Escritorio Remoto)
RedBox	PRP redundancy box (Caja de Redundancia)
REP	Resilient Ethernet Protocol (Protocolo de Ethernet Resiliente)
RPI	Request Packet Interval (Intervalo de Solicitud de Paquete)
RTT	Round Trip Time (Tiempo de Ida y Vuelta)
SA	Security Association (Asociación de Seguridad)
SaaS	Software-as-a-Service (*Software*-como-servicio)
SAN	Single Attached Node (Nodo de Conexión Única)
SCEP	Simple Certificate Enrollment Protocol (Protocolo Simple de Inscripción de Certificado)
SE	FactoryTalk View Site Edition
SHA	Secure Hash Standard (Estándar de *Hash* Seguro)
SIG	Secure Internet Gateway (Puerta de acceso Seguro a Internet)
SPE	Single Pair Ethernet (IEEE 802.3cg) (Ethernet de Un Par)
SPW	Software Provisioning Wizard
SSID	Service Set Identifier (Identificador de Grupo de Servicios)
STP	Spanning Tree Protocol (Protocolo de Árbol de Expansión)
SYN	Synchronization (Sincronización)
TAI	International Atomic Time (Hora Atómica Internacional)
TCN	Topology Change Notification (Notificación de Cambio de Topología)
TCP	Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de Transmisión)
TLS	Transport Layer Security (Seguridad en Nivel de Transporte)
UDP	User Datagram Protocol (Protocolo de Datagramas de Usuario)
UTC	Coordinated Universal Time (Hora Universal Coordinada)
VDAN	Virtual Double Attached Node (Nodo Virtual de Doble Conexión)
VLAN	Virtual Local Area Network (Red de Área Local Virtual)
VM	Virtual Machine (Máquina Virtual)
VNC	Virtual Network Computing (Cómpute de Red Virtual)
VPN	Virtual Private Network (Red Privada Virtual)
VRF	Virtual Route Forwarding (Reenvío en Ruta Virtual)
VSS	Virtual Switching System (Sistema de *Switcheo* Virtual)
WAN	Wide Area Network (Red de Área Extendida)
wIPS	wireless Intrusion Prevention Service (Servicio de Prevención de Intrusión Inalámbrica)
WLAN	Wireless LAN (LAN Inalámbrica)
WLC	Cisco Wireless LAN Controller (Controlador de LAN Inalámbrica de Cisco)
WSA	Cisco Web Security Appliance (Dispositivo de Seguridad de Red de Cisco)
ZFW	Zone-Based Policy Firewall (*Firewall* de Política Basada en Zonas)

Panduit Corp. es un proveedor de clase mundial de soluciones de infraestructura diseñadas, flexibles e integrales para conectividad de red y eléctrica que otorgan a los negocios la capacidad de seguir el ritmo de un mundo conectado. Nuestro robusto ecosistema de socios, personal global y servicio y soporte sin par hacen de Panduit un socio valioso y confiable.

www.panduit.com

EEUUA y Canada:
Panduit Corp.
World Headquarters
18900 Panduit Drive
Tinley Park, IL 60487
iai@panduit.com
Tel. 708.532.1800

Asia Pacífico:
One Temasek Avenue #09-01
Millenia Tower
039192 Singapore
Tel. 65 6305 7555

Europa/Medio Oriente/África:
Panduit Corp.
West World
Westgate London W5 1XP Q
United Kingdom
Tel. +44 (0) 20 8601 7219

Latinoamérica:
Panduit Corp.
Periférico Pte Manuel Gómez
Morin #7225 - A
Guadalajara Jalisco 45010
MEXICO
Tel. (33) 3777 6000

FiberRunner, IndustrialNet, Mini-Com, Net-Access, OptiCam, Panduit, QuickNet y Wyr-Grid son marcas de Panduit Corporation.

Cisco es el líder mundial en redes que transforman cómo la gente se conecta, comunica y colabora. Puede encontrar información de Cisco en www.cisco.com. Para noticias, por favor vaya a http://newsroom.cisco.com. El equipo Cisco en Europa lo suministra Cisco Systems International BV, subsidiaria de propiedad absoluta de Cisco Systems, Inc.

www.cisco.com

Sede en las Américas
Cisco Systems, Inc.
San Jose, CA

Sede Asia Pacífico
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.
Singapore

Sede en Europa
Cisco Systems International BV
Amsterdam, The Netherlands

Cisco tiene más de 200 oficinas en el mundo. Los domicilios, números telefónicos y de fax se listan en el Sitio Web de Cisco: www.cisco.com/go/offices.

Cisco y el logo de Cisco son marcas o marcas registradas de Cisco y/o sus afiliados en EEUUA y otros países. Para una lista de las marcas de Cisco, visite el URL: www.cisco.com/go/trademarks. Las marcas de terceros mencionadas son propiedad de sus respectivos dueños. El uso de la palabra socio no implica una relación de sociedad entre Cisco y cualquier otra compañía. (1721R)

Rockwell Automation es un proveedor líder de soluciones de energía, control e información que permiten a los clientes ser más productivos y, al mundo, más sostenible. En apoyo a los conceptos de manufactura inteligente, Rockwell Automation ayuda a sus clientes a maximizar el valor y prepararse para el futuro construyendo una Empresa Conectada.

www.rockwellautomation.com

Américas:
Rockwell Automation
1201 South Second Street
Milwaukee, WI 53204-2496 USA
Tel: (1) 414.382.2000
Fax: (1) 414.382.4444

Asia Pacífico:
Rockwell Automation
Level 14, Core F, Cyberport 3
100 Cyberport Road, Hong Kong
Tel: (852) 2887 4788
Fax: (852) 2508 1846

Europa/Medio Oriente/África:
Rockwell Automation
NV, Pegasus Park, De Kleetlaan 12a
1831 Diegem, Belgium
Tel: (32) 2 663 0600
Fax: (32) 2 663 0640

Allen-Bradley, FactoryTalk, Rockwell Automation, Stratix y TechConnect son marcas de Rockwell Automation, Inc. Las marcas que no pertenecen a Rockwell Automation son propiedad de sus respectivos dueños.

CIP, CIP Security, CIP Sync, y EtherNet/IP son marcas de ODVA, Inc.

Microsoft es unam arca de Microsoft Corporation.

© 2023 Cisco Systems, Inc., Panduit Corp. y Rockwell Automation, Inc. y todos los derechos reservados.

Publication ENET-TD020B-EN-P 09/2023