

# El proyecto APL, o como llegar con Ethernet hasta el campo (aun en áreas clasificadas)

Hernán Bertotto  
Autex  
www.autex-open.com

## En el principio eran dos

La idea de usar una capa física de dos hilos para redes Ethernet puede sonar algo extraña para muchos de nosotros, acostumbrados a usar cables Ethernet UTP o STP desde que tenemos memoria. Pero los lectores mayores seguramente recuerdan que las primeras LAN Ethernet empleaban cable coaxial RG58 A/U y conectores coaxiales BNC (Bayonet Neill-Concelman). Es decir, básicamente un cable de dos conductores, con un solo conductor central para la transmisión de la señal, una capa de aislamiento que lo cubría y una pantalla (shield) externa usada como referencia.

Esta tecnología se llamaba "10BASE2", y era una mejora sustancial con respecto a la tecnología inicial propuesta llamada "10BASE5" (10 Mbit/s y 500 m de largo máximo), la cual empleaba cables coaxiales gruesos de difícil montaje y transceptores sumamente costosos que debían ser localizados con precisión para poder funcionar correctamente. (Ver figuras 1 a 3).

Con la aparición de la tecnología 10BASE2 (10 Mbit/s y 200 m de largo máximo), las redes

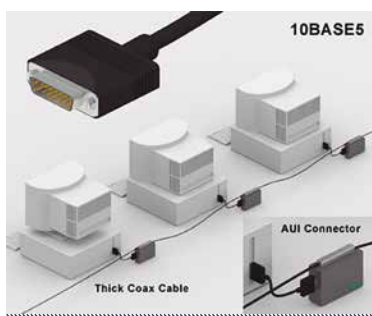


Figura 1. Segmento de red 10BASE5

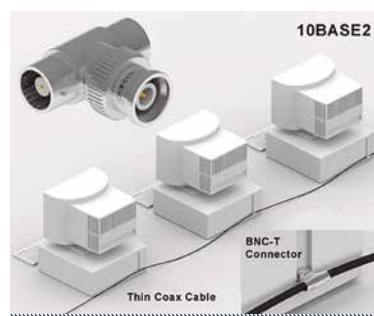


Figura 2. Conector BNC para 10BASE2

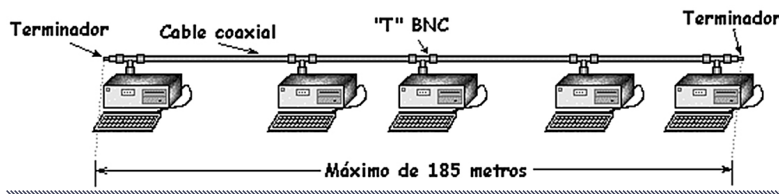


Figura 3. Esquema de un segmento de red 10BASE2

LAN Ethernet se hicieron populares debido a su bajo costo en comparación con las otras alternativas entonces disponibles, tales como Token-ring y Arcnet.

Un dato curioso, que puede ser de interés para los especialistas en bus de campo, es que el método de codificación de señales empleado por las redes 10BASE2 era la codificación Manchester.

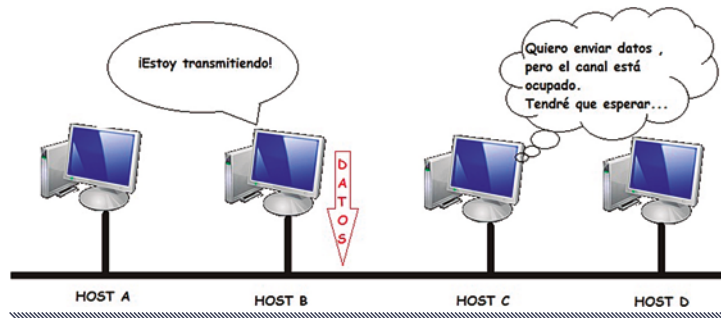


Figura 4. CSMA C/D en funcionamiento

### Pero resultaron insuficientes

Tanto 10BASE5, como 10BASE2, debido a que contaban con un solo conductor, debían trabajar en modo bus, es decir, solamente un nodo podía tener el control de la capa física.

Esta limitación, en combinación con el método de control de acceso al medio empleado, conocido como CSMA C/D (por las siglas en inglés de 'acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones'), requerían que la red funcionara en modo half duplex para evitar colisiones de paquetes de datos.

Debido a este conjunto de limitaciones, la capa física basada en el uso de cable coaxial se convirtió en una limitación para el avance de Ethernet, ya que se necesitaban velocidades de transferencia de datos de red más rápidas.

### Por lo que se empezaron a usar cuatro hilos, y después ocho

Las redes 10BASE2 quedaron obsoletas cuando la tecnología 10BASE-T estuvo disponible a principios de los años '90. 10BASE-T reemplazó los cables coaxiales por cables UTP (del inglés, 'cable de par trenzado sin blindaje') en la mayor parte del mundo y STP (del inglés, 'cable de par trenzado con blindaje') en Europa.

La longitud del cable entre los nodos se redujo de 200 (en realidad, 185) a 100 m, pero el están-

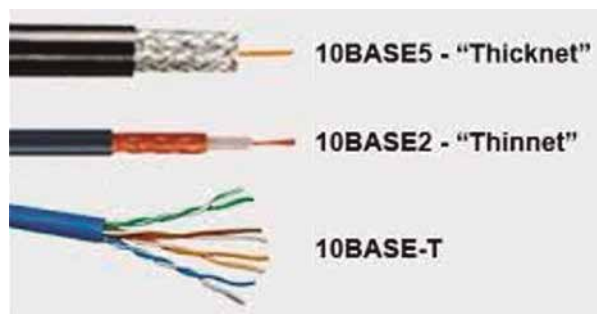


Figura 5. Comparación de cables

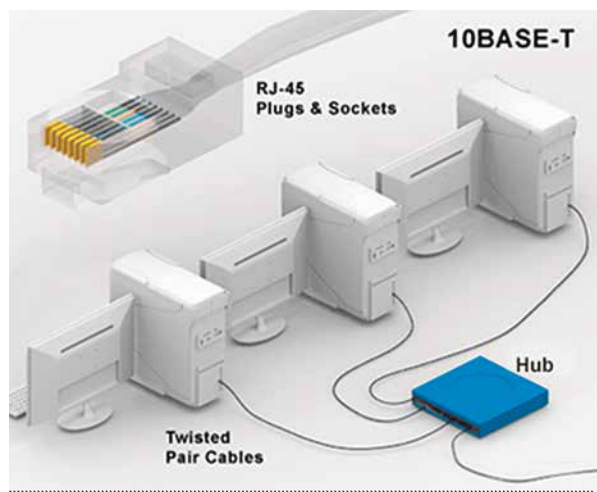


Figura 6. Red 10BASE-T con concentrador (hub)

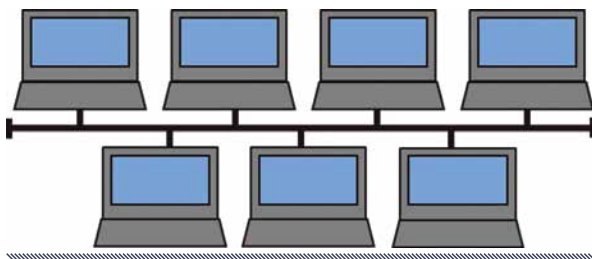


Figura 7. Topología tipo bus

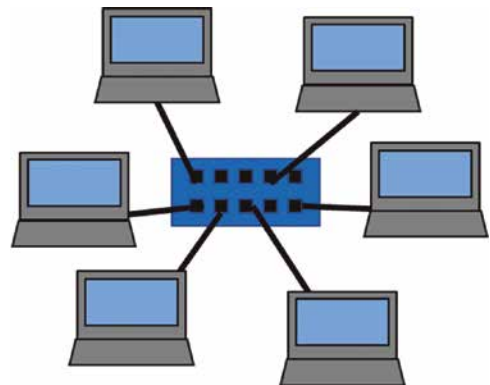


Figura 8. Topología tipo estrella con concentrador (hub)

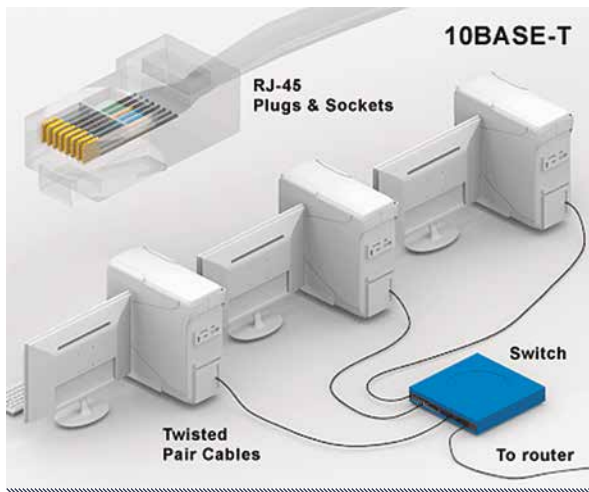


Figura 9. Red 10BASE-T conmutada

dar pasó a usar una topología tipo estrella con concentradores (hubs) centrales en lugar de una topología de bus como su predecesor.

Esta característica permitía contar con instalaciones más simples y funcionales, habilitaba el uso de un cable más flexible y de menor costo e implicaba el fin de la necesidad de terminadores de final de línea.

Las redes de cable coaxial funcionan en modo bus, los nodos de red están conectados en un arreglo tipo multidrop o guirnalda, por lo que una red basada en concentradores significaba que se podían agregar y retirar nodos adicionales fácilmente sin afectar los nodos restantes. En las redes 10BASE2, el uso de la topología de bus significaba que cualquier modificación en el cableado provocaba la interrupción de la red.

Pero la adopción del cableado UTP permitió abandonar el uso del algoritmo CSMA C/D, y Ethernet pasó a ser un protocolo que trabajaba en modo conmutado, siempre y cuando se reemplazaran los concentradores por conmutadores (switches).

De esta manera las LAN Ethernet dejaron de trabajar como un bus y pasaron a funcionar en modo punto a punto multiplexado. Adicionalmente, al combinarse este modo de trabajo con el uso de cable UTP o STP de dos pares de hilos,

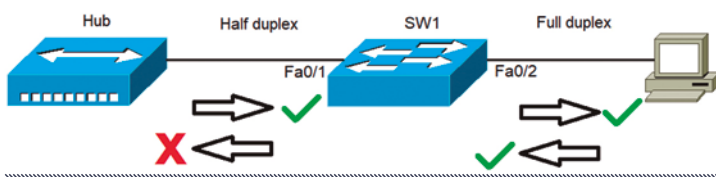


Figura 10.

se podía trabajar en modo full duplex (dúplex completo).

10BASE-T evolucionó hasta 100BASE-T (100 Mbit/s Ethernet) y 1000BASE-T (gigabit/s Ethernet), y se asoció tanto con el tipo de cable UTP o STP que, hoy en día, la noción de un cable Ethernet de un solo par de hilos parece revolucionaria.

### ¿Por qué cuatro u ocho hilos no son adecuados para uso en el campo?

Quien ha intentado montar un conector RJ45 con el cable UTP típico y una herramienta de crimpado sabe que este no es el tipo de conexión más fácil de usar o más robusto. Por lo tanto, el uso de dispositivos Ethernet en una aplicación industrial típica, especialmente si está ubicada en el campo, no suele ser una buena idea.

Por supuesto que existen conectores Ethernet M12, pero su montaje es complicado, por lo que la mayoría de los usuarios preferirán usar cables preensamblados con un costo elevado.



Figura 11. Conector RJ45 dañado; cable UTP dañado; armado de un conector RJ45, y conectores Ethernet para uso industrial

### De regreso a los dos hilos

La solución a este problema radica en el concepto conocido como "SPE" (del inglés, 'Ethernet sobre dos hilos'), una tecnología sobre la que se viene trabajando desde la década pasada. Este desarrollo ha sido incorporado dentro de los estándares internacionales como IEC 63171-6, que

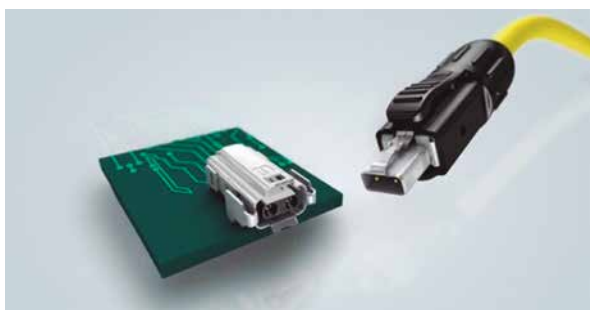


Figura 12. Conector y placa adaptadora SPE; cable SPE, y ejemplos de conectores SPE

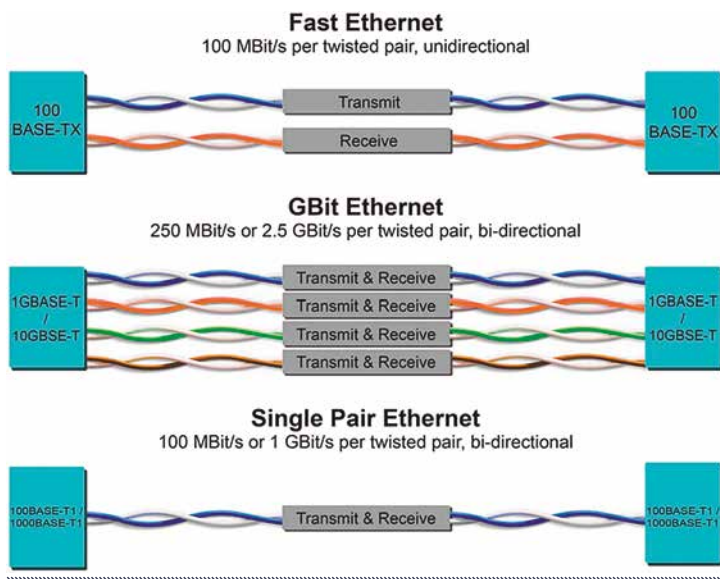


Figura 13. Evolución del estándar Ethernet y la cantidad de hilos

describe el uso de la tecnología SPE para aplicaciones de tipo industrial.

Empezando con los conceptos básicos, la tecnología SPE utiliza un cable balanceado de dos hilos aislado, mediante el cual puede alcanzar velocidades de transferencia de datos de hasta 100 a 1.000 Mbit/s, sobre una distancia máxima de 100 m en 100 Mbit/s o 40 m en 1.000 Mbit/s.

Esta variante de Ethernet está descrita en los estándares IEEE 802.3bp 1000BASE-T1 (gigabit Ethernet sobre un par de cables balanceados) y 802.3bw 100BASE-T1 (100 Mbit Ethernet sobre un par de cables balanceados).

SPE puede trabajar en modo full duplex mediante el uso de codificación PAM3 (del inglés, 'modulación de amplitud del pulso'). De esta manera, se logra una transferencia de datos con una velocidad razonable y a una frecuencia relativamente baja.

El método empleado para trabajar en modo full duplex con dos hilos requiere del uso de DSP de alto rendimiento y codificación simbólica de alta eficiencia.

## Dónde se originó SPE

Las primeras aplicaciones en las cuales se requería de este tipo de capa física aparecieron en la industria del automóvil. Hoy en día, los automóviles cuentan con docenas de sensores y procesadores que deben estar conectados en red. Debido a las ventajas de simplicidad, ahorro de espacio y de peso, el cableado SPE es la mejor solución disponible para esta industria.

El otro campo que se benefició con la tecnología SPE fue el de Ethernet industrial. La industria de automatización de fábrica está empezando a aprovechar las ventajas que ofrece el uso de esta tecnología, aunque la industria de automatización de procesos aún requiere características adicionales para poder aprovecharlo, tales como la posibilidad de tender cableados en distancias mucho mayores (hasta 1.000 m), la necesidad de contar con la posibilidad de enviar alimentación y datos a través de un solo par de hilos, y cumplir con los requerimientos de seguridad intrínseca para aplicaciones en zonas clasificadas. Estas necesidades impulsaron el desarrollo del proyecto APL (del inglés, 'capa física avanzada').

*El otro campo que se benefició con la tecnología SPE fue el de Ethernet industrial. La industria de automatización de fábrica está empezando a aprovechar las ventajas que ofrece el uso de esta tecnología*

## Las ventajas de la APL

El tipo específico de variante de SPE que resulta más adecuado para la industria de automatización de procesos es el conocido como "APL" o



“capa física avanzada”, que se basa en la especificación IEEE 10BASE-T1L.

Con la APL, finalmente se cuenta con un método sencillo de llevar Ethernet al campo, con cables que se pueden conectar a través de un conector estandarizado o inclusive mediante bloques de borneras terminales. El estándar 10BASE-T1L resulta especialmente interesante ya que mediante su uso se unificarían todas las diferentes capas físicas empleadas por las señales analógicas y digitales de bus de campo de uso habitual.

La industria de procesos se ha rehusado en gran medida a reemplazar las redes basadas en RS 485 con Ethernet debido a los problemas descritos anteriormente. Pero el estándar 10BASE-T1L ofrece un reemplazo óptimo para todas las aplicaciones RS 485, RS 232, y hasta para los lazos de corriente punto a punto de 4-20 mA + HART.

### APL permite unificar las redes industriales bajo el estándar Ethernet

La APL basada en el estándar 10BASE-T1L ofrece una longitud máxima de hasta 1.000 m y se puede ampliar fácilmente mediante conmutadores SPE. APL permite suministrar, tanto la energía,

como los datos a través de estos dos cables, siendo capaz de soportar una fuente de alimentación de hasta 60 W.

Además, la APL soporta varias topologías, incluyendo la conocida como "troncal con derivaciones" (trunk with spurs), en la cual se permite usar un cable troncal de hasta 1.000 m de largo y derivaciones (spurs) de hasta 200 m de largo.

### Ethernet intrínsecamente seguro, con alimentación y comunicación por dos hilos

En la especificación técnica de APL se buscó ofrecer soporte completo para todos los métodos de protección contra explosiones existentes, incluyendo el de seguridad intrínseca.

Para lograr este objetivo, APL soporta dos modos de amplitud: 2,4 Vpp en distancias de hasta 1.000 m, y 1 Vpp para distancias reducidas de hasta 200 m. Este segundo modo permite el uso de 10BASE-T1L en aplicaciones intrínsecamente seguras.

Uno de los detalles más significativos, desde el punto de vista de la instalación y mantenimiento, es que el cable especificado para la APL es el mismo cable de bus de campo tipo 'A' que se define



Figura 14. Prueba de interoperabilidad de Ethernet APL

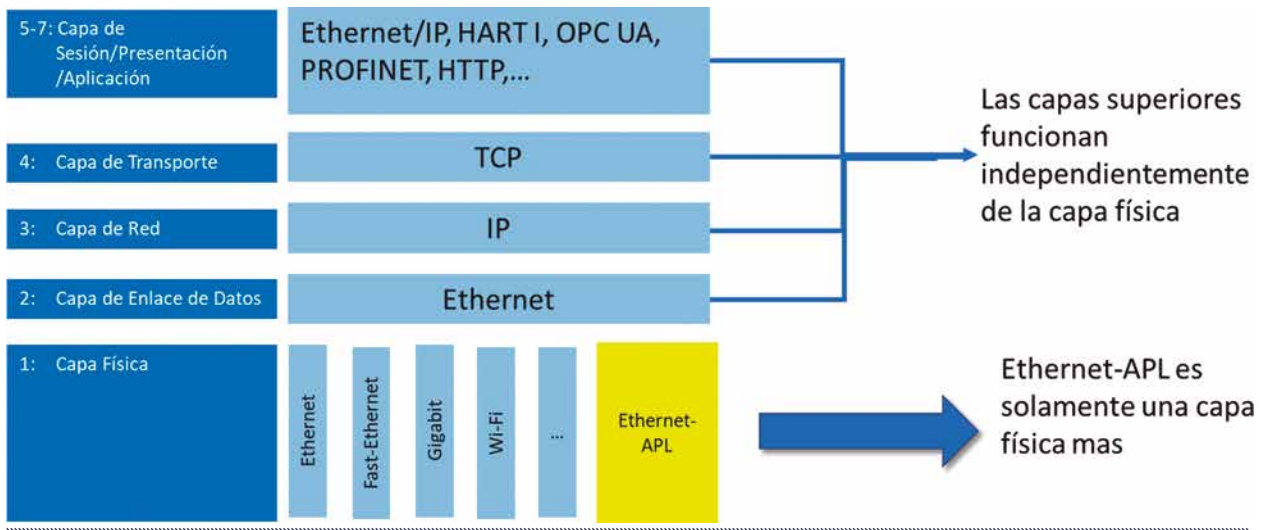


Figura 15. Ethernet APL en el esquema ISO/OSI

en el estándar IEC 61158-2. Esto significa que existirá una vía de mejora relativamente simple para las instalaciones existentes basadas en tecnologías Profibus PA y Foundation Fieldbus.

Aunque inicialmente puede parecer que una velocidad de transferencia de datos de 10 Mbit/s sea insignificante en comparación con el desempeño de las redes LAN Ethernet de cobre típicas que hoy en día funcionan a velocidades entre 100 y 1.000 Mbit/s, tenemos que considerar que 10 Mbit/s es trescientas veces mayor que la velocidad de transferencia de datos de 31,25 kbit/s empleada por los dos buses de campo definidos por IEC 61185-2.

### Una tecnología disruptiva

Estas capacidades hacen que el concepto APL sea una tecnología de carácter disruptivo. Ya no habrá necesidad de contar con soluciones basadas en proxies o pasarelas (gateways) para conversión de protocolos seriales a Ethernet, ya que APL es Ethernet.

|                       | Pasado    |                        | Presente           |                   |           |
|-----------------------|-----------|------------------------|--------------------|-------------------|-----------|
|                       | Neumática | Electrónica + Fieldbus |                    | Ethernet          |           |
| Tecnología            | Neumática | 4-20 mA                | 4-20 mA            | Fieldbus          | Ethernet  |
| Medio                 | Aire      | Analógica              | Analógica y serial | Serial digital    | Red       |
| Medición              | 1 valor   | 1 valor                | 1+N valores        | N valores         | N valores |
| Acceso local a datos  | -         | -                      | Gateway necesario  | Integrado         | Integrado |
| Acceso remoto a datos |           |                        | Gateway necesario  | Gateway necesario | Integrado |

Figura 16. Evolución de la instrumentación de campo

De hecho, si comparamos Ethernet y APL Ethernet desde el punto de vista del modelo ISO/OSI de siete capas, veremos que APL solo afecta a la primera capa del modelo (ver figura 15).

Todos los protocolos Ethernet industriales existentes serán capaces de llegar al campo, creando un enorme mercado para dispositivos innovadores que ofrecerán funcionalidades mejoradas debido al enorme incremento en el ancho de banda disponible.

*Todos los protocolos Ethernet industriales existentes serán capaces de llegar al campo, creando un enorme mercado para dispositivos innovadores*

## Acceso sin restricciones a los dispositivos de campo

El argumento de diagnóstico avanzado, el cual fue propuesto como una de las ventajas fundamentales de las tecnologías Profibus PA, Foundation Fieldbus y Hart desde hace mucho tiempo, a menudo resultaba de uso limitado debido a las conexiones de red lentas y las restricciones en el tamaño de los telegramas de datos usados por las soluciones tradicionales basadas en proxies.

Los dispositivos Hart casi nunca se emplearon de la manera originalmente prevista, y en la vida real la funcionalidad generalmente significaba únicamente la necesidad del uso de un módem Hart portátil durante la puesta en marcha.

Los diagnósticos Hart en línea requerían el uso

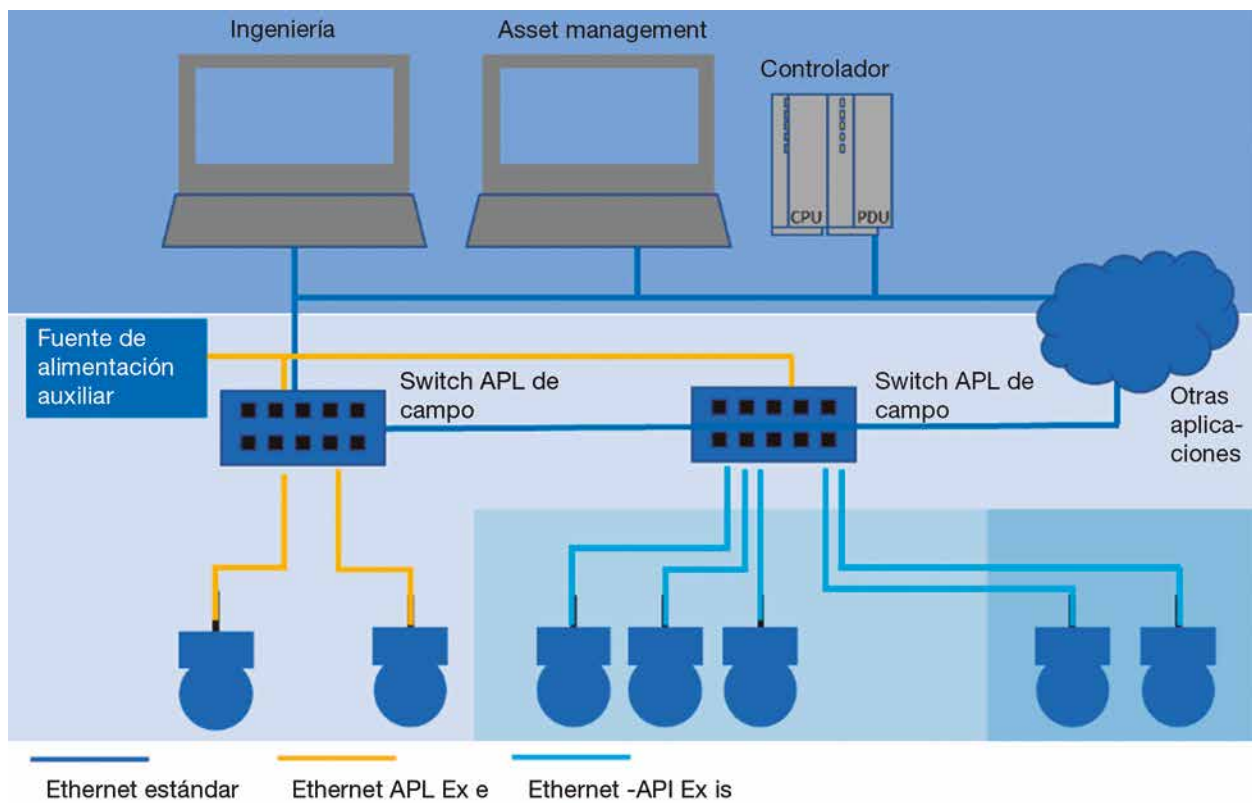


Figura 17. Topología en estrella para aplicaciones compactas



de multiplexores con comunicaciones basadas en RS 485, por lo que para integrarlos en redes Ethernet se requería del uso de servidores seriales con comunicación Ethernet.

La tecnología APL tornará este modo de trabajo en obsoleto, ya que permitirá el uso del protocolo de comunicaciones Hart IP para administrar directamente al dispositivo de campo desde el sistema de gestión de activos.

Incluso será posible utilizar OPC UA para obtener información directamente desde el campo, haciendo posible la supervisión en tiempo real de las variables de proceso de las redes de TI.

## Como serán las topologías posibles con APL

La tecnología Ethernet APL incluye la especificación 2 WISE, es decir, dos cables intrínsecamente seguros Ethernet, pero también puede ser empleada en aplicaciones ubicadas en áreas no clasificadas.

Se emplean conmutadores de potencia como convertidores de medios que permitirán conectar los segmentos APL a la red troncal Ethernet industrial, y conmutadores de campo que reemplazarán los acopladores de dispositivos y cajas

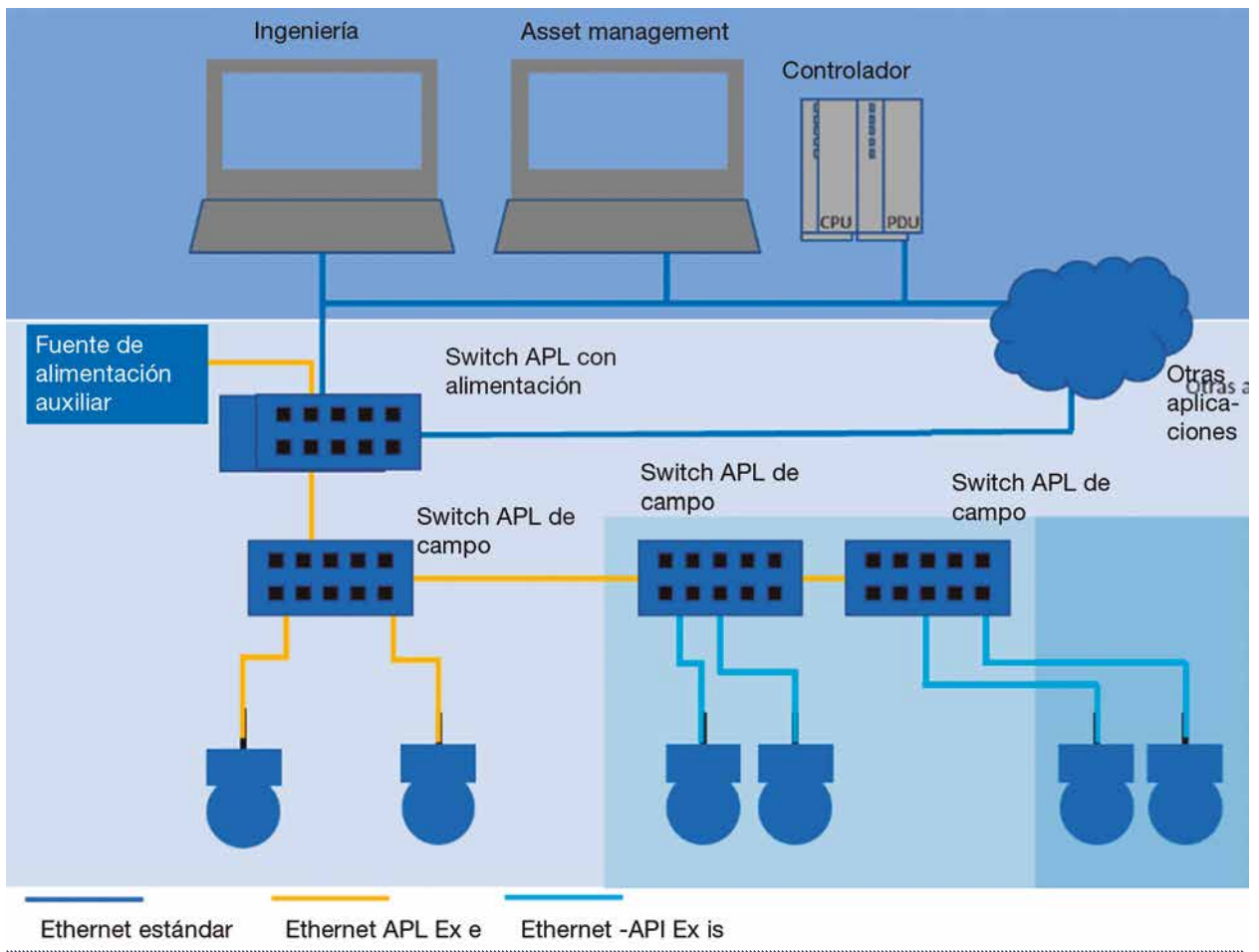


Figura 18. Topología tipo troncal con derivaciones

de conexiones típicas de las instalaciones actuales basadas en tecnología bus de campo.

Los datos del proceso en tiempo real se transmitirán en función de un modelo de prioridad, por lo que los datos necesarios para la gestión de activos se pueden transferir al mismo tiempo que los datos del proceso. El propio protocolo realizaría la priorización de datos.

Esta característica también permite el uso de métodos de mantenimiento predictivo, ya que todos los datos de diagnóstico de los dispositivos de campo estarán accesibles de una manera sencilla y rápida. Ya no será necesario elegir qué conjunto de datos se puede obtener del dispositivo de campo, ya que desaparecen las limitaciones de tamaño y velocidad de transferencia de los telegramas.

Además, dado que el estándar Ethernet cuenta con métodos de redundancia y resiliencia con un desempeño comprobado, no habría necesidad de soluciones propietarias, por lo que los problemas de interoperabilidad en la capa física serán cosa del pasado.

## Excelente, pero ¿para cuándo?

En el transcurso del año 2021, la especificación de APL fue finalizada y comenzaron a ver la luz los primeros dispositivos en pruebas de concepto, no aptos para su uso en entornos productivos. En el transcurso del año 2022 en las ferias, los proveedores de estas tecnologías presentan sus productos, los cuales estarán liberados para su comercialización. Considerando el enfoque habitualmente conservador que caracteriza a la industria de automatización de procesos, tomará algún tiempo antes de que los dispositivos de campo APL se conviertan en algo común. Pero el conjunto de características y la gama de capacidades mejoradas respecto a los dispositivos de campo tradicionales tanto analógicos como Hart o de bus de campo es tan extenso que en los próximos años podremos ser testigos de un cambio disruptivo en la forma en que funcionan las plantas de la industria de procesos (ver figura 19). ■■

## Progress

Follow us on the journey to an Ethernet to the Field within Process plants



Figura 19. Estado de la tecnología APL 2022