

# EtherCAT – el bus de campo Ethernet



**EtherCAT**<sup>®</sup>  
Technology Group



- 3 **Un sistema de bus puede que no lo sea todo ...**
- 4 **EtherCAT de un vistazo**
- 6 **EtherCAT Technology Group**
- 8 **¿Por qué utilizar EtherCAT?**
- 10 **La tecnología al detalle**
  - 10 EtherCAT: Basado en la tecnología Ethernet
  - 11 ¿Cómo funciona EtherCAT?
  - 12 El protocolo EtherCAT
  - 14 Topología flexible
  - 16 EtherCAT P: comunicación y energía en un cable
  - 18 Distributed-Clocks para una sincronización de alta precisión
  - 20 Diagnóstico y localización de errores
  - 21 Requisitos de alta disponibilidad
- 22 **EtherCAT – Vista general del sistema**
  - 24 Safety over EtherCAT
  - 26 Perfiles de comunicación
  - 29 Comunicación a nivel de toda la planta con el protocolo de automatización EtherCAT (EAP)
  - 31 Integración de otros sistemas de bus
  - 32 Potenciando la transformación digital con EtherCAT, TSN, Industrie 4.0 e IoT
- 34 **Implementando interfaces EtherCAT**
  - 36 Implementando Maestro
  - 38 Implementando Esclavo
  - 40 Conformidad y certificación
- 43 **Contacto**

... pero la máquina no es nada sin él. No solo es una parte central de la arquitectura del sistema, sino que su rendimiento también determina si el sistema completo es capaz de alcanzar su máximo rendimiento. El sistema de bus es también un factor clave para determinar los costes del sistema, el tiempo de puesta en servicio y la solidez. Por esta razón, un buen ingeniero selecciona la tecnología de bus adecuada como primer paso para el diseño del sistema.

Hemos redactado este folleto para presentarle EtherCAT, el «bus de campo Ethernet». No solo podrá conocer EtherCAT más de cerca, sino que también aprenderá qué es lo que hace que EtherCAT sea el

estándar de Ethernet industrial más rápido. Este folleto también presenta el EtherCAT Technology Group (ETG), la organización de bus de campo más grande del mundo. Y lo que es más importante, queremos mostrarle por qué EtherCAT es la elección correcta para su aplicación.

Si tiene alguna pregunta, no dude en ponerse en contacto con nosotros. Nos apasiona EtherCAT y esperamos tener noticias tuyas.

En nombre del equipo del EtherCAT Technology Group, **Martin Rostan, Directo Ejecutivo,** EtherCAT Technology Group



Martin Rostan, Directo Ejecutivo, EtherCAT Technology Group



El equipo ETG mundial en una reunión de estrategia global.

EtherCAT es una tecnología de Ethernet industrial de alto rendimiento, bajo coste y fácil de usar, que presenta una topología flexible. Se introdujo en 2003 y desde 2007 es un estándar internacional. El EtherCAT Technology Group promueve EtherCAT y es responsable de su desarrollo continuo. EtherCAT es también una tecnología abierta: cualquiera puede implementarla o utilizarla.

### Cómo funciona

El principio funcional clave de EtherCAT reside en cómo sus nodos procesan las tramas Ethernet: cada nodo lee los datos direccionados a él y escribe sus datos de nuevo en la trama, todo mientras la trama se mueve aguas abajo. Esto conduce a una mejor utilización del ancho de banda (una trama por ciclo suele ser suficiente para la comunicación), al tiempo que elimina la necesidad de conmutadores o hubs.

### Rendimiento de la red

EtherCAT es la tecnología de Ethernet industrial más rápida gracias a la exclusiva forma en que procesa las tramas; ninguna otra tecnología puede superar la utilización de ancho de banda o el correspondiente rendimiento de EtherCAT.

### Topología flexible

Además de su velocidad, una red EtherCAT puede soportar hasta 65.535 dispositivos sin imponer restricciones en su topología: lineal, en bus, en árbol, en estrella –

o cualquier combinación de estas. El rápido sistema físico de Ethernet permite que dos dispositivos estén a una distancia de hasta 100 m (330 pies); mayores distancias son posibles mediante el uso de fibra óptica. EtherCAT también tiene características adicionales que ofrecen una mayor flexibilidad topológica, como Hot Connect y Hot Swap para dispositivos y una redundancia añadida a través de una topología en anillo.

### Es versátil

EtherCAT es adecuado tanto para arquitecturas de sistema centralizadas como descentralizadas. Soporta comunicaciones maestro-esclavo, maestro-maestro y esclavo-esclavo, así como incorpora buses de campo subordinados. A nivel de fábrica, el Protocolo de Automatización EtherCAT (EAP, del inglés EtherCAT Automation Protocol) cubre la comunicación, todo ello con la infraestructura existente.

### Es fácil

En comparación con un sistema de bus de campo clásico, EtherCAT es la opción obvia: las direcciones de los nodos pueden establecerse automáticamente, no hay necesidad de sintonizar la red, y los diagnósticos integrados con localización de fallos hacen que la localización de errores sea un juego de niños. A pesar de estas características avanzadas, EtherCAT también es más fácil de usar que el Ethernet Industrial: no hay que configurar conmutadores y no se requiere la manipulación completa de direcciones MAC o IP.

### Es de bajo coste

EtherCAT ofrece todas las ventajas del Ethernet industrial a precios de bus de campo. ¿Cómo? En primer lugar, EtherCAT no requiere ningún componente de infraestructura activo. El dispositivo maestro no requiere una tarjeta de interfaz especial y los dispositivos esclavos utilizan chips altamente integrados y económicos, disponibles de una amplia variedad de proveedores. Además, no se requieren costosos expertos en tecnología de la información para poner en servicio o mantener el sistema.

### Ethernet industrial

EtherCAT también soporta tecnologías de internet comunes sin poner en peligro la capacidad de tiempo real de la red. Su protocolo «Ethernet sobre EtherCAT» transporta FTP, http, TCP/IP y Co.

### Seguridad funcional

Safety over EtherCAT es como el propio EtherCAT, esbelto y rápido. La seguridad funcional se encuentra integrada directamente en el bus con opciones tanto para lógica de seguridad centralizada como descentralizada. Gracias al enfoque de «Black-Channel», también está disponible para otros sistemas de bus.

### Tecnología abierta

EtherCAT es una tecnología abierta estandarizada internacionalmente, lo que significa que cualquiera es libre de usar la tecnología en una forma compatible. Sin embargo, que sea una tecnología abierta no significa que cualquiera pueda modificar EtherCAT arbitrariamente para satisfacer sus necesidades. Esto sería el fin de la interoperabilidad.

El EtherCAT Technology Group, la organización de bus de campo más grande del mundo, es responsable del desarrollo continuo de EtherCAT para que siga siendo abierto e interoperable.

### De eficacia probada

EtherCAT se utiliza actualmente en todo el mundo en una inmensa gama de aplicaciones. EtherCAT se utiliza en el control de máquinas, equipos de medición, dispositivos médicos, automóviles y máquinas móviles, así como en innumerables sistemas embebidos.



En el stand de ETG se presenta toda la tecnología y variedad de productos EtherCAT.



ETG organiza reuniones de miembros regularmente.

El EtherCAT Technology Group mantiene la tecnología EtherCAT abierta para todos los usuarios potenciales. Reúne a fabricantes de dispositivos, proveedores de tecnología y usuarios EtherCAT para impulsar la tecnología. Proporciona múltiples Grupos de Trabajo Técnico, donde los expertos trabajan minuciosamente en varios aspectos específicos de EtherCAT. Todas estas actividades están enfocadas en un objetivo común: mantener EtherCAT estable e interoperable. Por esta razón, solo existe una única versión de EtherCAT y no una versión nueva cada año.

El ETG organiza múltiples Plug Fests en Europa, Asia y América cada año. Las Plug Fests reúne a desarrolladores de dispositivos EtherCAT para probar y asegurar la interoperabilidad de los dispositivos. Utilizando la Herramienta de prueba de conformidad EtherCAT (CTT) oficial, cada fabricante puede realizar pruebas de conformidad de sus dispositivos EtherCAT antes de su lanzamiento. El ETG proporciona a los fabricantes un Certificado de conformidad tras superar con éxito una prueba en un laboratorio de prueba acreditado. El ETG también organiza seminarios y talleres internacionales y representa a EtherCAT en ferias de todo el mundo. También proporciona guías de productos, stands colectivos en ferias y exposiciones en seminarios para ayudar a sus miembros a comercializar sus productos EtherCAT.

El ETG es la organización de bus de campo con el mayor número de miembros de todo el mundo. La lista de miembros se puede encontrar en la página web. No obstante, el factor decisivo no es cuántos miembros hay, sino cuán activos son los miembros del ETG. Tanto el número como la variedad de dispositivos EtherCAT es enorme y la tasa de adopción de EtherCAT en Europa, Asia y América sobrepasa la de todas las demás tecnologías de Ethernet industrial.

## Hágase miembro

La membresía de ETG está abierta a todas las empresas, ya sean fabricantes de dispositivos o usuarios. Los miembros de ETG:

- Tienen acceso a las especificaciones técnicas y al foro del desarrollador
- Contribuyen al desarrollo de EtherCAT mediante grupos de trabajo técnico
- Reciben apoyo para la implementación a través de su oficina ETG local
- Reciben paquetes de software gratuito, herramientas de software y acceso a productos de desarrollo adicionales
- Tienen permitido utilizar los logotipos de EtherCAT y ETG
- Pueden mostrar sus productos y servicios EtherCAT en la Guía oficial de productos EtherCAT, en ferias y eventos ETG

Los estatutos, el formulario de registro e información adicional están disponibles en [info@ethercat.org](mailto:info@ethercat.org) y [www.ethercat.org](http://www.ethercat.org)

## Normalización internacional

El EtherCAT Technology Group es un socio oficial de la IEC. Tanto EtherCAT como Safety over EtherCAT son estándares IEC (IEC 61158 e IEC 61784). Estos estándares no solo incluyen las capas de protocolo inferiores, sino también la capa de aplicación y perfiles de dispositivo, por ejemplo, para accionamientos. SEMI™ (Semiconductor Equipment and Materials International) ha aceptado EtherCAT como estándar de comunicación (E54.20) para la industria de los semiconductores. Los Grupos de trabajo en el Grupo de Trabajo Técnico (TWG) de Semiconductores del ETG definen perfiles de dispositivos y guías de implementación.

Las especificaciones están disponibles en diferentes idiomas.

## Actividades globales

El EtherCAT Technology Group está presente en todo el mundo. Los expertos de las oficinas de ETG en Alemania, China, Japón, Corea y EE.UU. apoyan a los miembros de ETG antes, durante y después de la implementación.

La tecnología se mantiene en los Grupos de Trabajo Técnico (TWG, del inglés Technical Working Groups), que definen las ampliaciones y también el comportamiento uniforme de los dispositivos mediante perfiles de dispositivos y directrices de implementación. Se anima a todos los miembros a contribuir activamente en los TWG.



En muchos países, EtherCAT también es un estándar nacional, como en Corea y China.

## Hitos de EtherCAT



# ¿Por qué utilizar EtherCAT?

EtherCAT

La forma exclusiva en la que trabaja EtherCAT lo convierte en la clara «elección de los ingenieros». Además, las siguientes características son particularmente ventajosas para muchas aplicaciones.

## 1. Rendimiento excepcional

EtherCAT es por lejos la tecnología Ethernet industrial más rápida, pero también sincroniza con una precisión de nanosegundos. Esto representa una enorme ventaja para todas las aplicaciones en las que el sistema de destino está controlado o es medido a través del sistema de bus. Los rápidos tiempos de reacción trabajan para reducir los tiempos de espera durante las transiciones entre los pasos de proceso, lo que mejora significativamente la eficiencia de la aplicación. Finalmente, la arquitectura del sistema EtherCAT reduce la carga de la CPU en un 25 - 30 % en comparación con otros sistemas de bus (para un mismo tiempo de ciclo). Si se aplica de forma óptima, el rendimiento de EtherCAT conduce a una precisión mejorada, mayor productividad y, por lo tanto, a menores costes.

## 2. Topología flexible

En aplicaciones EtherCAT, la estructura de la máquina determina la topología de la red, no al revés. En sistemas Ethernet industriales convencionales, existen limitaciones en cuanto al número de conmutadores y hubs que pueden instalarse en cascada, lo que limita la topología general de la red. Puesto que EtherCAT no necesita ni conmutadores ni hubs, no existen dichas limitaciones. En resumen, EtherCAT prácticamente no tiene límites en relación a la topología de la red. Son posibles las topologías lineales, en árbol o estrella y cualquier combinación de las mismas con un número casi ilimitado de nodos. Gracias a la detección de enlace automática, los nodos y segmentos de red pueden desconectarse durante la

operación y volver a conectarse, incluso en otro sitio, si el maestro soporta esta característica. La topología lineal se extiende a una topología en anillo por la redundancia de cables. Todo lo que el dispositivo maestro necesita para esta redundancia es un segundo puerto Ethernet, y los dispositivos esclavos ya soportan la redundancia de cables de todos modos. Esto hace posible la conmutación de dispositivos durante la operación de la máquina.

## 3. Es simple y robusto

La configuración, el diagnóstico y el mantenimiento son factores que contribuyen a los costes del sistema. El bus de campo Ethernet simplifica significativamente todas estas tareas: EtherCAT se puede configurar de forma que asigne direcciones automáticamente, lo que elimina la necesidad de configuración manual. Una carga de bus baja y una física peer to peer mejoran la inmunidad al ruido electromagnético. La red detecta de forma fiable las perturbaciones de potencial hasta su ubicación exacta, lo que reduce drásticamente el tiempo necesario para solucionar problemas. Durante el arranque, la red compara los diseños planificados con los reales para detectar cualquier discrepancia. El rendimiento de EtherCAT también ayuda durante la configuración del sistema eliminando la necesidad de realizar una calibración de la red. Gracias al amplio ancho de banda, existe capacidad para transmitir TCP/IP adicional junto con los datos de control. Sin embargo, puesto que EtherCAT no se basa en sí mismo en TCP/IP, no existe necesidad de administrar direcciones MAC o direcciones IP o de que expertos en IT configuren conmutadores y routers.

## 4. Seguridad integrada

¿Seguridad funcional como parte integral de la arquitectura de red? Ningún problema con Functional Safety over EtherCAT (FSoE). El uso de FSoE está probado mediante dispositivos certificados por el TÜV que se encuentran en el mercado desde 2005. El protocolo cumple con los requisitos para sistemas SIL 3 y es adecuado para sistemas de control centralizados y descentralizados. Gracias al principio «Black Channel» y al «Safety Container» particularmente esbelto, FSoE también puede utilizarse en otros sistemas de bus. Este principio integrado y el protocolo esbelto ayudan a mantener bajos los costes del sistema. Además, un controlador crítico no seguro también puede recibir y procesar datos relevantes para la seguridad.

## 5. Asequible

EtherCAT ofrece las características del Ethernet Industrial a un precio similar o incluso inferior que el de un sistema de bus de campo clásico. El único hardware necesario por el dispositivo maestro es un puerto Ethernet. No se requieren costosas tarjetas de interfaz ni coprocesadores. Los controladores esclavos EtherCAT están disponibles de varios fabricantes en diferentes formatos: como ASIC, basado en FPGA, o también como opción para series de microprocesadores estándar. Puesto que estos controladores económicos llevan la carga de todas las tareas en las que el tiempo es un factor crítico, EtherCAT por sí mismo no exige ningún requisito de rendimiento a la CPU de dispositivos esclavos, lo que mantiene los costes de dispositivo bajos. Puesto que EtherCAT no requiere conmutadores u otros componentes de infraestructura activos, los costes en instalación, configuración y mantenimiento tampoco existen.

## Por esta razón, EtherCAT se encuentra frecuentemente en:

- Robótica
- Máquinas herramienta
- Máquinas de embalaje
- Imprentas
- Equipos de fabricación de plásticos
- Prensas
- Máquinas de fabricación de semiconductores
- Bancos de pruebas
- Máquinas Pick & Place
- Sistemas de medición
- Centrales eléctricas
- Subestaciones
- Aplicaciones de manipulación de materiales
- Sistemas de manipulación de equipaje
- Sistemas de control de escenarios
- Sistemas de montaje automatizados
- Máquinas de pulpa de celulosa y papel
- Sistemas de control de túneles
- Máquinas de soldadura
- Grúas y elevadores
- Maquinaria agrícola
- Aplicaciones offshore
- Serrerías
- Equipos de fabricación de ventanas
- Sistemas de automatización de edificios
- Acerías
- Aerogeneradores
- Equipos de fabricación de muebles
- Fresadoras
- Vehículos de guiado automático
- Automatización de entretenimiento
- Dispositivos médicos
- Máquinas para trabajar la madera
- Equipos de fabricación de vidrio plano
- Sistemas de pesaje
- Información adicional
- Aplicaciones EtherCAT



# La tecnología al detalle

## EtherCAT: Basado en la tecnología Ethernet

EtherCAT es Ethernet industrial y utiliza tramas estándar y la capa física tal como se define en el estándar de Ethernet IEEE 802.3. Sin embargo, también aborda las demandas específicas a las que se enfrenta la industria de la automatización, en las que:

- Hay requisitos en tiempo real duros con tiempos de respuesta determinísticos.
- El sistema suele estar formado por muchos nodos, cada uno de los cuales solo tiene una pequeña cantidad de datos de proceso cíclico.
- Los costes de hardware son aún más importantes que en las aplicaciones de IT y de oficina.

Los requisitos anteriores hacen prácticamente imposible el uso de una red Ethernet estándar a nivel de campo. Si se utiliza un telegrama Ethernet individual para cada nodo, la velocidad de datos efectiva se reduce significativamente para unos pocos bytes de datos de proceso cíclicos: el telegrama Ethernet más corto tiene una longitud de 84 bytes (incluido el Inter Frame Gap), de los cuales 46 bytes pueden utilizarse para datos de proceso. Por ejemplo, si un accionamiento envía 4 bytes de datos de proceso para la información de posición y estado reales y recibe 4 bytes de datos para la posición de destino y la información de control, la velocidad de datos efectiva para ambos telegramas se reduce a  $4/84 = 4,8\%$ . Además, el accionamiento suele tener un tiempo de reacción que desencadena la transmisión de los valores reales después de recibir los valores objetivo. Al final, no queda mucho de la velocidad de transferencia de 100 Mbit/s.

Las pilas de protocolos, como las que se utilizan en el mundo de la tecnología de la información para la conexión de enrutamiento (IP, TCP), requieren un sobrecoste adicional para cada nodo y crean más retrasos a través de los tiempos de ejecución de las pilas.

## ¿Cómo funciona EtherCAT?

EtherCAT supera las dificultades descritas en la sección anterior con su modo de funcionamiento de alto rendimiento, en el que una sola trama suele ser suficiente para enviar y recibir datos de control desde y hacia todos los nodos.

El EtherCAT maestro envía un telegrama que pasa por cada nodo. Cada dispositivo EtherCAT esclavo lee «sobre la marcha» los datos direccionados a él e inserta sus datos en la trama mientras la trama se mueve aguas abajo. El retardo de la trama se debe únicamente a los tiempos de retardo de propagación del hardware. El último nodo de un segmento (o branch) detecta un puerto abierto y envía el mensaje al maestro utilizando la función full duplex de la tecnología Ethernet.

La velocidad de datos efectiva máxima del telegrama aumenta a más del 90 % y, debido a la utilización de la función full duplex, la velocidad de datos efectiva teórica es incluso superior a 100 Mbit/s (> 90 % de dos veces 100 Mbit/s).

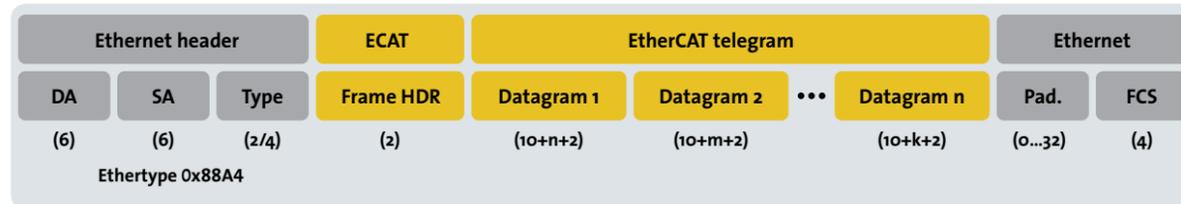
El maestro EtherCAT es el único nodo dentro de un segmento al que se le permite enviar activamente una trama EtherCAT; todos los demás nodos simplemente reenvían tramas aguas abajo. Este concepto evita retrasos impredecibles y garantiza capacidades en tiempo real.

El maestro utiliza un controlador de acceso al medio (MAC) Ethernet estándar sin un procesador de comunicaciones adicional. Esto permite implementar un maestro en cualquier plataforma de hardware con un puerto Ethernet disponible, independientemente del sistema operativo en tiempo real o del software de aplicaciones que se utilice. Los dispositivos EtherCAT esclavo utilizan un controlador de esclavos EtherCAT (ESC, del inglés EtherCAT Slave Controller) para procesar tramas sobre la marcha y totalmente en hardware, lo que hace que el rendimiento de la red sea predecible e independiente de la implementación del dispositivo esclavo individual.



# El protocolo EtherCAT

EtherCAT incrusta su carga útil en una trama Ethernet estándar. La trama se identifica con el identificador (0x88A4) en el campo EtherType. Dado que el protocolo EtherCAT está optimizado para datos de proceso de ciclos cortos, se puede eliminar el uso de pilas de protocolos, tales como TCP/IP o UDP/IP.



EtherCAT en una trama Ethernet estándar (conforme a IEEE 802.3)

Para garantizar la comunicación IT Ethernet entre los nodos, las conexiones TCP/IP se pueden tunelizar opcionalmente a través de un canal de buzón de correo sin afectar la transferencia de datos en tiempo real.

Durante el arranque, el equipo maestro configura y asigna los datos de proceso en los dispositivos esclavos. Se pueden intercambiar diferentes cantidades de datos con cada esclavo, desde un bit hasta unos pocos bytes, o incluso hasta kilobytes de datos.

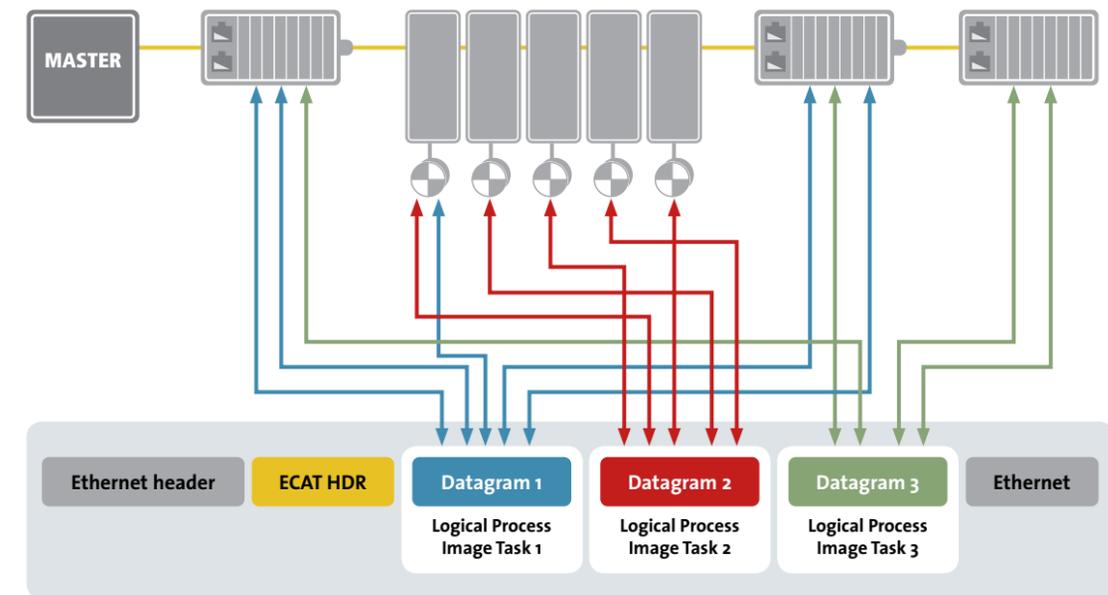
La trama EtherCAT contiene uno o más datagramas. La cabecera del datagrama indica qué tipo de acceso desea ejecutar el dispositivo maestro:

- lectura, escritura, lectura-escritura
- Acceso a un dispositivo esclavo específico mediante direccionamiento directo, o acceso a múltiples dispositivos esclavos mediante direccionamiento lógico (direccionamiento implícito)

El direccionamiento lógico se utiliza para el intercambio cíclico de datos de proceso. Cada datagrama direcciona una parte específica de la imagen de proceso en el segmento EtherCAT, para la cual están disponibles 4 GBytes de espacio de direcciones. Durante el arranque de la red, a cada dispositivo esclavo se le asignan una o más direcciones en este espacio global de direcciones. Si a varios dispositivos esclavos se les asignan direcciones en la misma área, todos pueden ser direccionados con un único datagrama. Puesto que los datagramas contienen completamente toda la información relacionada con el acceso a datos, el dispositivo maestro puede decidir cuándo y a qué datos acceder. Por ejemplo, el dispositivo maestro puede utilizar tiempos de ciclo cortos para actualizar datos en los accionamientos, mientras que utiliza un tiempo de ciclo más largo para muestrear

las I/Os; no se requiere una estructura de datos de proceso fija. Esto también alivia el dispositivo maestro en comparación con los sistemas de bus de campo convencionales, en los que los datos de cada nodo debían leerse individualmente, clasificarse con la ayuda del controlador de procesos y copiarse en la memoria.

Con EtherCAT, el dispositivo maestro únicamente necesita llenar una sola trama EtherCAT con nuevos datos de salida y enviar la trama a través del Acceso Directo a Memoria (DMA, del inglés Direct Memory Access) al controlador MAC. Cuando se recibe una trama con nuevos datos de entrada a través del controlador MAC, el dispositivo maestro puede volver a copiar la trama a través de DMA en la memoria del ordenador, todo ello sin que la CPU tenga que copiar activamente ningún dato. Además de los datos cíclicos, se pueden utilizar otros datagramas para comunicaciones asíncronas o impulsadas por eventos.



Inserción de datos de proceso sobre la marcha

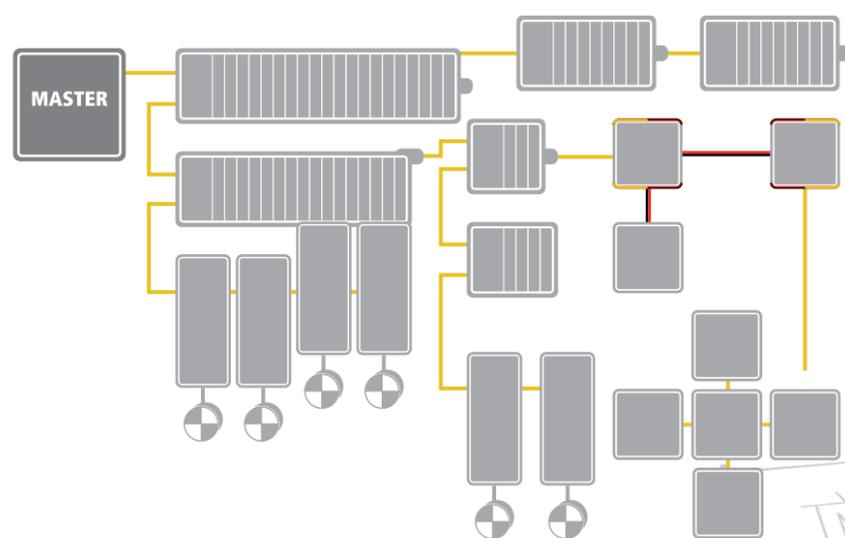
Además del direccionamiento lógico, el equipo maestro también puede direccionar un dispositivo esclavo a través de su posición en la red. Este método se utiliza durante el arranque de la red para determinar la topología de la red y compararla con la topología planificada.

Después de comprobar la configuración de la red, el dispositivo maestro puede asignar a cada nodo una dirección de nodo configurada y comunicarse con el nodo a través de esta dirección fija. Esto permite un acceso específico a los dispositivos, incluso cuando

se cambia la topología de la red durante el funcionamiento, por ejemplo, con grupos Hot Connect. Existen dos enfoques para la comunicación esclavo-esclavo. Un dispositivo esclavo puede enviar datos directamente a otro dispositivo esclavo que esté conectado aguas abajo en la red. Dado que las tramas EtherCAT sólo pueden procesarse hacia adelante, este tipo de comunicación directa depende de la topología de la red y es especialmente adecuada para la comunicación esclavo-esclavo en un diseño de máquina constante (por ejemplo, en máquinas de impresión o de embalaje). Por el contrario, la comunicación esclavo-esclavo libremente configurable pasa por el equipo maestro y requiere dos ciclos de bus (no necesariamente dos ciclos de control). Gracias al excelente rendimiento de EtherCAT, este tipo de comunicación esclavo-esclavo sigue siendo más rápido que con otras tecnologías de comunicación.

## Topología flexible

Lineal, en árbol, en estrella o cadena margarita: EtherCAT es compatible con prácticamente todas las topologías. EtherCAT hace posible una topología lineal o en bus pura con cientos de nodos sin las limitaciones que normalmente surgen de los conmutadores o hubs en cascada.



Topología flexible – lineal, en árbol o en estrella

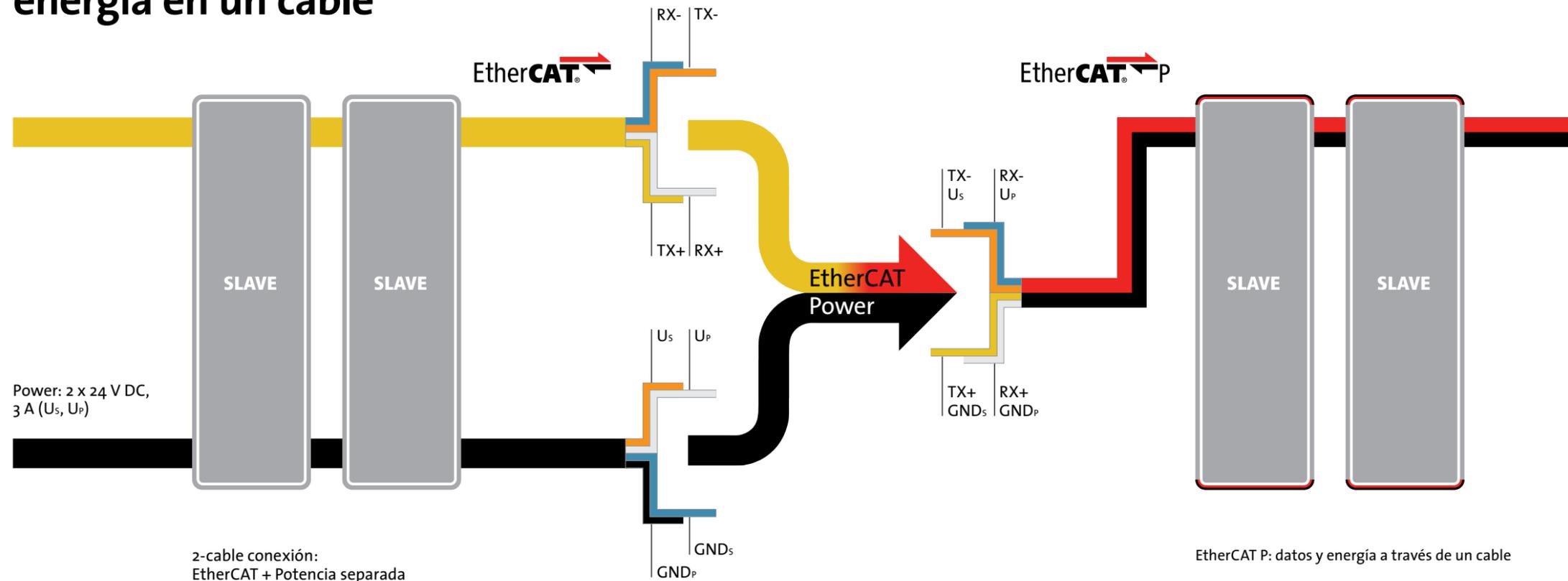
Al cablear el sistema, la combinación de líneas con branches o líneas de derivación es beneficiosa: los puertos necesarios para crear branches se integran directamente en muchos módulos de I/O, por lo que no se necesitan conmutadores adicionales ni componentes de infraestructura activos. También se puede utilizar naturalmente la topología clásica de Ethernet en estrella.

Las máquinas modulares o los cambiadores de herramientas requieren la conexión y desconexión de segmentos de red o nodos individuales durante el funcionamiento. Los controladores esclavos EtherCAT ya incluyen la base para esta característica de Hot Connect. Si se elimina una estación vecina, el puerto se cierra automáticamente para que el resto de la red pueda seguir funcionando sin interferencias. Tiempos de detección muy cortos < 15 µs garantizan un cambio de formato fluido.

EtherCAT ofrece una gran flexibilidad en cuanto a los tipos de cable, por lo que cada segmento puede utilizar el tipo exacto de cable que mejor se adapte a sus necesidades. El económico cable Ethernet industrial puede utilizarse entre dos nodos con una separación de hasta 100 m en el modo 100BASE-TX. Además, la adición de protocolo EtherCAT P permite la transmisión de datos y energía a través de un solo cable. Esta opción permite la conexión de dispositivos tales como sensores con una sola línea. Fibras ópticas (como 100BASE-FX) también pueden utilizarse, por ejemplo, para distancias entre nodos superiores a 100 m. Toda la gama de cableados para Ethernet también está disponible para EtherCAT.

Se pueden conectar hasta 65.535 dispositivos a un segmento EtherCAT, por lo que la ampliación de la red es prácticamente ilimitada. Dado el número prácticamente ilimitado de nodos, los dispositivos modulares como las estaciones de I/O «sliced» pueden diseñarse de tal forma que cada módulo sea propiamente un nodo EtherCAT. De esta manera se elimina el bus de extensión local; el alto rendimiento de EtherCAT llega directamente a cada módulo sin retrasos, ya que no hay puerta de enlace en el acoplador de bus ni en la cabecera.

## EtherCAT P: comunicación y energía en un cable



EtherCAT P (P = potencia) es una adición al estándar de protocolo EtherCAT descrito anteriormente. No permite solo la transmisión de datos de comunicación, sino también la tensión periférica a través de un único cable Ethernet estándar de cuatro hilos.

EtherCAT y EtherCAT P son idénticos en términos de tecnología de protocolos, ya que la adición afecta exclusivamente a la capa física. No se requieren nuevos controladores de esclavos EtherCAT cuando se utiliza EtherCAT P. Se podría decir que EtherCAT P tiene las mismas ventajas de comunicación que EtherCAT, pero también proporciona la fuente de alimentación a través del cable de comunicación, ofreciendo atractivas ventajas y mejoras para numerosas aplicaciones.

Dos fuentes de alimentación de 24 V, aisladas eléctricamente y conmutables individualmente, alimentan los nuevos dispositivos EtherCAT P, disponibles con U<sub>s</sub> para el sistema y los sensores y U<sub>p</sub> para la periferia y los actuadores. Ambas tensiones, U<sub>s</sub> y U<sub>p</sub>, se encuentran directamente acopladas a la línea de comunicación EtherCAT de 100 Mbit/s. Gracias a esta transmisión de energía, el usuario puede conectar en cascada varios dispositivos EtherCAT P y para ello solo necesita un cable. Esto permite reducir el cableado y diseñarlo de forma más

compacta y rentable, ahorrar costes del sistema y espacio ocupado por los dispositivos, equipos y máquinas.

EtherCAT P es especialmente interesante para aquellas partes de una máquina que son independientes y a menudo se encuentran un poco aisladas, ya que pueden ser suministradas con datos y energía a través de un solo cable. Todos los tipos de sensores son perfectamente adecuados para EtherCAT P: un único conector M8 compacto permite la integración eficiente de estos dispositivos de campo en la red de alta velocidad y los conecta a la tensión de alimentación. Gracias a la codificación mecánica del conector, se evitan posibles fuentes de error durante la conexión de los dispositivos.

EtherCAT P puede utilizarse en la misma red junto con la tecnología EtherCAT estándar. Unidades rectificadoras adecuadas transforman el sistema físico común de EtherCAT en EtherCAT P manteniendo de forma consistente la codificación de datos Ethernet. De la misma manera, un dispositivo puede ser suministrado con EtherCAT P pero, a su vez, también puede transmitir el protocolo EtherCAT.

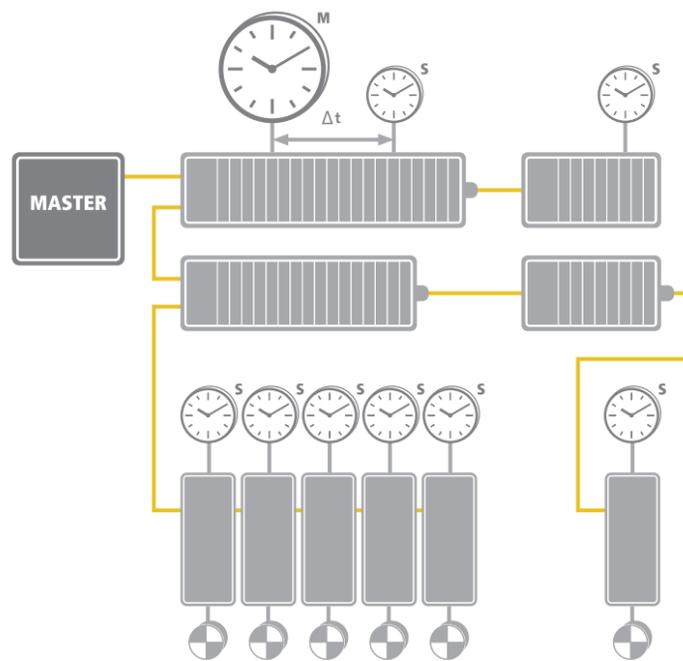
Más información sobre EtherCAT P puede encontrarse aquí: [www.ethercat.org/ethercat-p](http://www.ethercat.org/ethercat-p)



## Distributed-Clocks para una sincronización de alta precisión

En aplicaciones con procesos distribuidos espacialmente que requieren acciones simultáneas, la sincronización exacta es particularmente importante. Este es el caso por ejemplo en aplicaciones en las que varios servoejes ejecutan movimientos coordinados.

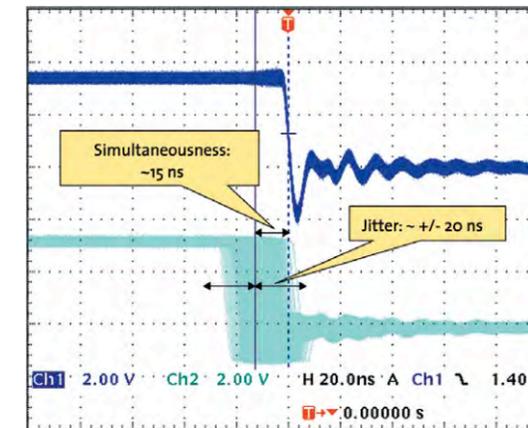
A diferencia de la comunicación completamente síncrona, cuya calidad sufre inmediatamente de errores de comunicación, los Distributed-Clocks sincronizados tienen un alto grado de tolerancia al jitter en el sistema de comunicación. Por eso, la solución EtherCAT para sincronizar nodos se basa en estos Distributed-Clocks (DC, relojes distribuidos).



Sincronización completamente basada en hardware con compensación de los retardos de propagación.

La calibración de los relojes en los nodos está completamente basada en hardware. La hora del primer dispositivo esclavo DC se distribuye cíclicamente a todos los demás dispositivos del sistema. Con este mecanismo, los relojes del dispositivo esclavo pueden ajustarse con precisión a este reloj de referencia. El jitter resultante en el sistema es significativamente menos de 1  $\mu$ s.

Dado que la hora enviada desde el reloj de referencia llega a los dispositivos esclavos con un ligero retardo, este retardo de propagación debe medirse y compensarse para cada dispositivo esclavo con el fin de asegurar la sincronización y simultaneidad. Este retardo se mide durante el arranque de la red o, si se desea, incluso de forma continua durante el funcionamiento, asegurando que los relojes sean simultáneos y cuenten con diferencias muy por debajo de 1  $\mu$ s entre ellos.



Sincronización y simultaneidad - Vista ampliada de dos dispositivos distribuidos con 300 nodos y una longitud de cable de 120 m

Si todos los nodos tienen la misma información horaria, pueden ajustar sus señales de salida simultáneamente y fijar sus señales de entrada con una marca de tiempo de alta precisión. En las aplicaciones de Motion Control, además de la sincronización y la simultaneidad, también es importante la precisión del ciclo. En este tipo de aplicaciones, la velocidad se deriva típicamente de la posición medida, por lo que es crítico que las mediciones de posición se tomen de forma equidistante y precisa (es decir, en ciclos exactos). Incluso inexactitudes muy pequeñas en el tiempo de medición de la posición pueden traducirse en inexactitudes mayores en la velocidad calculada, especialmente en relación con tiempos de ciclo cortos. Con EtherCAT, las mediciones de posición son desencadenadas por el reloj local preciso y no por el sistema de bus, lo que conduce a una precisión mucho mayor.

Además, el uso de Distributed-Clocks también descarga el dispositivo maestro. Puesto que acciones como la medición de posición son desencadenadas por el reloj local y no cuando se recibe la trama, el dispositivo maestro no tiene requisitos tan estrictos para enviar tramas. Esto permite que el master stack se implemente en software en un hardware Ethernet estándar. Incluso un jitter en el rango de varios microsegundos no disminuye la precisión de los Distributed-Clocks. Dado que la precisión del reloj no depende de cuándo sea establecido, el tiempo absoluto de la transmisión de la trama se vuelve irrelevante. El maestro EtherCAT sólo necesita asegurarse de que el telegrama EtherCAT se envíe con la suficiente antelación, antes de que la señal DC en los dispositivos esclavos desencadene la salida.

## Diagnóstico y localización de errores

La experiencia con sistemas de bus de campo convencionales ha demostrado que las características de diagnóstico juegan un papel importante en la determinación de la disponibilidad de una máquina y el tiempo de puesta en servicio. Además de la detección de errores, la localización de errores es importante durante la resolución de problemas. EtherCAT ofrece la posibilidad de analizar y comparar la topología real de la red con la topología planificada durante el arranque. EtherCAT también tiene muchas capacidades de diagnóstico adicionales inherentes a su sistema.

El controlador de esclavos EtherCAT en cada nodo comprueba si hay errores en la trama en movimiento con una suma de comprobación. La información se proporciona a la aplicación esclava únicamente si la trama se ha recibido correctamente. Si hay un error de bit, se incrementa el contador de errores y se informa a los nodos siguientes de que la trama contiene un error. El dispositivo maestro también detectará que la trama tiene un fallo y descartará su información. El dispositivo maestro es capaz de detectar dónde se produjo el fallo originalmente en el sistema analizando los contadores de errores de los nodos. Esto supone una enorme ventaja en comparación con los sistemas de bus de campo convencionales, en los que un error se propaga a lo largo de toda la línea, haciendo imposible localizar la fuente del error. EtherCAT puede detectar y localizar perturbaciones ocasionales antes de que el problema afecte la operación de la máquina.

Gracias al exclusivo principio de utilización del ancho de banda de EtherCAT, que es varias veces mejor que las tecnologías Ethernet industriales que utilizan tramas individuales, la probabilidad de perturbaciones inducidas por errores de bit dentro de una trama de EtherCAT es sustancialmente menor, si se utiliza el mismo tiempo de ciclo. Y, si se utilizan tiempos de ciclo mucho más cortos, como en el uso típico de EtherCAT, el tiempo requerido para la recuperación de errores se reduce significativamente. Por consiguiente, también es mucho más sencillo controlar estos problemas dentro de la aplicación.

Dentro de las tramas, el Working Counter permite supervisar la coherencia de la información en cada datagrama. Cada nodo que está direccionado por el datagrama y cuya memoria es accesible incrementa automáticamente el Working Counter. El maestro puede entonces confirmar cíclicamente si todos los nodos están trabajando con datos coherentes. Si el Working Counter tiene un valor diferente al que debería, el maestro no envía los datos de este datagrama a la aplicación de control. El dispositivo maestro puede entonces detectar automáticamente la razón del comportamiento inesperado con ayuda de la información de estado y de error de los nodos, así como el estado del enlace.

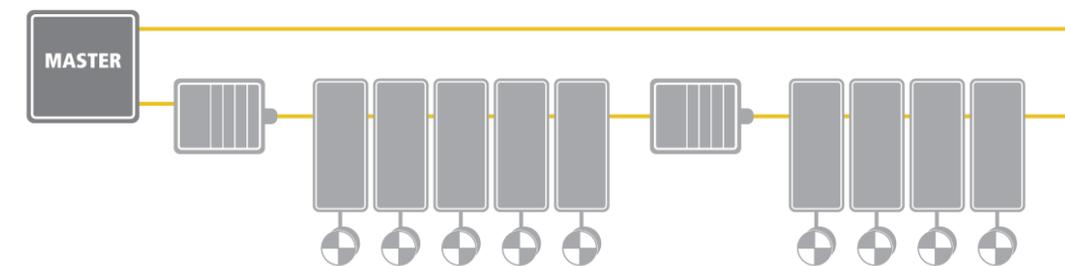
Dado que EtherCAT utiliza tramas Ethernet estándar, el tráfico de red Ethernet se puede registrar con la ayuda de herramientas de software Ethernet gratuitas. Por ejemplo, el conocido software Wireshark viene con un intérprete de protocolo para EtherCAT, de modo que la información específica del protocolo, como el Working Counter, los comandos, etc., se muestran en texto sin formato.

## Requisitos de alta disponibilidad

En el caso de máquinas o equipos con requisitos de disponibilidad muy elevados, una rotura de cable o un mal funcionamiento de un nodo no debe significar que ya no se pueda acceder a un segmento de red o que falle toda la red.

EtherCAT permite la redundancia de cables con medidas sencillas. Conectando un cable desde el último nodo a un puerto Ethernet adicional en el dispositivo maestro, una topología lineal se extiende a una topología en anillo. Un caso de redundancia, como una rotura de cable o un fallo de nodo, se detecta mediante un complemento de software en el master stack. ¡Eso es todo!

Los propios nodos no necesitan ser modificados y ni siquiera «saben» que están siendo operados en una red redundante.



Redundancia de cables económica con dispositivos esclavos EtherCAT estándar

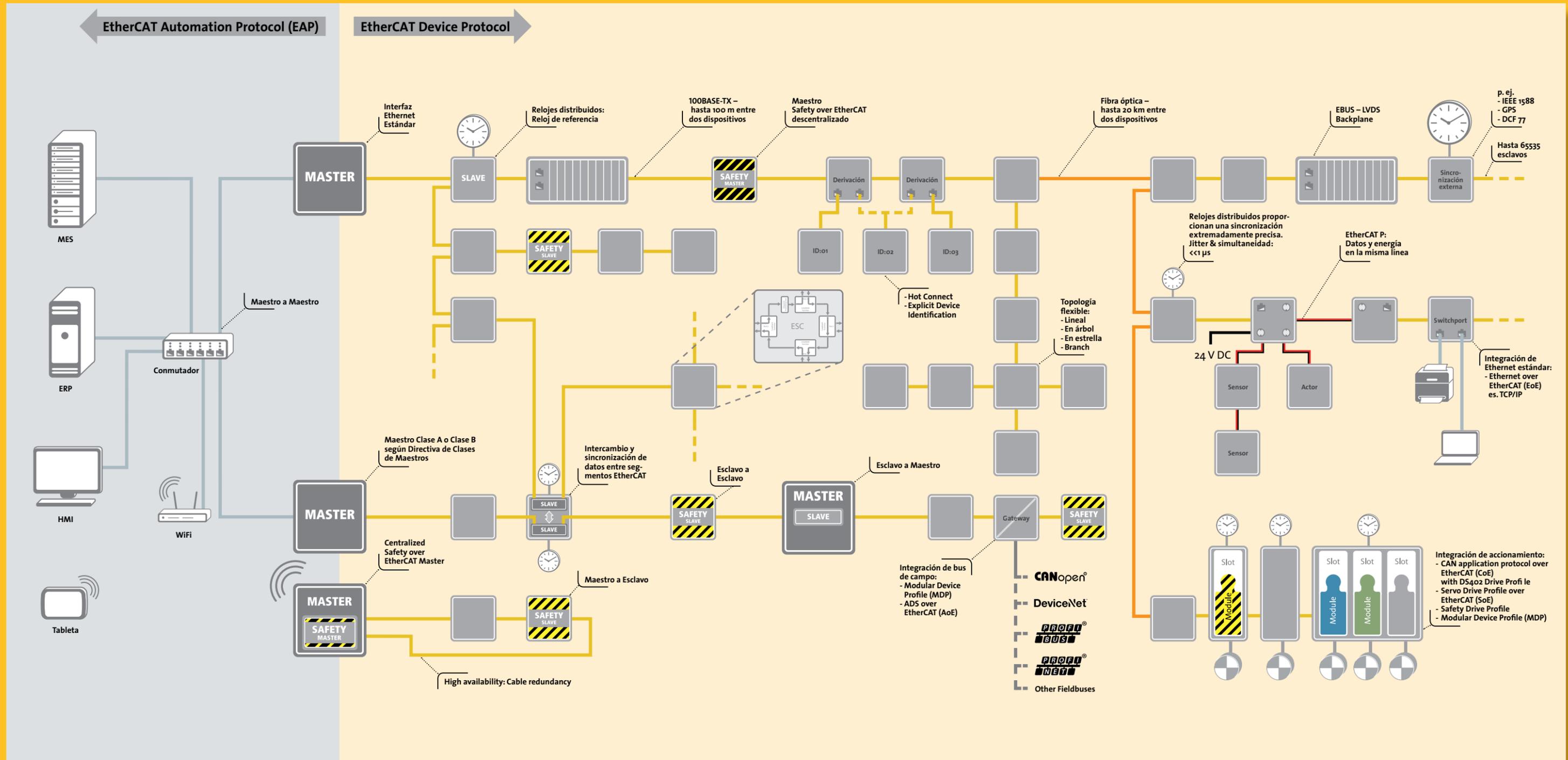
La detección de enlaces en los dispositivos esclavos detecta y resuelve automáticamente los casos de redundancia con un tiempo de recuperación inferior a 15  $\mu$ s, por lo que, como máximo, se interrumpe un único ciclo de comunicación. Esto significa que incluso las aplicaciones Motion con tiempos de ciclo muy cortos pueden seguir funcionando sin problemas cuando se rompe un cable.

Con EtherCAT, también es posible realizar la redundancia del dispositivo maestro con Hot Standby. Los componentes vulnerables de la red, como los conectados a una cadena portacables, se pueden cablear con un cable de derivación, de modo que incluso cuando se rompe un cable, el resto de la máquina sigue funcionando.

# EtherCAT – Vista general del sistema

Red EtherCAT de la planta

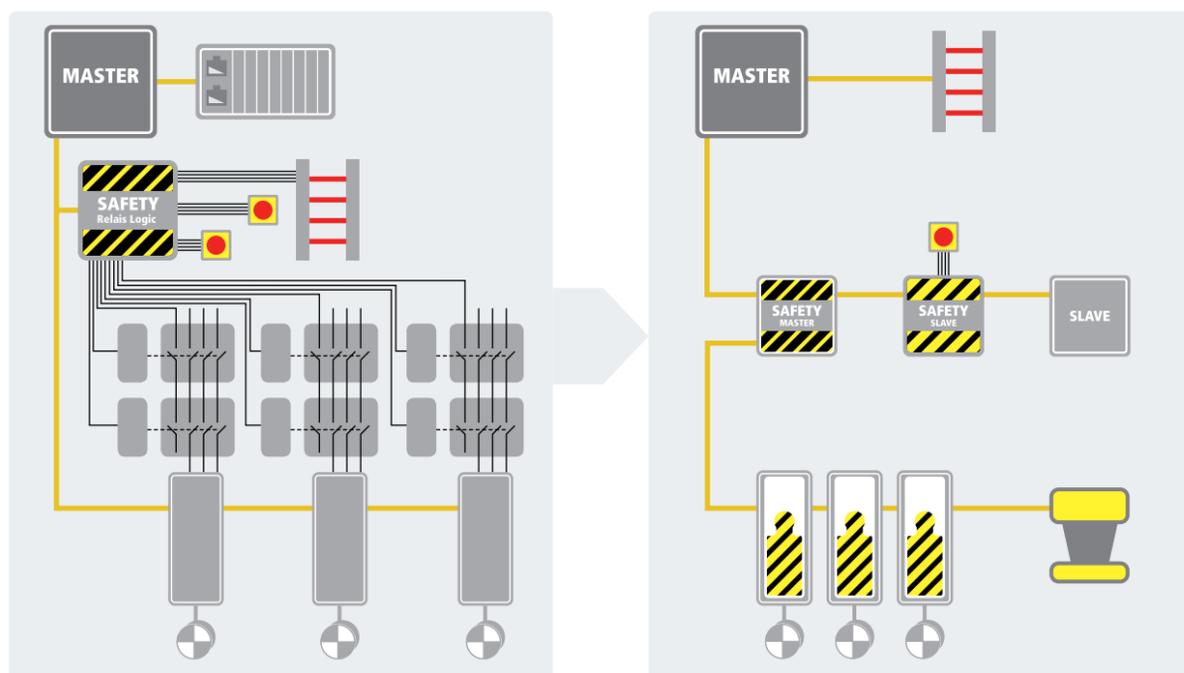
Red EtherCAT de control de máquinas



# Safety over EtherCAT

Los sistemas de comunicación modernos no solo realizan la transferencia determinística de datos de control, sino que también permiten la transferencia de datos de control críticos para la seguridad a través del mismo medio. EtherCAT utiliza el protocolo Safety over EtherCAT (FSoE = Fail Safe over EtherCAT) para este propósito, permitiendo:

- Un único sistema de comunicación para los datos de control y de seguridad
- La capacidad de modificar y ampliar de forma flexible la arquitectura del sistema de seguridad
- Soluciones precertificadas para simplificar las aplicaciones de seguridad
- Potentes funciones de diagnóstico para funciones de seguridad
- Integración perfecta del diseño de seguridad en el diseño de la máquina
- Capacidad de modificar y ampliar la arquitectura de seguridad

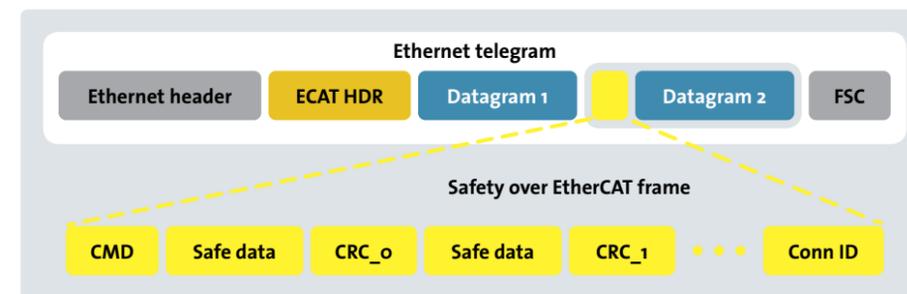


Safety over EtherCAT permite arquitecturas más simples y flexibles que con la lógica de relés

La tecnología de seguridad EtherCAT ha sido desarrollada según el estándar IEC 61508, cuenta con la certificación TÜV y está estandarizada en IEC 61784-3. El protocolo es adecuado para aplicaciones de seguridad con un nivel de integridad de seguridad de hasta SIL 3.

Con Safety over EtherCAT, el sistema de comunicación forma parte de un llamado Black Channel (canal negro), que no se considera relevante para la seguridad. El sistema de comunicación estándar EtherCAT utiliza un único canal para transferir datos estándar y datos críticos

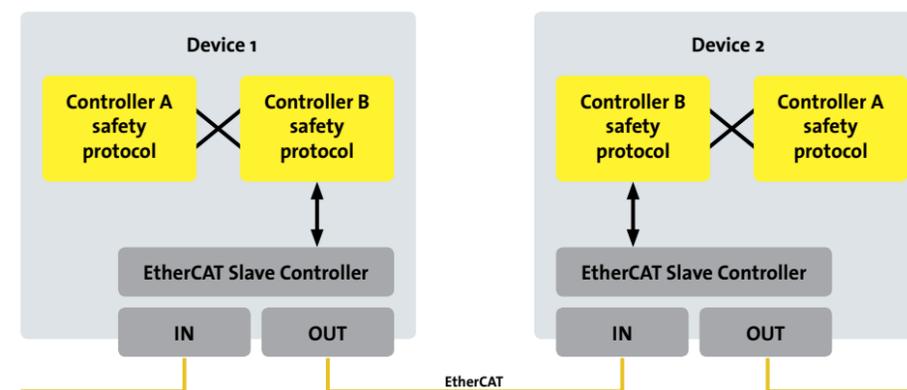
para la seguridad. Las tramas de seguridad, conocidas como Safety Containers (contenedores de seguridad), contienen datos de proceso críticos para la seguridad e información adicional utilizada para proteger estos datos. Los contenedores de seguridad se transportan como parte de los datos de proceso de la comunicación. La seguridad de la transferencia de datos no depende de la tecnología de comunicación subyacente y no está restringida a EtherCAT; los contenedores de seguridad pueden viajar a través de sistemas de bus de campo, Ethernet o tecnologías similares y pueden hacer uso de cables de cobre, fibra óptica e incluso conexiones inalámbricas.



El contenedor de seguridad se encuentra incrustado en los datos de proceso de la comunicación cíclica

Gracias a esta flexibilidad, la conexión segura de diferentes partes de la máquina resulta más sencilla. El contenedor de seguridad es enrutado a través de los diferentes controladores y se procesa en las diferentes partes de la máquina. De este modo, las funciones de parada de emergencia de toda una máquina o de partes de una máquina son fáciles de realizar, incluso si están acopladas a otros sistemas de comunicación (p. ej., Ethernet).

La implementación del protocolo FSoE en un dispositivo requiere pocos recursos y puede conducir a un alto nivel de rendimiento y, en consecuencia, a tiempos de reacción cortos. En la industria robótica, existen aplicaciones que utilizan SoE para aplicaciones seguras de Motion Control en un lazo cerrado de 8 kHz.



Principio del Black Channel: se puede utilizar la interfaz de comunicación estándar

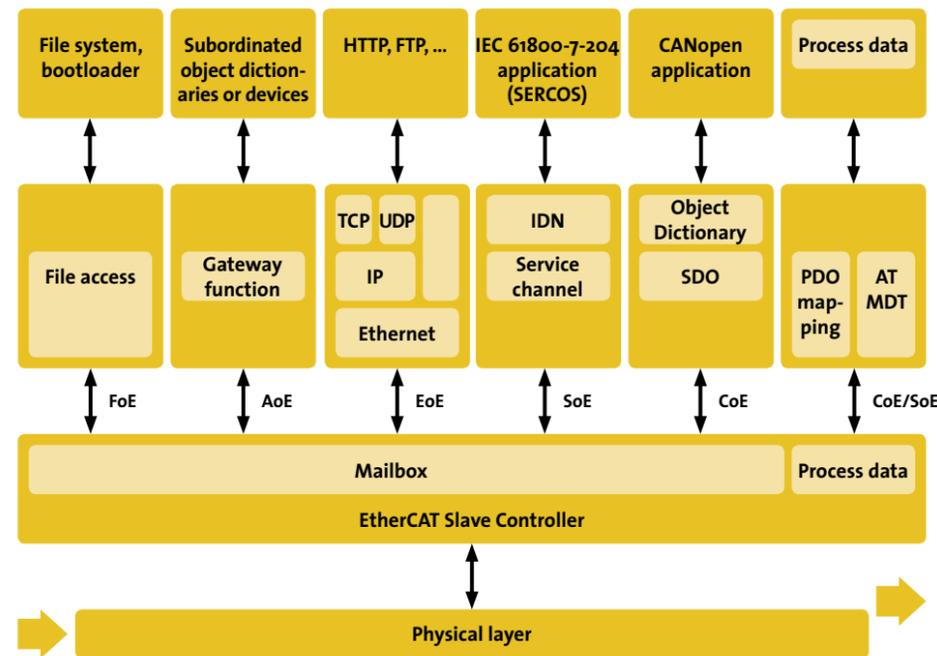
Más información sobre Safety over EtherCAT en la página web de ETG: [www.ethercat.org/safety](http://www.ethercat.org/safety)

## Perfiles de comunicación

Para configurar y diagnosticar los dispositivos esclavos, es posible acceder a las variables proporcionadas para la red con la ayuda de la comunicación acíclica. Esto se basa en un protocolo de buzón de correo fiable con una función de recuperación automática de mensajes erróneos.

Para soportar una amplia variedad de dispositivos y capas de aplicación, se han establecido los siguientes perfiles de comunicación EtherCAT:

- Protocolo de aplicación CAN over EtherCAT (CoE)
- Perfil de servoaccionamiento, conforme a IEC 61800-7-204 (SoE)
- Ethernet over EtherCAT (EoE)
- File Access over EtherCAT (FoE)
- Automation Device Protocol over EtherCAT (ADS over EtherCAT, AoE)



Diferentes perfiles de comunicación pueden coexistir en el mismo sistema

No se requiere que un dispositivo esclavo soporte todos los perfiles de comunicación, en vez de ello, puede decidir qué perfil es el más adecuado para sus necesidades. Se notifica al dispositivo maestro qué perfiles de comunicación se han implementado mediante el archivo de descripción del dispositivo esclavo.

## Protocolo de aplicación CAN over EtherCAT (CoE)

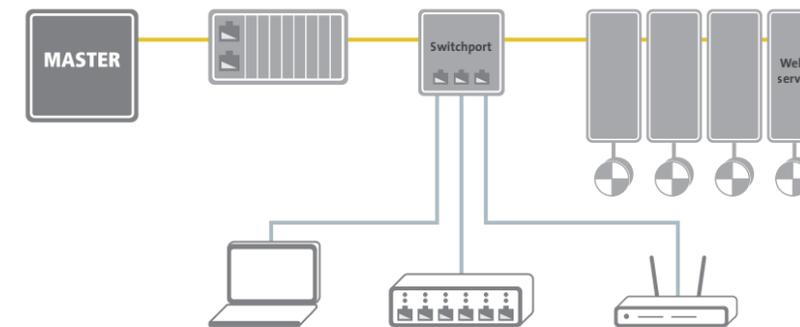
Con el protocolo CoE, EtherCAT proporciona los mismos mecanismos de comunicación que en el estándar CANopen® EN 50325-4: diccionario de objetos, asignación PDO (Process Data Objects, objetos de datos de proceso) y SDO (Service Data Objects, objetos de datos de servicio). Incluso la gestión de red es similar. Esto hace posible implementar EtherCAT con un mínimo esfuerzo en dispositivos que anteriormente estaban equipados con CANopen®. Incluso, grandes partes del firmware de CANopen® son reutilizables. Opcionalmente, se puede prescindir de la limitación PDO heredada de 8 bytes, y también es posible utilizar el ancho de banda mejorado de EtherCAT para soportar la carga de todo el Diccionario de objetos. Los perfiles de dispositivo, como el perfil de accionamiento CiA 402, también se pueden reutilizar para EtherCAT.

## Perfil de servoaccionamiento, conforme a IEC 61800-7-204 (SoE)

SERCOS™ es una interfaz de comunicación en tiempo real, especialmente para aplicaciones de Motion Control. El perfil SERCOS™ para servoaccionamientos está incluido el estándar internacional IEC 61800-7. El estándar también contiene la asignación de este perfil a EtherCAT. El canal de servicio, incluido el acceso a todos los parámetros y funciones internas del accionamiento, se asigna al buzón de correo de EtherCAT.

## Ethernet over EtherCAT (EoE)

EtherCAT utiliza las capas físicas de Ethernet y la trama Ethernet. El término Ethernet también se asocia frecuentemente con la transferencia de datos en aplicaciones de IT, que se basan en una conexión TCP/IP.



Transmisión transparente de protocolos de IT estándar

Mediante el protocolo Ethernet over EtherCAT (EoE) se puede transportar cualquier tráfico de datos Ethernet dentro de un segmento EtherCAT. Los dispositivos Ethernet se conectan a un segmento EtherCAT a través de los denominados Switchports. Las tramas Ethernet se tunelizan a través del protocolo EtherCAT, de forma similar a los protocolos de Internet (p. ej. TCP/IP, VPN, PPPoE (DSL), etc.), lo que hace que la red EtherCAT sea completamente transparente para dispositivos Ethernet. El dispositivo con la propiedad Switchport se encarga de insertar fragmentos TCP/IP en el tráfico EtherCAT y por lo tanto evita que las propiedades en tiempo real de la red se vean afectadas.

Adicionalmente, los dispositivos EtherCAT también pueden soportar protocolos Ethernet (como HTTP) y, por lo tanto, comportarse como un nodo Ethernet estándar fuera del segmento EtherCAT. El dispositivo maestro actúa como un conmutador de capa 2 que envía las tramas a través de EoE a los nodos correspondientes según sus direcciones MAC. De esta manera, todas las tecnologías de internet también se pueden implementar en un entorno EtherCAT, como un servidor web integrado, correo electrónico, transferencia FTP, etc.

### File access over EtherCAT (FoE)

Este sencillo protocolo, similar al TFTP (Trivial File Transfer Protocol), permite el acceso a archivos en un dispositivo y la carga uniforme de firmware a los dispositivos en toda la red. El protocolo se ha especificado deliberadamente de forma simple, para que pueda ser soportado por programas del gestor de arranque – no se requiere una pila TCP/IP.

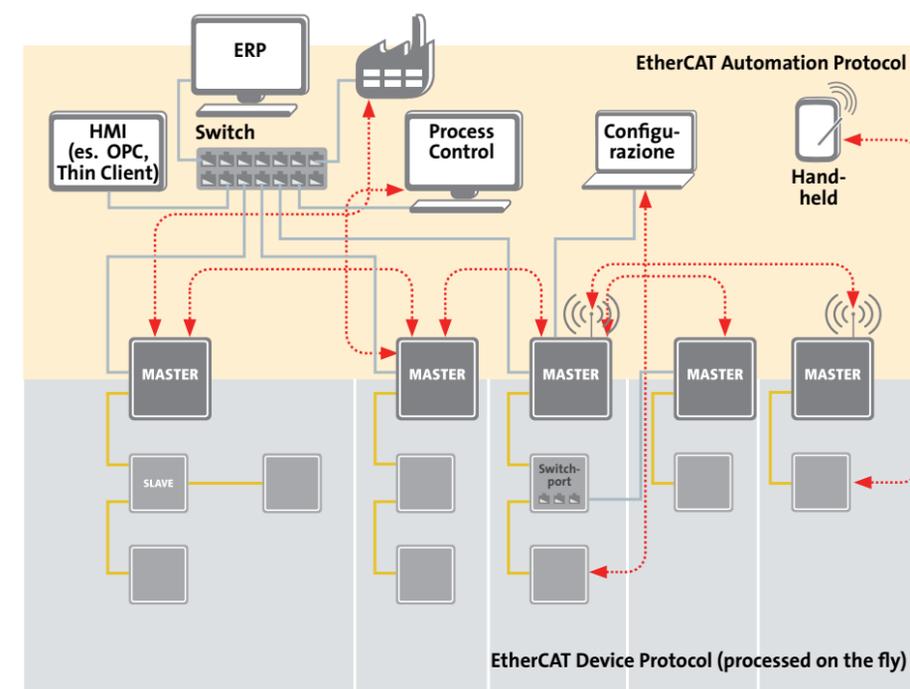
### ADS over EtherCAT (AoE)

Como protocolo cliente-servidor basado en buzón de correo, ADS over EtherCAT (AoE) está definido por la especificación EtherCAT. Mientras que protocolos como el protocolo de aplicación CAN over EtherCAT (CoE) proporcionan un concepto semántico detallado, AoE los complementa perfectamente a través de servicios enrutables y paralelos dondequiera que los casos de uso lo requieran. Por ejemplo, esto podría incluir el acceso a subredes a través de EtherCAT utilizando dispositivos de puerta de enlace de un programa de PLC como CANopen®, IO-Link™ y otros.

AoE tiene una sobrecarga mucho menor en comparación con servicios similares proporcionados por el protocolo de internet (IP). El telegrama AoE contiene siempre tanto los parámetros de direccionamiento del emisor como del receptor, por lo que es posible una implementación muy sencilla en ambos extremos (cliente y servidor). AoE es también el protocolo de elección para la comunicación acíclica mediante el protocolo de automatización EtherCAT (EAP, del inglés EtherCAT Automation Protocol) y, por lo tanto, proporciona una comunicación fluida entre un sistema MES, el maestro EtherCAT y los dispositivos de bus de campo subordinados conectados a través de puertas de enlace. AoE sirve como el medio estándar para obtener información de diagnóstico de red EtherCAT de una herramienta de diagnóstico remoto.

## Comunicación a nivel de toda la planta con el protocolo de automatización EtherCAT (EAP)

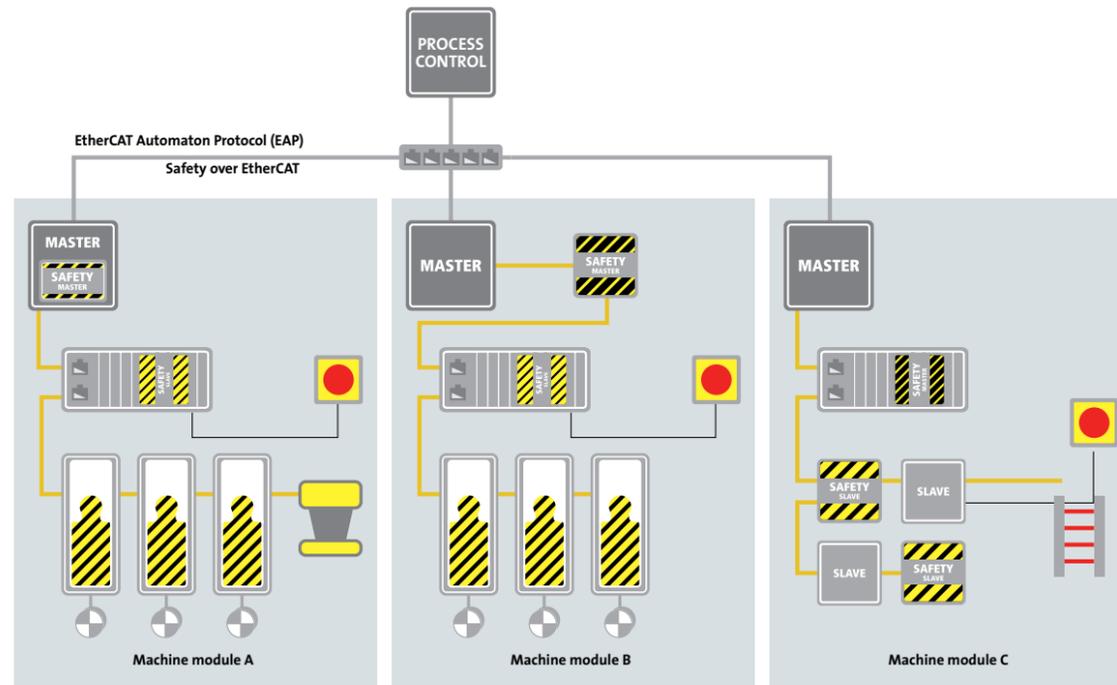
El nivel de gestión de procesos tiene requisitos de comunicación especiales que difieren ligeramente de los requisitos tratados por el protocolo de dispositivos EtherCAT, descritos en las secciones anteriores. Las máquinas o secciones de una máquina a menudo necesitan intercambiar información de estado e información sobre los siguientes pasos de fabricación entre sí. Además, suele haber un controlador central que supervisa todo el proceso de fabricación, que proporciona al usuario información sobre el estado de la productividad y asigna los pedidos a las distintas estaciones de la máquina. El protocolo de automatización EtherCAT (EAP) cumple todos los requisitos anteriores.



Comunicación en toda la fábrica con EtherCAT

El protocolo define interfaces y servicios para:

- Intercambio de datos entre dispositivos maestros EtherCAT (comunicación maestro-maestro),
- Comunicación a Interfaces Hombre-Máquina (HMI, del inglés Human Machine Interfaces),
- Un controlador de supervisión para acceder a los dispositivos que pertenecen a los segmentos EtherCAT subyacentes (enrutamiento),
- Integración de herramientas para la configuración de la máquina o planta, así como para la configuración del dispositivo.



Arquitectura de comunicaciones en toda la fábrica con el Protocolo de Automatización EtherCAT y Safety over EtherCAT

Los protocolos de comunicaciones utilizados en EAP forman parte del estándar internacional IEC 61158. EAP puede transmitirse a través de cualquier conexión Ethernet, incluyendo un enlace inalámbrico, por ejemplo, haciendo posible incluir vehículos de guiado automático (AGV, del inglés automated guided vehicles), que son comunes en la industria de los semiconductores y la automoción.

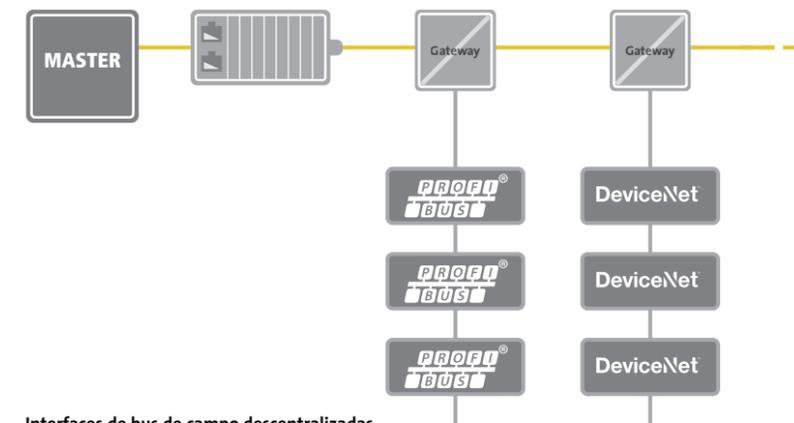
El intercambio cíclico de datos de proceso con EAP sigue el principio «Push» o «Poll». En el modo «Push», cada nodo envía sus datos con su propio tiempo de ciclo o como múltiplo del propio tiempo de ciclo. Cada receptor puede configurarse para recibir datos de emisores específicos. La configuración de los datos de emisor y receptor se realiza a través del conocido Diccionario de objetos. En el modo «Poll», un nodo (a menudo el controlador central) envía un telegrama a los otros nodos, y cada nodo responde con su propio telegrama.

La comunicación EAP cíclica se puede incrustar directamente en la trama Ethernet, sin necesidad de protocolos adicionales de transporte o enrutamiento. Nuevamente, el EtherType 0x88A4 identifica el uso específico EtherCAT de la trama. Esto permite el intercambio de datos de alto rendimiento con EAP en un ciclo de milisegundos. Si se requiere un enrutamiento de datos entre máquinas distribuidas, los datos de proceso también se pueden transmitir a través de UDP/IP o TCP/IP.

Adicionalmente, con la ayuda del protocolo Safety over EtherCAT, también es posible transmitir datos críticos para la seguridad a través de EAP. Esto es común en máquinas que necesitan intercambiar datos de seguridad para realizar una parada de emergencia global, o para informar a las máquinas vecinas de una parada de emergencia.

## Integración de otros sistemas de bus

El amplio ancho de banda de EtherCAT permite integrar redes de bus de campo convencionales como sistema subyacente a través de una puerta de enlace EtherCAT, lo que resulta especialmente útil a la hora de migrar de un bus de campo convencional a EtherCAT. El cambio a EtherCAT es gradual, lo que permite seguir utilizando componentes de automatización que aún no admiten una interfaz EtherCAT.



Interfaces de bus de campo descentralizadas

La capacidad de integrar puertas de enlace descentralizadas también reduce el tamaño físico del PC industrial, a veces incluso a un PC industrial embebido, ya que las ranuras de extensión ya no son necesarias. En el pasado, también se necesitaban ranuras de extensión para conectar dispositivos complejos, tales como puertas de enlace maestras y esclavas de bus de campo, interfaces de serie rápidas y otros subsistemas de comunicación. En EtherCAT, todo lo que se necesita para conectar estos dispositivos es un único puerto Ethernet. Los datos de proceso del subsistema subyacente están disponibles directamente en la imagen de proceso del sistema EtherCAT.

# Potenciando la transformación digital con EtherCAT, TSN, Industrie 4.0 e IoT



Optimización de procesos, Predictive Maintenance, fabricación como servicio, sistemas adaptativos, ahorro de recursos, fábricas inteligentes, reducción de costes – hay innumerables razones para utilizar datos de redes de control en sistemas de alto nivel. Internet of Things (IoT), Industrie 4.0, Made in China 2025, Industrial Value Chain Initiative: existe la necesidad común de una comunicación fluida, continua y estandarizada en todos los niveles. Datos de sensores cargados a la nube junto con fórmulas y parámetros descargados de sistemas ERP en dispositivos distribuidos; tómese como ejemplo un sistema de alimentación compartido por dos máquinas: hay requisitos de flujo de datos tanto en dirección vertical como en dirección horizontal. EtherCAT cumple intrínsecamente los requisitos de la transformación digital a través de su alto rendimiento, flexibilidad e interfaces abiertas: Un rendimiento superior del sistema es el requisito previo para agregar funciones de Big Data a las redes de control.

EtherCAT proporciona la flexibilidad para añadir conectividad en la nube a sistemas existentes sin siquiera «tocar» el controlador o actualizar los dispositivos esclavos: Los Edge Gateways pueden acceder a cualquier dato dentro de cualquier dispositivo esclavo EtherCAT a través de la función Mailbox Gateway del maestro EtherCAT. El Edge Gateway puede ser un dispositivo remoto, hablando con el maestro a través de TCP o UDP/IP, o una entidad de software ubicada directamente en el mismo hardware que el propio maestro EtherCAT.

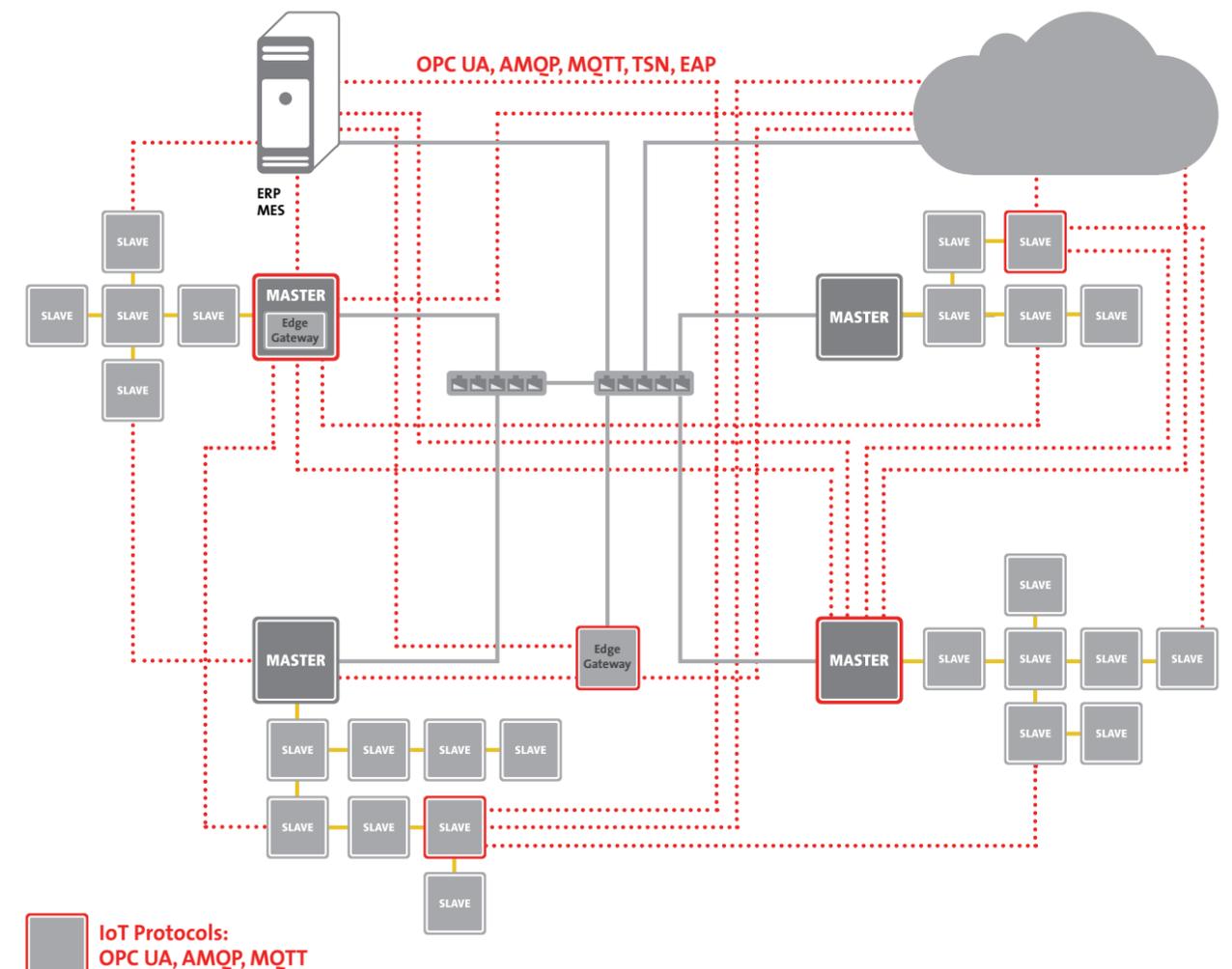
Adicionalmente, las interfaces abiertas permiten integrar cualquier protocolo basado en IT – incluyendo OPC UA, MQTT, AMQP o cualquier otro – ya sea dentro del maestro o directamente en los dispositivos esclavos, proporcionando así un enlace directo para IoT sin discontinuidades de protocolo desde el sensor hasta la nube.

Todas estas características siempre han formado parte del protocolo EtherCAT, lo que demuestra lo avanzada que es su arquitectura. No obstante, funciones de red adicionales se añaden a medida que evolucionan y adquieren relevancia. Por supuesto, también es importante tener en cuenta el pasado a la hora de mirar hacia el futuro: esta introducción de nuevas y valiosas características se gestiona con total continuidad de la red, ya que el propio protocolo EtherCAT ha permanecido estable en la «Versión 1» desde su introducción en 2003.

Otros nuevos desarrollos en el área de las funciones de redes sensibles al tiempo (TSN, del inglés Time Sensitive Networking) mejoran aún más las capacidades en tiempo real de la comunicación controlador a controlador. Habilitados por TSN, los sistemas de control, incluso los basados en la nube, pueden acceder a una red de esclavos EtherCAT, también en redes de planta. Puesto que EtherCAT solo necesita una trama para toda una red, este tipo de acceso es mucho más sencillo y, por tanto, más rápido que cualquier otro bus de campo o tecnología Ethernet industrial. De hecho, los expertos del EtherCAT Technology Group han contribuido activamente desde el primer día en el grupo de trabajo de TSN del IEEE 802.1, en un momento en que TSN todavía era conocido como AVB.

EI EtherCAT Technology Group (ETG) también fue una de las primeras organizaciones de bus de campo en asociarse con la Fundación OPC. El protocolo OPC UA complementa la gama EtherCAT porque es una tecnología de comunicación cliente/servidor escalable basada en TCP/IP con seguridad integrada, lo que permite la transferencia de datos cifrados hasta sistemas MES/ERP. Con OPC UA Pub/Sub, se ha mejorado la usabilidad de OPC UA en aplicaciones máquina a máquina (M2M) y para la comunicación vertical con servicios basados en la nube. El ETG está contribuyendo activamente a todos estos desarrollos para garantizar que se adapten perfectamente en el entorno EtherCAT.

Por lo tanto, se puede decir que EtherCAT no solo está preparado para el IoT, sino que EtherCAT es IoT.





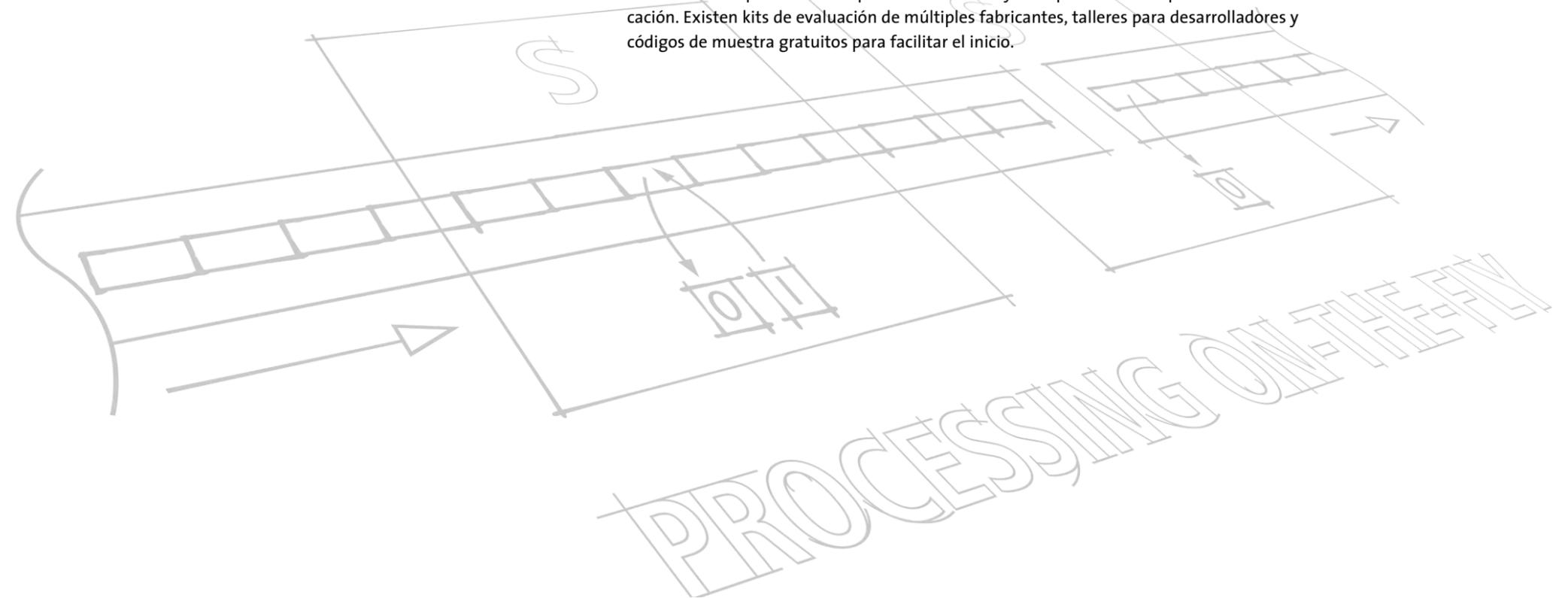
# Implementando interfaces EtherCAT

La tecnología EtherCAT ha sido especialmente optimizada para permitir un diseño económico, de forma que añadir una interfaz EtherCAT a un sensor, dispositivo I/O o controlador integrado no debería aumentar significativamente los costes del dispositivo. Además, la interfaz EtherCAT tampoco requiere una CPU más potente. Por el contrario, los requisitos de la CPU se basan únicamente en las necesidades de la aplicación objetivo.

Además de los requisitos de hardware y software, para el desarrollo de una interfaz también son importantes el soporte de desarrollo y la disponibilidad de pilas de comunicación. El EtherCAT Technology Group ofrece soporte de desarrollo en todo el mundo, respondiendo rápidamente a las consultas y abordando los problemas técnicos. Finalmente, existen kits de evaluación de múltiples fabricantes, talleres para desarrolladores y códigos de muestra gratuitos para facilitar el inicio.

Para el usuario final, el factor más importante es la interoperabilidad de los dispositivos EtherCAT de varios fabricantes. Para asegurar la interoperabilidad, se solicita a los fabricantes de dispositivos que realicen una prueba de conformidad antes de lanzar los dispositivos al mercado. La prueba comprueba si la implementación es acorde a la especificación EtherCAT y se puede realizar con la Herramienta de prueba de conformidad EtherCAT. La prueba también se puede utilizar durante el desarrollo del dispositivo para descubrir y corregir tempranamente cualquier problema de implementación.

Además de los requisitos de hardware y software, para el desarrollo de una interfaz también son importantes el soporte de desarrollo y la disponibilidad de pilas de comunicación. Existen kits de evaluación de múltiples fabricantes, talleres para desarrolladores y códigos de muestra gratuitos para facilitar el inicio.



La interfaz para un dispositivo maestro EtherCAT tiene un único requisito de hardware, increíblemente simple: un puerto Ethernet. La implementación utiliza o bien un controlador Ethernet integrado o una tarjeta de red estándar y económica, por lo que no requiere una tarjeta de interfaz especial. Esto significa que, con tan solo un puerto Ethernet estándar, un dispositivo maestro puede implementar una solución de red en tiempo real compleja.

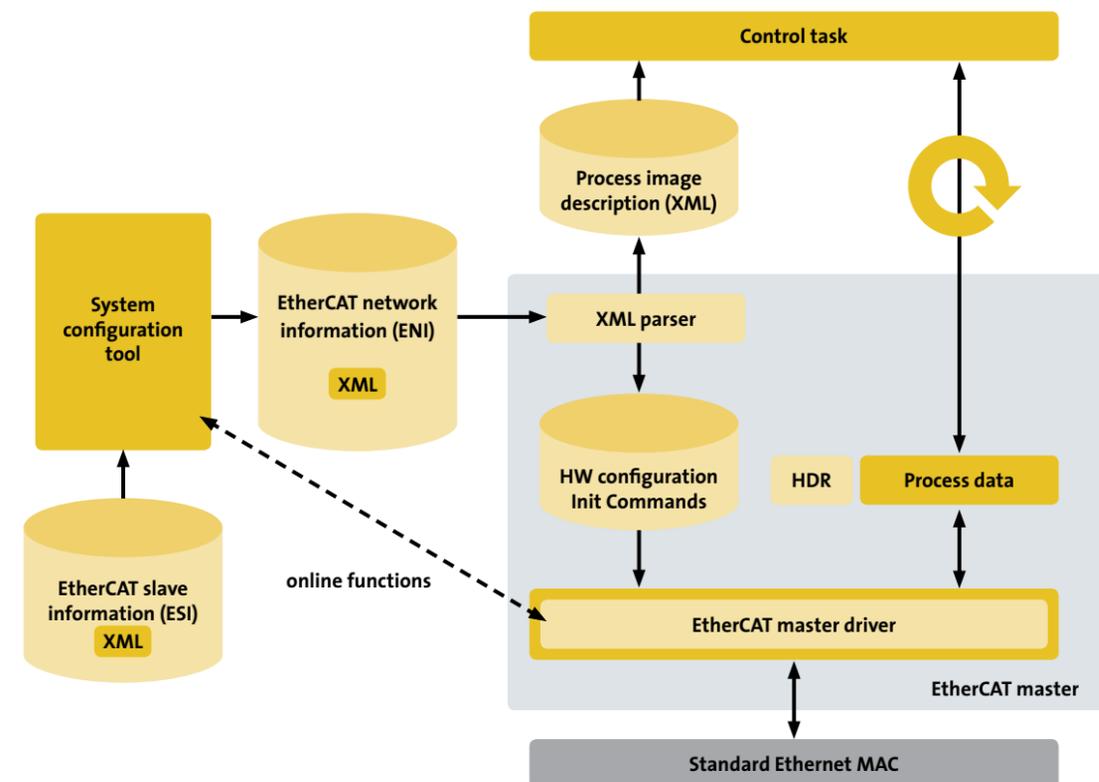
En la mayoría de los casos, el controlador Ethernet está integrado mediante Acceso directo a memoria (DMA; del inglés Direct Memory Access), por lo que no se requiere capacidad de la CPU para la transferencia de datos entre el dispositivo maestro y la red. En una red EtherCAT, la asignación tiene lugar en los dispositivos esclavos. Cada dispositivo esclavo escribe sus datos en la ubicación correcta de la imagen de proceso y lee los datos direccionados a él mientras la trama lo atraviesa. Por lo tanto, la imagen de proceso que llega al dispositivo maestro ya está correctamente clasificada.

Puesto que la CPU del dispositivo maestro ya no es responsable de la clasificación, sus requisitos de rendimiento dependen únicamente de la aplicación deseada y no de la interfaz EtherCAT. Especialmente para aplicaciones pequeñas, medianas y claramente definidas, la implementación de un maestro EtherCAT es muy sencilla. Los dispositivos maestros EtherCAT han sido implementados para una amplia variedad de sistemas operativos: Windows y Linux en varias iteraciones, QNX, RTX, VxWorks, Intime y eCos son tan solo algunos ejemplos.

Los miembros del ETG ofrecen una variedad de opciones para soportar la implementación de un maestro EtherCAT, desde descargas gratuitas de bibliotecas maestro EtherCAT y códigos maestros de muestra hasta paquetes completos (incluyendo servicios) para varios sistemas operativos en tiempo real y CPU.

Para operar una red, el maestro EtherCAT requiere la estructura de datos de proceso cíclica, así como comandos de arranque para cada dispositivo esclavo. Estos comandos se pueden exportar a un archivo de Información de red EtherCAT (ENI, del inglés EtherCAT Network Information) con la ayuda de una herramienta de configuración EtherCAT que utiliza archivos de Información de esclavo EtherCAT (ESI, del inglés EtherCAT Slave Information) de los dispositivos conectados.

La amplitud de implementaciones maestro disponibles y sus funciones soportadas varían. Dependiendo de la aplicación objetivo, las funciones opcionales están soportadas o se omiten intencionadamente para optimizar el uso de los recursos de hardware y software. Por esta razón, los dispositivos maestro EtherCAT se clasifican en dos clases: un maestro Clase A es un dispositivo maestro EtherCAT estándar, mientras un maestro Clase B es un dispositivo maestro con menos funciones. En principio, todas las implementaciones maestras deben tener como objetivo una clasificación Clase A. La Clase B solo se recomienda para casos en los que los recursos disponibles son insuficientes para soportar todas las funcionalidades, tal como en sistemas integrados.



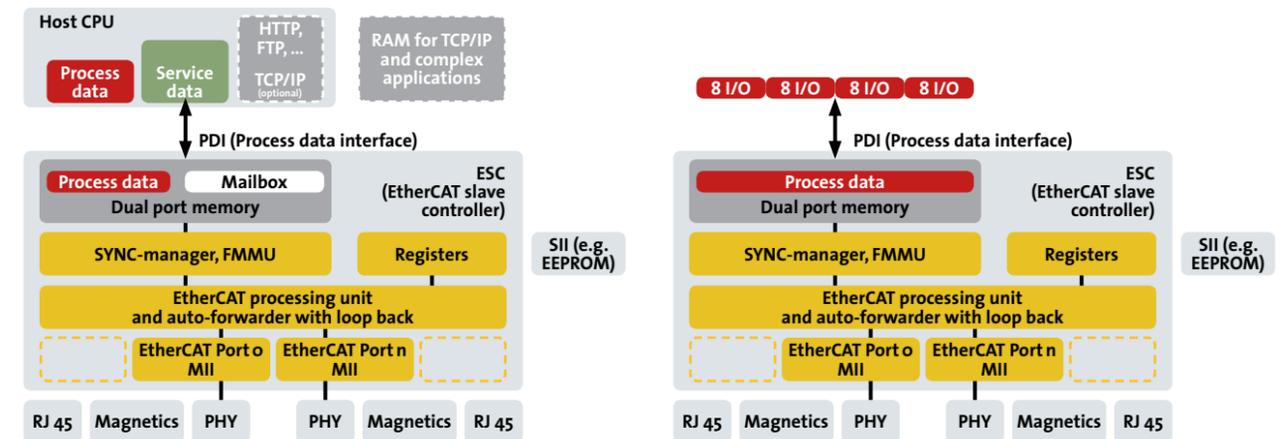
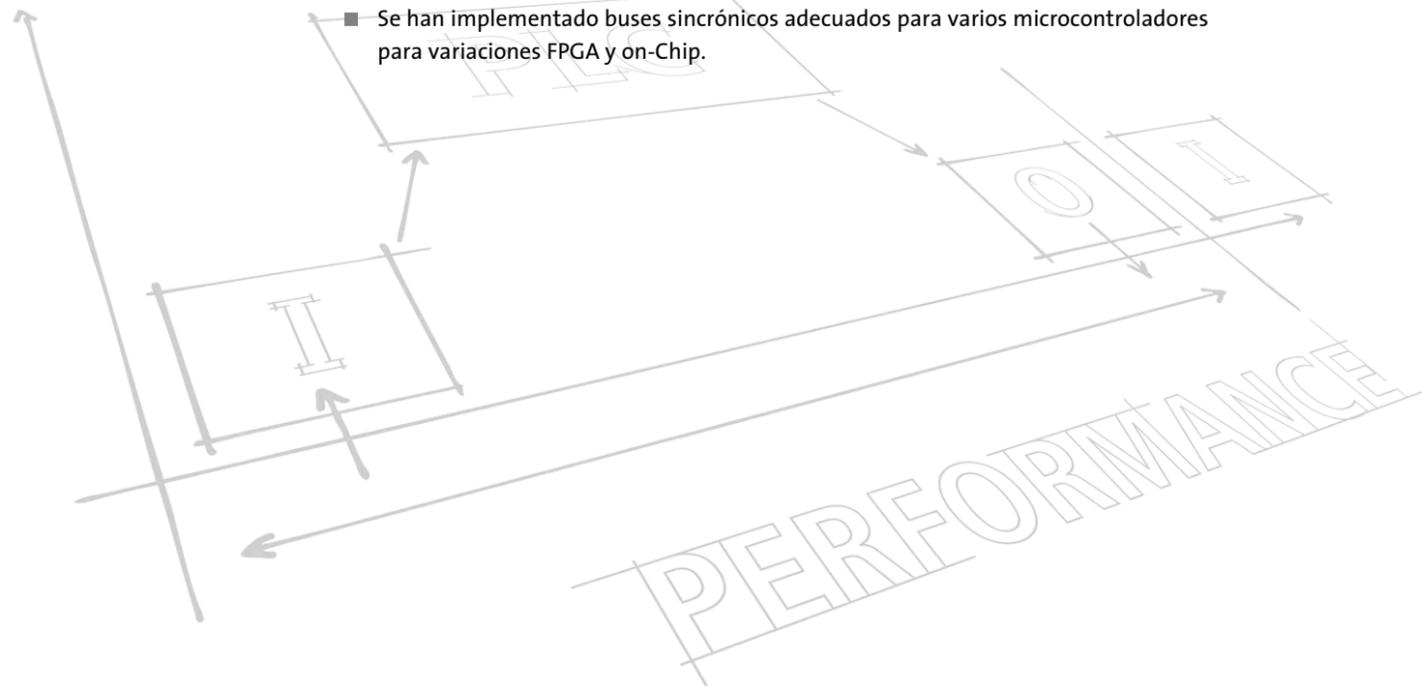
Arquitectura típica de maestro EtherCAT

# Implementando Esclavo

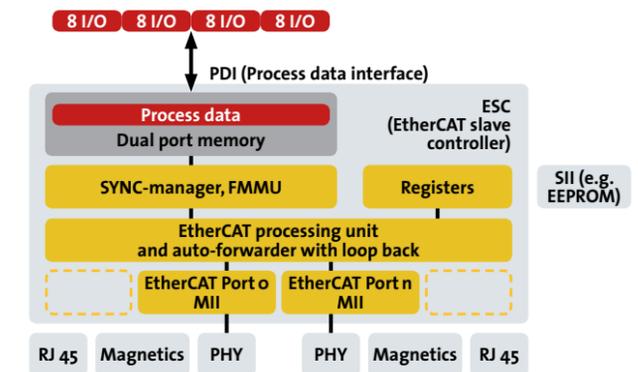
Los dispositivos esclavos EtherCAT utilizan Controladores de esclavos EtherCAT (ESC, del inglés EtherCAT Slave Controllers) económicos en forma de un ASIC, una FPGA o integrados en un microcontrolador estándar. Los dispositivos esclavos simples ni siquiera necesitan un microcontrolador adicional porque las entradas y las salidas se pueden conectar directamente al ESC. Para dispositivos esclavos más complejos, el rendimiento de comunicación depende solo mínimamente del rendimiento del microcontrolador y, en la mayoría de los casos, un microcontrolador de 8 bits es suficiente.

Los Controladores de esclavos EtherCAT están disponibles de múltiples fabricantes, con tamaños de DPRAM interna y números de Unidades de gestión de memoria de bus de campo (FMMUs, del inglés Fieldbus Memory Management Units) en función del modelo. También hay disponibles diferentes Interfaces de datos de proceso (PDI, del inglés Process Data Interfaces) para el acceso externo desde el controlador de la aplicación a la memoria de la aplicación:

- La interfaz I/O paralela de 32 bits es adecuada para conectar hasta 32 entradas y salidas digitales, pero también para sensores o actuadores simples para los cuales es suficiente con 32 bits de datos y no se requiere un controlador de aplicación.
- La Interfaz periférica serial (SPI, del inglés Serial Peripheral Interface) está prevista para aplicaciones con pequeñas cantidades de datos de proceso, como dispositivos I/O analógicos, codificadores o accionamientos simples
- La interfaz de microcontrolador paralela de 8/16 bits equivale a las interfaces comunes de controladores de bus de campo con DPRAM integrada. Es particularmente adecuada para nodos complejos con grandes cantidades de datos.
- Se han implementado buses sincrónicos adecuados para varios microcontroladores para variaciones FPGA y on-Chip.



Hardware esclavo:  
Controlador de esclavos Ethercat con CPU host



Hardware esclavo:  
Controladores de esclavos Ethercat con I/O directo

La configuración de hardware está guardada en una memoria no volátil (por ejemplo, EEPROM), la Interfaz de información de esclavo (SII, del inglés Slave Information Interface), que contiene información sobre las características básicas del dispositivo, de forma que el maestro puede leerla durante el arranque y operar el dispositivo, incluso si no está disponible el archivo de descripción del dispositivo. El archivo de Información de esclavo EtherCAT (ESI) que viene con el dispositivo está basado en XML y contiene la descripción completa de las propiedades accesibles por la red, tales como datos de proceso y sus opciones de asignación, los protocolos de buzón de correo soportados, incluyendo características opcionales, así como los modos de sincronización soportados. La Herramienta de configuración de red utiliza esta información para la configuración online y offline de la red.

Varios fabricantes ofrecen kits de evaluación para implementar dispositivos esclavos. Estos kits incluyen software de aplicaciones de esclavo en código fuente y a veces también un maestro de prueba. Utilizando un kit de evaluación es posible poner en marcha una red EtherCAT maestro-esclavo completamente funcional en unos pocos pasos. La página web del ETG contiene una Guía de Implementación de Esclavos con consejos y sugerencias útiles sobre documentación adicional para la implementación de dispositivos esclavos: [www.ethercat.org/ETG2200](http://www.ethercat.org/ETG2200)



Dos factores importantes para un estándar de comunicación exitoso son la conformidad y la interoperabilidad. Además de requerir una prueba de conformidad para cada implementación de dispositivo (con la ayuda de la Herramienta de prueba de conformidad EtherCAT automatizada), el EtherCAT Technology Group ofrece una variedad de actividades para garantizar la interoperabilidad entre los dispositivos maestros EtherCAT, los dispositivos esclavos y también la Herramienta de configuración EtherCAT.

## Plug Fest

Cuando se intenta probar si múltiples dispositivos son interoperables, la conexión de los dispositivos entre sí resulta un enfoque pragmático. Teniendo esto en cuenta, el ETG organiza varias de las denominadas Plug Fests cada año, que habitualmente tienen una duración de dos días. Durante las Plug Fests, los fabricantes de dispositivos maestros y esclavos se reúnen para probar si sus dispositivos pueden funcionar juntos, lo que permite mejorar la usabilidad de los dispositivos en el campo. El ETG realiza Plug Fests regularmente en Europa, Norteamérica y Asia.

## Herramienta de prueba de conformidad (CTT)

La Herramienta de prueba de conformidad EtherCAT (CTT, del inglés Conformance Test Tool) permite probar automáticamente el comportamiento de un dispositivo esclavo EtherCAT. La CTT es un programa de Windows que únicamente requiere un puerto Ethernet estándar. La herramienta envía tramas EtherCAT al Dispositivo en prueba (DuT, del inglés Device under Test) y recibe sus respuestas. Un caso de prueba se marca como superado si la respuesta del DuT corresponde a la respuesta definida. Los casos de prueba están definidos como archivos XML. Esto permite modificar o expandir los casos de prueba sin tener que modificar la propia herramienta de prueba. El TWG de Conformidad es responsable de especificar y publicar los casos de prueba válidos más actuales. Además de las pruebas de protocolo, la CTT también examine si los valores del archivo de Información de esclavo EtherCAT (ESI, del inglés EtherCAT Slave Information) son válidos. Finalmente, la CTT también realiza pruebas de protocolo específicas del dispositivo, como para el perfil de accionamiento CiA402. Todos los pasos y los resultados de la prueba son guardados en un registro de la prueba (Test Logger) y pueden ser analizados o guardados como verificación documentada de la aprobación del dispositivo.

ETG constantemente mantiene y añade nuevos casos a la CTT. Es importante que el fabricante siempre disponga de la versión más reciente para testear los productos antes de comercializarlos. La CTT se ofrece como una suscripción y es también útil durante el diseño para descubrir errores antes de la implementación.

## Grupo de Trabajo Técnico de Conformidad

La Política de prueba de conformidad EtherCAT exige a los fabricantes de dispositivos probar cada dispositivo con una versión válida de la Herramienta de prueba de conformidad EtherCAT antes de lanzar el dispositivo al mercado. El fabricante debe realizar esta prueba internamente. El Comité Técnico (TC, del inglés Technical Committee) del ETG estableció un Grupo de Trabajo Técnico (TWG, del inglés Technical Working Group) de Conformidad que determina los procedimientos de prueba, los contenidos de la prueba y la implementación de la Herramienta de prueba de conformidad. El TWG de conformidad expande continuamente la prueba y su alcance. El TWG de conformidad también establece el proceso de prueba de interoperabilidad, con el cual los dispositivos pueden ser probados en el contexto de una red completa.

## Centro de prueba EtherCAT (ETC)

Los Centros de prueba EtherCAT (ETC, del inglés EtherCAT Test Center) oficiales en Europa, Asia y Norteamérica están acreditados por el ETG y realizan la Prueba de conformidad EtherCAT oficial. La Prueba de conformidad EtherCAT incluye las pruebas automatizadas realizadas con la CTT, pruebas de interoperabilidad dentro de una red, así como un examen de los indicadores del dispositivo, marcado y pruebas de las interfaces EtherCAT.

Se recomienda a los fabricantes de dispositivos, aunque no es obligatorio, que sus dispositivos sean probados en un ETC. Tras superar la Prueba de conformidad, el fabricante recibe un certificado de Conformidad EtherCAT probada para su dispositivo. Este certificado solo está disponible para dispositivos que han superado la Prueba de conformidad en un ETC, no para aquellos que han sido probados internamente.

La prueba adicional en un Centro de prueba EtherCAT acreditado aumenta además la compatibilidad y la operación y el diagnóstico uniformes de las implementaciones EtherCAT. Los usuarios finales deberían solicitar los Certificados de conformidad EtherCAT probada cuando eligen dispositivos para sus aplicaciones.

Se puede encontrar más información sobre Conformidad y los Centro de prueba EtherCAT (ETC) en la página web de ETG: [www.ethercat.org/conformance](http://www.ethercat.org/conformance)

## www.ethercat.org

El sitio web de EtherCAT proporciona información detallada sobre la tecnología, así como sobre los próximos eventos, los últimos productos EtherCAT y la lista actual de miembros. Además, hay temas centrales como la seguridad funcional y la conformidad de los dispositivos EtherCAT. Además, el sitio web pone a disposición presentaciones, artículos de prensa y publicaciones en la sección de descargas.

### Guía de productos

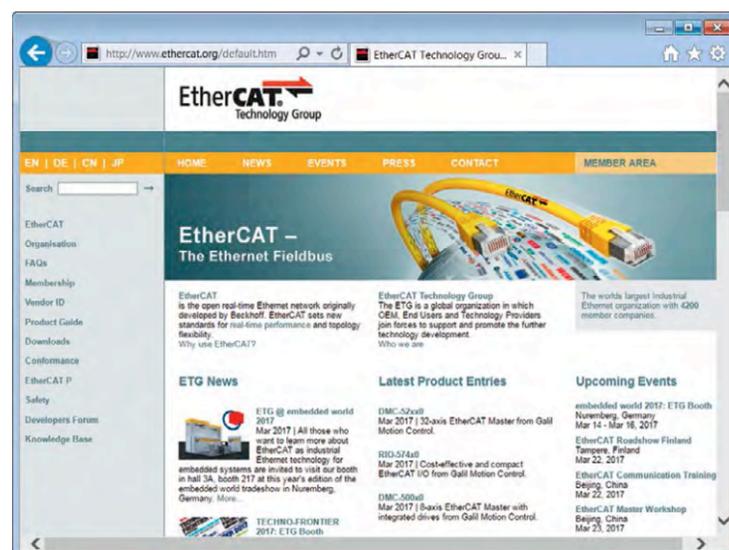
La Guía de Productos EtherCAT es un directorio que contiene los productos y servicios EtherCAT en base a la información proporcionada por los miembros de ETG. Se encuentra disponible en [www.ethercat.org/products](http://www.ethercat.org/products). Si tiene alguna consulta sobre los productos, póngase en contacto directamente con el fabricante, ya que ETG no vende ningún producto.

### La sección de eventos

La sección de eventos muestra los eventos organizados por el ETG a nivel mundial y los que se organizan conjuntamente con la asociación. En el calendario, que se encuentra en [www.ethercat.org/events](http://www.ethercat.org/events), se pueden consultar las fechas importantes, incluyendo las de las reuniones de los grupos de trabajo técnico, participaciones en ferias, talleres EtherCAT y seminarios de Ethernet Industrial.

### Área de miembros

Los miembros tienen acceso privilegiado al área protegida del sitio web ([www.ethercat.org/memberarea](http://www.ethercat.org/memberarea)), que contiene valioso material adicional, como todas las especificaciones de EtherCAT, el foro de desarrolladores en línea y una base de conocimientos con toda la información necesaria para la implementación, configuración y diagnóstico de dispositivos y redes EtherCAT.



## EtherCAT en el mundo



### Contacto

#### Sede central del ETG

Ostendstraße 196  
90482 Núremberg  
Alemania  
Teléfono: +49 (911) 540 56 20  
Fax: +49 (911) 540 56 29  
info@ethercat.org

#### Oficina del ETG en Norteamérica

Carlsbad (CA), EE. UU.  
Teléfono: +1 (877) 384-3722  
info.na@ethercat.org

#### Oficina del ETG en China

Pekín, China  
Teléfono: +86 (10) 8220 0090  
Fax: +86 (10) 8220 0039  
info@ethercat.org.cn

#### Oficina del ETG en Japón

Yokohama, Japón  
Teléfono: +81 (45) 650 1610  
Fax: +81 (45) 650 1613  
info.jp@ethercat.org

#### Oficina del ETG en Corea

Seúl, Corea  
Teléfono: +82 (0)2 2107 3242  
Fax: +82 (0)2 2107 3969  
info.kr@ethercat.org



EtherCAT

EtherCAT®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, son marcas o marcas registradas, licenciadas por Beckhoff Automation GmbH, Alemania. CANopen® es una marca registrada de CAN in Automation e.V. IO-Link™ es una marca registrada de PROFIBUS International. SERCOS interface™ es una marca registrada de SERCOS International e.V. SEMI® es una marca registrada de Semiconductor Equipment and Materials International (SEMI). Otras denominaciones utilizadas en esta página web pueden ser marcas, cuyo uso por parte de terceros para sus propios fines podría violar los derechos de los propietarios.