

Ethernet e IEEE 802.3

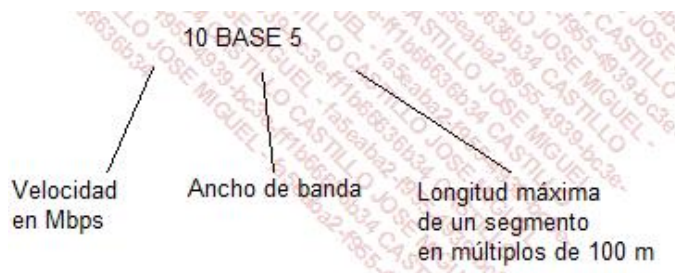
1. Generalidades

El protocolo Ethernet aparece en 1980 como resultado de los trabajos de DEC, Intel y Xerox. Como es tan económico, está siempre presente en cualquier instalación. Su evolución se estandarizó en la norma IEEE 802.3, que cubre la capa Física y una parte de la de Conexión de datos. Hay algunas diferencias entre Ethernet y 802.3, pero no disociaremos estas dos normas.

802.3 utiliza los servicios de la capa LLC. El modo de acceso al soporte es por contención, a través de *Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection (CSMA/CD)*.

2. Características de la capa Física

802.3 ofrece distintas opciones de capa Física. Las denominaciones utilizadas toman en cuenta la velocidad, el soporte, el tipo de señal y la longitud del segmento.



10 base 2 corresponde a una red Ethernet con cable coaxial fino (10 Mbps, señalización digital para segmentos de 200 metros como máximo; en realidad, 185 metros).

10 base T corresponde a una Ethernet con par trenzado (T por *Twisted pair*).

100 base T es una implementación de Ethernet a 100 Mbps con par trenzado (categoría 5).

1000 base T (norma IEEE 802.3ab) corresponde a una solución basada en el par trenzado UTP categoría 5e (máximo 100 metros).

10 G base T se basa en la definición IEEE 802.3an y establece la velocidad a 10 Gbps para el par trenzado en longitudes máximas de 100 metros.

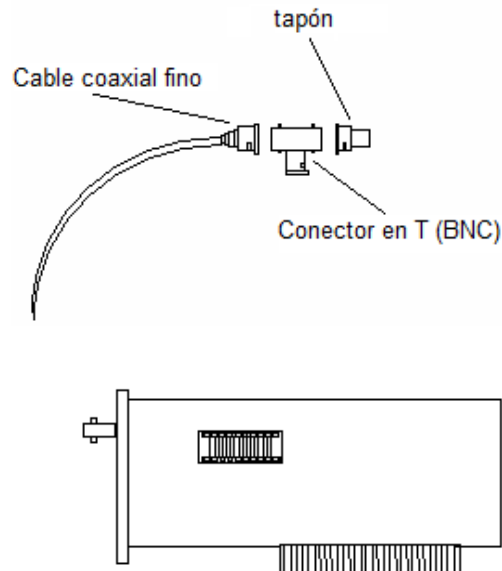
La señalización es digital y la codificación utilizada es la Manchester (las tarjetas de red funcionan a 20 MHz). Una trama tiene una longitud mínima de 64 bytes y máxima de 1518 bytes.

a. Las especificidades de Ethernet

Ethernet se definió para una velocidad de 10 Mbps. En un principio se conectaban los nodos de la red con cable coaxial grueso (*thick*) o fino (*thin*). Más tarde, la casi totalidad de las implementaciones de este tipo de red utilizan el par trenzado o incluso la fibra óptica.

10 base 2

Una red Ethernet que utiliza el coaxial fino RG58, de 5 mm de diámetro, se llama *thin-net* o *cheap-net*.

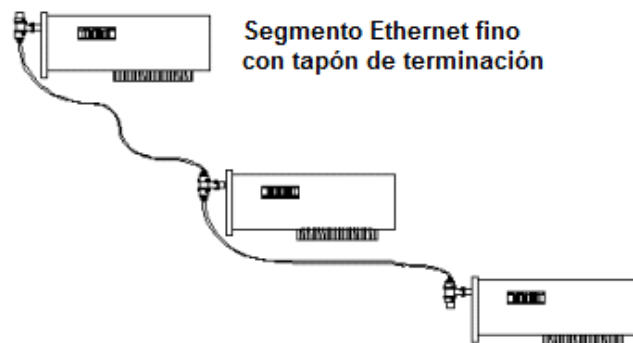


La topología preferida es el bus y los segmentos no deben exceder los 185 metros (debido al importante factor de atenuación). Utilizaremos conectores *British Naval Connector* (BNC) para conectar los nodos.



Conector en «T»

La distancia mínima entre dos conectores T es de 0,5 m. El número máximo de estaciones es de 30 por segmento. El alcance de la red no debe superar los 925 metros (interconectando como máximo 5 segmentos con 4 repetidores). Es necesario colocar una resistencia o tapón de terminación en cada extremo del segmento. El transmisor-receptor que permite la circulación de las señales está integrado en la tarjeta de red de 10 base 2.



10 base 5

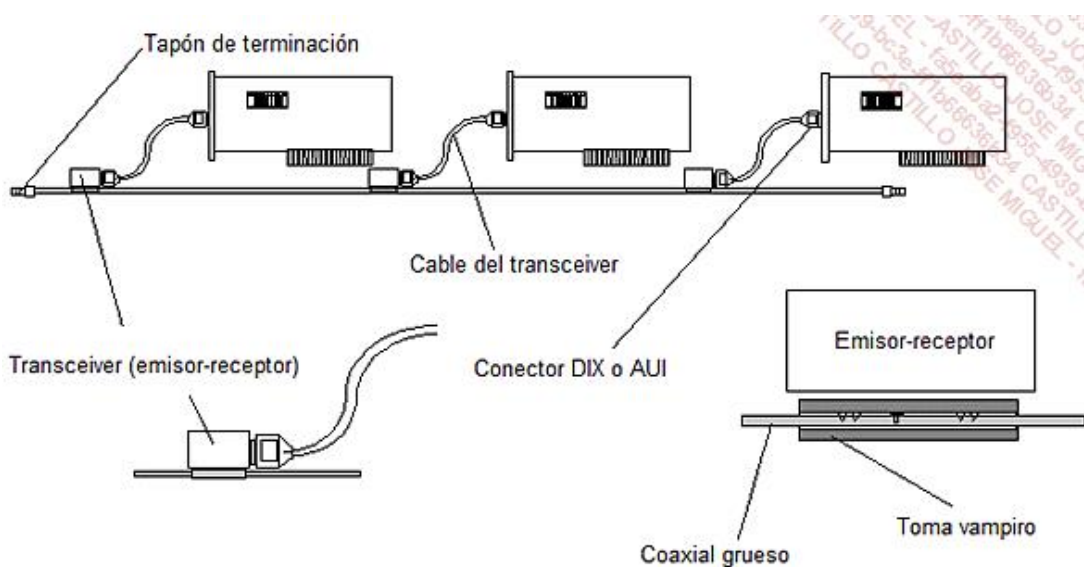
El soporte coaxial grueso RG11, de 10 mm de diámetro, casi ha desaparecido, aunque todavía se utiliza en entornos muy sensibles a las interferencias electromagnéticas.



Cable coaxial grueso

Las redes Ethernet que utilizan el cable coaxial grueso también se conocen con los nombres *thick-net*, gran Ethernet o Ethernet gruesa, en función de su volumen y de su rigidez. El modo de acceso CSMA/CD funciona como en 10 base 2, en una topología de bus. Los segmentos llegan a los 500 metros, lo que confiere a la red un alcance máximo de 2500 metros.

- En Ethernet, se habla a menudo de la regla 5-4-3, que permite tener como máximo 5 segmentos interconectados por 4 repetidores. De los 5 segmentos, solo 3 deben estar conectados a equipos de trabajo. Así, en la Ethernet fina, el alcance máximo de la red es de 925 metros contra 2500 en la Ethernet gruesa.



En el caso del 10 base 5, el emisor-receptor (o *transceiver*) es externo y puede alejarse de la tarjeta de red a unos 50 metros. El cable que conecta el *Access Unit Interface* (AUI) o *Digital Intel Xerox* (DIX) de la tarjeta con el *transceiver* a través del cable coaxial grueso se llama cable emisor-receptor. La distancia mínima entre dos *transceivers* es de 2,5 metros y no se deben tener más de 100 *transceivers* por segmento.

- El emisor-receptor externo a menudo se conecta al cable grueso utilizando una toma vampiro. También encontramos adaptadores AUI/RJ45, que disponen de un emisor-receptor integrado que permite conectar la tarjeta de red 10 base T utilizando un conector AUI.

10 base T

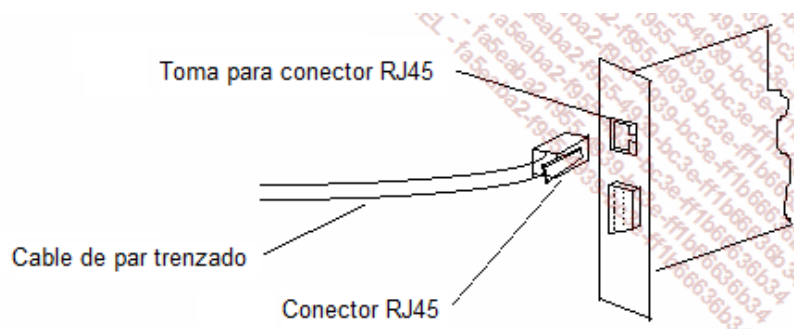
Las redes Ethernet en estrella utilizan el cable de cobre de par trenzado. Se emplean cuatro hilos, acoplados a conectores RJ45. El cable utilizado es de categoría 3 o 5 y puede estar blindado o no.



Cable 10 base T

La red se forma por centralización en un conmutador (*switch*). La longitud del cable entre el hardware que se desea conectar y el elemento activo no debería, teóricamente, exceder los 100 m. Con la mejora de calidad de los cables esta distancia se puede superar en la práctica, aunque no se recomienda.

Aunque la imagen externa, proporcionada por la conexión entre los distintos puertos del elemento activo, se parece a una estrella, los nodos de la red componen una topología en bus. Se puede ampliar la red conectando los elementos activos en cascada, para obtener una topología en árbol, o interconectándolos mediante un bus (con frecuencia de fibra óptica).



Ethernet y la fibra óptica

Fiber Optic Inter Repeater Link (FOIRL) fue la primera implementación de la fibra óptica en una red Ethernet.

La fibra óptica se puede utilizar para la conexión de dos LAN situadas a distancias relativamente cercanas (uno o dos kilómetros).

La interconexión puede efectuarse por medio de un repetidor, de un puente o incluso de una estrella óptica activa (gestión de colisiones).

➤ Siempre hay que utilizar dos fibras, que son soportes simplex, para asegurar la emisión y la recepción.

La utilización de la fibra a bajas velocidades ha permitido crear soluciones para Ethernet, con longitudes de segmentos que llegan hasta los dos kilómetros. Una posibilidad es utilizar la fibra para interconectar LAN distantes con ayuda de repetidores mixtos (fibra/coaxial, por ejemplo).

A finales de 1993, se definieron algunos estándares para Ethernet y la fibra óptica. Se les designa con el nombre 10 base F. Estas especificaciones definen tres tipos de segmentos: 10 base FL (*Fiber Link*), 10 base FB (*Fiber Backbone*) y 10 base FP (*Fiber Passive*).

10 base FL

Esta norma, que sustituye al antiguo FOIRL, define un segmento de punto a punto que puede alcanzar los 2 km, a condición de que solo se utilicen equipos 10 base FL. Si se utiliza algún equipo FOIRL, el segmento no llegará a más de 1 km. Un segmento 10 base FL puede unir dos ordenadores o dos repetidores, o un ordenador a un puerto de un repetidor.



Repetidor 10 base FL

10 base FB

Esta especificación permite definir una topología basada en fibra óptica, como troncal de una arquitectura de estrella. Esta implementación describe una indicación sincrónica que permite ir más allá del número de repetidores aceptados por Ethernet. Las conexiones 10 base FB no conectan ordenadores; se utilizan solamente para conectar estrellas ópticas 10 base FB para construir una columna troncal. Cada segmento puede alcanzar los 2 km. Además, esta última norma permite el diagnóstico a distancia de los fallos.



Cable 10 base FB

10 base FP

Este conjunto de especificaciones define una estrella pasiva que enlaza varios ordenadores conectados a una fibra óptica sin utilizar repetidor. Un segmento 10 base FP no debe superar 500 m. Una estrella pasiva 10 base FP puede conectar hasta 33 ordenadores.

- Cada vez es menos frecuente encontrar en uso redes Ethernet a 10 Mbps. La mayoría de las implementaciones presentadas con anterioridad ya no se utilizan en absoluto. Sin embargo, sí representan bases en torno a las cuales se han desarrollado técnicas más recientes, como Fast Ethernet.

b. Las especificidades de Fast Ethernet

Con el aumento del tráfico de red necesario en las empresas, la velocidad nativa de 10 Mbps de Ethernet ya no es suficiente. En 1994 apareció Fast Ethernet, su sucesor (estándar IEEE 802.3u), que ofrece un ancho de banda 10 veces superior sin ser más caro.

Durante sus primeras aplicaciones concretas, Fast Ethernet, con su implementación de 10/100 Mbps, permitió tener en cuenta lo que ya existía. Esta capacidad de transición facilitó su puesta en marcha inicial.

El cableado utilizado es el par trenzado de cobre de categoría 5 como mínimo, con conector RJ45, o de fibra óptica.

Fast Ethernet utiliza, igual que su predecesor, CSMA/CD. Las topologías son las mismas.

100 base T4

100 base T4 utiliza cuatro pares trenzados UTP de categoría 3 como mínimo. Los conectores son compatibles con 10 base T y 100 base T4, para el cual utiliza dos pares suplementarios. La codificación es de tipo 8B/6T y utiliza tres de los cuatro pares para transmitir en cada sentido, y el cuarto par para la detección de colisiones.

Esta solución permitía inicialmente recuperar arquitecturas basadas en cables de categoría 3. Estos ya no se utilizan y el 100 base T4 ya no resulta interesante.

100 base TX

Esta implementación utiliza par trenzado de categoría 5 como mínimo, blindado o no. La inserción de los cables en los conectores RJ45 es compatible con 10 base T. Se trata del estándar utilizado normalmente.

100 base FX

100 base FX se basa en la fibra óptica (dos fibras).



Tarjeta de red para fibra óptica

- Fast Ethernet se ha impuesto como el estándar desde hace ya algunos años. Las velocidades de las estaciones de trabajo parecen suficientes y la aplicación de 100 base TX tiene un coste escaso.

c. Gigabit Ethernet

Esta evolución la estandarizó IEEE con el número 802.3z. La banda ancha más rápida, de 1 Gbps, obliga a revisar las bases de la comunicación. Por ejemplo, los cables de categoría 5 normalmente no se han diseñado para conseguir frecuencias tan rápidas como las necesarias en este caso. La denominación 5e (*enhanced*) designa cables capaces de soportar frecuencias de 100 MHz.

Se asegura la compatibilidad con sus predecesores, de donde procede el calificativo para el hardware: 10/100/1000 Mbps.

- Para migrar una instalación existente a gigabit Ethernet, normalmente es necesario hacer un reciclaje. A menudo, aunque el hardware sea adecuado, el cableado no puede soportar la velocidad de una manera fiable.

A 1 Gbps, la gestión de las colisiones es muy delicada. A esta velocidad, las arquitecturas son conmutadas.

Se reconoce un cierto número de implementaciones, como:

- 1000 base T (o 1000 base TX): comparable a 100 base T, pero 10 veces más rápida, admite el par de cobre trenzado de categoría 5 (o mejor de 5e) y 6 en cables con un máximo de 100 metros.
- 1000 base SX (*Short Wave*): para la explotación de fibras ópticas multimodo en distancias más cortas, del orden de 550 metros como mínimo.
- 1000 base LX (*Long Wave*): utiliza la fibra óptica multimodo o monomodo para un máximo de 2 a 5 kilómetros.

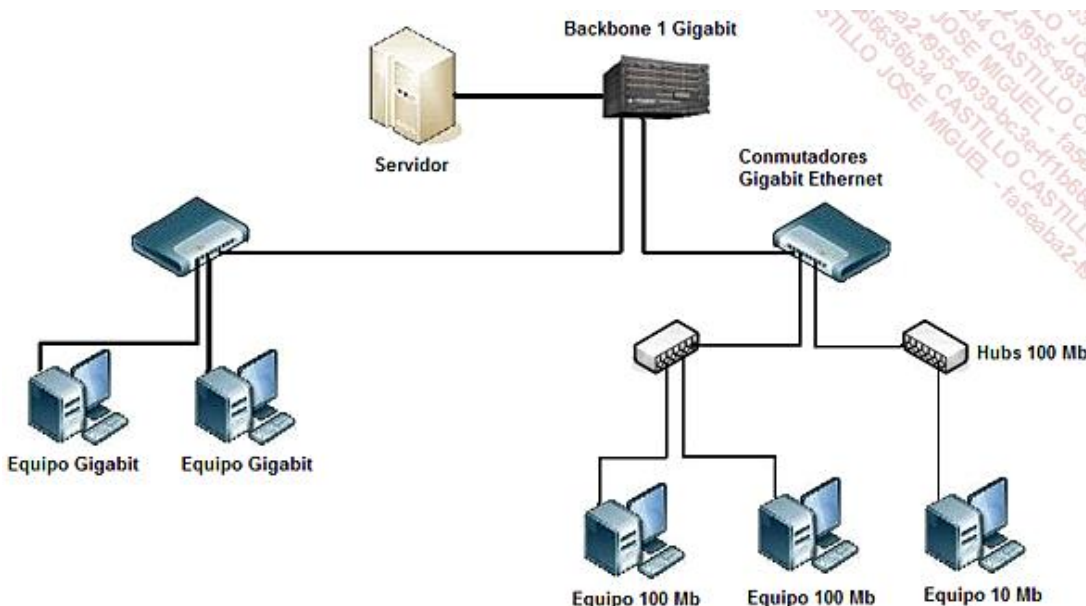


Conmutador compatible con varios conectores de fibra a través de GBIC

Gigabit Ethernet está destinado a enlaces troncales y a las comunicaciones con los servidores.

En el primer caso, permite la interconexión entre conmutadores (fibra óptica o cobre) o bien entre subrepetidores. Si estos dispositivos, que son los que tienen el hardware de conmutación, están alejados o en edificios diferentes, es necesaria una conexión de fibra óptica.

En el caso de los servidores, esta solución es interesante porque generalmente estos forman un cuello de botella y porque las velocidades de red que les corresponden deben ser más elevadas.



Hay una norma complementaria, 802.3x, que define la adaptación de la velocidad con las redes menos rápidas. Como los *buffers* de entrada/salida no son limitados y, por lo tanto, no pueden absorber las diferencias de velocidad, se activa un control de flujo que indica al emisor cuándo tiene que hacer una pausa en la transmisión.

Gigabit Ethernet ya no tiene nada de excepcional en las arquitecturas de red de empresa. Cada vez más interfaces para estaciones de trabajo y ordenadores portátiles pueden alcanzar estas velocidades.

d. 10 Gigabit Ethernet

En el año 2002, IEEE aprobó el 10 Gigabit Ethernet como 802.3ae, sucesor del 802.3z. Sigue siendo compatible con sus predecesores, pero ya no se limita a las redes locales, sino que también se utiliza a nivel metropolitano y de redes extensas.

El objetivo es continuar utilizando el mismo formato de tramas que en la disposición Ethernet original. En contraposición, es indispensable la comunicación de tipo *full-duplex*.

Se han definido siete especificaciones:

- 10 GBASE-CX4 (802.3 ak) utiliza un cable de cobre especial en una distancia máxima de 15 metros.
- 10 GBASE-T (802.3an) con un cable de cobre de categoría 6 (200 MHz), 6a (500 MHz) y 7 (600 MHz), que asegura distancias de comunicación inferiores a 100 metros.
- 10 GBASE-SR (*Short Range*) tiene un alcance de 26 a 82 metros con fibra óptica multimodo (pero puede alcanzar 300 metros con una nueva generación de fibra).
- 10 GBASE-LX4 trabaja con multiplexado por división de longitud de onda y aumenta las distancias soportadas a 240 o incluso 300 metros, con la fibra óptica multimodo (soporta 10 kilómetros con una fibra monomodo).
- 10 GBASE-LR (*Low Range*) utiliza fibra óptica monomodo para comunicaciones de hasta 10 kilómetros.
- 10 GBASE-ER (*Extended Range*) permite distancias de 40 kilómetros, siempre con fibra monomodo.
- 10 GBASE-LRM (*Long Range Multimode*, 802.3aq), permite implementar FDDI en distancias de hasta 200 metros.



Varios fabricantes de hardware han hecho evolucionar el 10 GBASE-ER en 10 GBASE-ZR para ampliar la distancia hasta a 80 kilómetros.

e. 100 Gigabit Ethernet

La norma IEEE 802.3ba se publicó en junio de 2010.

Define velocidades que van de 40 a 100 Gbps para soportes de tipo de fibra óptica o par trenzado.

Existen soluciones basadas en la utilización del cobre para distancias limitadas a 10 metros:

- 40 GBase-CR4
- 100 GBase-CR10

Otras soluciones se basan en la fibra multimodo, pero no permiten más que distancias limitadas (100 a 125 metros):

- 40 GBase-SR4
- 100 GBase-SR10

Las que se basan en la fibra monomodo, permiten llegar a los 10 kilómetros con 40 GBase-LR4 y a los 40 kilómetros con 100 GBase-ER4.

Reciente y bastante costosa, Ethernet a 10 Gbps todavía no está muy implantada en las redes locales, donde una velocidad 10 veces inferior es suficiente.

f. Recapitulación

A continuación exponemos un cuadro recopilatorio con las aplicaciones más frecuentes de las redes locales.

Denominación	Soporte	Longitud máxima del segmento	Velocidad	Topología
100 Base TX	UTP Cat 5 como mínimo	100 metros	100 Mbps	Estrella (conmutador)
1000 Base TX	UTP Cat 5e como mínimo	100 metros	1 Gbps	Estrella (conmutador)
1000 Base SX	Fibra multimodo doble 62.5/125 µm	550 metros	1 Gbps	Estrella o bus/punto a punto
1000 Base LX	Soporta ondas láser en fibra óptica multimodo y monomodo	5 km	1 Gbps	Subsistemas de campo



Mini GBIC 100 Base SX Gigabit LC

3. Encabezados de trama Ethernet

La trama Ethernet, con muy pocas diferencias respecto a la 802.3, está formada por tres partes. En primer lugar, el encabezado, que comprende un preámbulo de 7 bytes que permite la sincronización. A continuación, un delimitador de inicio de trama (SFD - *Start Frame Delimiter*), de 1 byte, que indica el inicio de la información que de entrada tiene las direcciones origen y destino. El campo EtherType, de 2 bytes, indica el protocolo de capa superior que se utiliza. No existe en 802.3, y su utilización permite no considerar el uso de LLC. Por ejemplo, este campo informa el valor 800 para TCP/IP.

El campo de datos, que contiene la información de nivel 3, debe tener un tamaño mínimo de 46 bytes. Si es preciso, se añaden algunos bits de relleno (*padding*) para obtener este valor. El tamaño máximo de este contenido es de

1500 bytes, y se denomina *Maximum Transfer Unit* (MTU). Finalmente, un código de control de error *Cyclic Redundancy Check* (CRC) indica el delimitador de fin de trama *Frame Sequence Check* (FSC).

Preámbulo + SFD	Dirección origen	Dirección destino	Datos	FSC
----------------------------	-----------------------------	------------------------------	--------------	------------