

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**“TECNOLOGÍAS ETHERNET”**

**TRABAJO DE SEMINARIO**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

**DANIEL SALAZAR ORTÍZ**

ASESOR: ING. MARICELA SERRANO FRAGOSO.

CUAUTITLAN, EDO. DE MEXICO

2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Agradecimientos

Quiero agradecer a las siguientes personas me ayudaron a realizar mi proyecto de vida.

A mi abuelita PAULA CUELLAR, que en donde quiera que se encuentre le estoy muy agradecido, por todas sus enseñanzas ya que esto me dio una formación bien definida y clara de lo que quería ser en mi vida.

A mi mamá ROSALINDA ORTIZ CUELLAR, de quien recibí buenos ejemplos, fue siempre mi apoyo ya que cuando sentía que desvanecía en este andar, era ella la que me indicaba el camino para volver a retomarlo.

MUCHAS GRACIAS.

## **Introducción.**

### **Capítulo 1. Fundamentos de Ethernet.**

- 1.1 Introducción a Ethernet.
- 1.2 Definición de Ethernet.
- 1.3 Estándares Ethernet.
- 1.4 Ethernet II.
- 1.5 IEEE 802.3.

### **Capítulo 2. Medios de Red.**

- 2.1 Tipos de Cables.
- 2.2 Problemas de los Cables de Red.
- 2.3 Categorías de Cable.
  - 2.3.1. Tipos de conexión: HUB-a-Nodo y Nodo-a-Nodo.
  - 2.3.2. Cable Recto ('Pin a Pin').
  - 2.3.3. Cable Cruzado ('Cross-Over').
- 2.4 Fibra Óptica.

### **Capítulo 3. Funcionamiento de Ethernet.**

- 3.1 Identificadores abreviados del IEEE.
- 3.2 Esquema de Codificación Manchester.
- 3.3 Control de Acceso al Medio con Detección de Colisiones CSMA/CD.
  - 3.3.1 Colisiones.
  - 3.3.2 Colisiones tardías y dominio de colisiones.
  - 3.3.3 Efecto Captura.
- 3.4 Directrices de Cableado.
  - 3.4.1 Segmentos de enlace y segmentos mixtos.
  - 3.4.2 Cálculo de Temporización en Ethernet.
- 3.5 La Trama Ethernet.
  - 3.5.1 La Trama Ethernet IEEE 802.3.
  - 3.5.2 Preámbulo y Delimitador de Comienzo de Trama SFD ('Start of Frame Delimiter').
  - 3.5.3 Dirección Destino y Dirección Origen.
  - 3.5.4 Longitud.
  - 3.5.5 Datos y Relleno.

- 3.5.6 Secuencia de comprobación de trama FCS ('Frame Check Sequence').
- 3.6 La Trama Ethernet II.
- 3.7 Diferencias entre DIX Ethernet e IEEE 802.3.
- 3.8. Subnivel de Control de Enlace Lógico.
- 3.8.1 DSAP y SSAP.
- 3.8.2 Control.
- 3.8.3 La cabecera SNAP.

#### **Capítulo 4. Ethernet de Alta Velocidad.**

- 4.1 Ethernet Full-Duplex.
- 4.2 Requisitos para operar en Full-Duplex.
- 4.3 Control de flujo Full-Duplex.
- 4.4 Fast Ethernet.
- 4.5 Se añaden dos líneas al cable UTP de categoría 3.
- 4.6 100Base-TX.
- 4.7 100Base-T4.
- 4.8 100Base-FX.
- 4.9 Esquema de Codificación 4B/5B.
- 4.10 Esquema de Codificación 8B/6T.
- 4.11 Limitaciones en la longitud del cable.
- 4.12 Configuraciones con Concentradores.
- 4.13 Cálculo del Tiempo en Fast Ethernet.
- 4.14 Autonegociación.

#### **Capítulo 5. Gigabit Ethernet.**

- 5.1 Gigabit Ethernet.
- 5.2 Arquitectura de Gigabit Ethernet.
- 5.3 Nivel de Enlace de Datos.
- 5.4 Control de Acceso al Medio.
- 5.5 Interfaz Gigabit Independiente del Medio.
- 5.5.1 Subnivel de Codificación Física (PCS).
- 5.5.2 Subnivel de Acoplamiento Físico (PMA).
- 5.5.3 Subnivel Dependiente del Medio Físico (PMD).
- 5.6 Nivel Físico.
- 5.7 1000Base-LX.

- 5.8 1000Base-SX.
- 5.9 Especificaciones para el Transmisor Óptico.
- 5.10 Especificaciones para el Receptor Óptico.
- 5.11 Dispersión Intermodal (DMD) e Inyección Acondicionada ('Conditioned Launch').
- 5.12 Balance de Potencia.
- 5.13 Conector Óptico.
- 5.14 1000Base-LH.
- 5.15 1000Base-CX.
- 5.16 1000Base-T.
- 5.17 Interfaz GBIC.
- 5.18 Esquemas de codificación 8B/10B.
- 5.19 Transmisión Half-Duplex.
- 5.20 Transmisión Full-Duplex.
- 5.21 Aplicaciones de Gigabit Ethernet.
- 5.22 Ancho de Banda.
- 5.23 Migración.
- 5.24 Gestión de Red.
- 5.25 Migración a Gigabit Ethernet.
- 5.26 Requerimientos de las Empresas en Redes de Alta Velocidad.

## **Capítulo 6. Gigabit Ethernet Frente a otras Tecnologías.**

- 6.1 Gigabit Ethernet Frente a otras Tecnologías
- 6.2 Cambio en redes Ethernet 100Mb/s y FDDI
- 6.3 ATM vs. Gigabit Ethernet
- 6.4 Gigabit Ethernet vs. FDDI
- 6.5 10 Gigabit de Ethernet

**Conclusión.**

**Glosario.**

**Bibliografía.**

## **Introducción.**

Este trabajo introduce a los temas básicos e importantes de Tecnologías de Red. Es un complemento que introduce a la comprensión, diseño y configuración de las redes de área local (LAN). En cada capítulo se realiza un apartado entre las distintas variantes de redes y los conceptos que se exigen para una mayor comprensión; estos conceptos permiten desarrollar una experiencia práctica con los temas relacionados que aquí se mencionan, desde la definición de Ethernet, de algún tipo de cable, la Topología de Redes que han existido y las que se están desarrollando, las velocidades y alcances de cada red; así como algunos métodos que emplea Ethernet para solucionar problemas de transmisión de datos, como las colisiones. También este trabajo ofrece un capítulo con las tecnologías que han estado surgiendo y comparaciones entre tecnologías del mismo nivel.

El trabajo es apropiado para cualquier tipo de usuario, debido a su fácil comprensión, porque incluye un texto sencillo y sin carácter técnico. Este libro contiene diversos ejemplos, escenarios, está ilustrado con figuras y tablas que ayudan a su fácil comprensión.

El capítulo 1, Fundamentos de Ethernet, explica las definiciones de la Red Ethernet, así como su aparición en el mercado, los suplementos de la red.

El capítulo 2, Medios de Red, explica cada uno de los tipos de medios en los que se puede propagar la información. Desde las definiciones de algún tipo de cable, sus alcances, sus limitaciones, hasta la denominada fibra óptica que se utiliza en redes de alta velocidad.

El capítulo 3, Funcionamiento de Ethernet, explica cada uno de los componentes que conforman a la Red Ethernet, desde sus abreviaciones, sus alcances, las diferentes topologías que hay, la clasificación de cada una de esas topologías; así como su distinta propagación en la red con los datos que se envían, que regresan; y sus posibles errores de transferencia.

El capítulo 4, Ethernet de Alta Velocidad, muestra una evolución de las típicas redes Ethernet, mostrando unas redes con aumento de velocidad y fácil diseño, retomando algunos conceptos de las redes originales. En este apartado, es importante mencionar que se reduce la congestión, ya que aumenta el ancho de banda.

El capítulo 5, Gigabit Ethernet, define los diferentes tipos de una red que ha venido revolucionando la tecnología de la red, porque Gigabit Ethernet es un gran avance en cuanto a tecnología de red, ya que aumenta 10 veces la velocidad de Fast Ethernet. En este apartado se mencionan cada una de las variantes de Gigabit, por ejemplo, 1000Base-LX, 1000Base-SX, etc.

El capítulo 6, Gigabit Frente a otras Tecnologías, define una comparación entre las tecnologías más avanzadas en la industria de comunicaciones electrónicas como Gigabit Ethernet, ATM y FDDI. Se realiza una comparación entre cada una de ellas.

## Capítulo 1. Fundamentos de Ethernet.

### 1.1 Introducción a Ethernet.

La norma llamada IEEE 802.3 (Ethernet) fue gradualmente adoptada a partir de 1982 por la mayoría de los organismos de estandarización de la industria de redes y telecomunicaciones como ECMA ('European Computer Manufacturers Association'), IEEE ('Institute of Electrical and Electronics Engineers'), NIST ('National Institute of Standards and Technology'), ANSI ('American National Standards Institute'), ISO ('International Standards Organization'), para irse colocando como el protocolo de nivel de enlace utilizado por la mayor parte de las redes de área local que operan en la actualidad.

El inicio de la norma IEEE 802.3 se debió al sistema 'ALOHA', desarrollado por Abramson en Hawaii. A esta primera versión, se le incluyó la detección de portadora; la compañía Xerox construyó un sistema CSMA/CD ('Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection') de 2.94 Mbps, para conectar hasta 100 estaciones personales de trabajo en un cable de 1km de longitud (Metcalfe y Boggs, 1976; Schoch, 1987). A este sistema se le llamó Ethernet, en honor del éter luminífero, a través del cual se pensó alguna vez que se propagaban las ondas electromagnéticas.

Ethernet que desarrolló Xerox, tuvo tanto éxito, que las compañías Xerox de DEC e Intel propusieron una norma para la Ethernet de 10 Mbps, que se publicó con el nombre 802.3, que describe una familia completa de sistemas donde presentan CSMA/CD, operando a velocidades que van desde 1 a 10 Mbps, en varios medios físicos. La norma inicial da los parámetros para un sistema de banda base de 10Mbps, utilizando un cable coaxial de 50 ohm. Otros conjuntos de parámetros correspondientes a diferentes medios físicos y velocidades, se encuentran en estudio en la actualidad.

Todos los desarrollos hechos con la 802.3, incluyendo a Ethernet, utilizan codificación Manchester.

En el transcurso de más de 20 años se han revisado y actualizado los estándares de Ethernet para admitir muchos tipos de red diferentes y para conseguir grandes mejoras de velocidad respecto al protocolo original. Puesto que todas las variantes de Ethernet trabajan utilizando los mismos protocolos básicos y puesto que las tecnologías de Ethernet de alta velocidad se han diseñado pensando en su compatibilidad hacia atrás, el paso de una red estándar de 10 Mbps a 100 Mbps o más suele ser relativamente sencillo. Esto contrasta claramente con otras tecnologías de alta velocidad, como FDDI ('Fiber Distributed Data Interface') y ATM ('Asynchronous Transfer Mode'), cuya evolución puede requerir modificaciones significativas en la infraestructura, como un cableado nuevo, así como entrenamiento y adaptación del personal encargado del soporte de la nueva tecnología.



## 1.2 Definición de Ethernet.

El protocolo Ethernet proporciona una interfaz unificada al medio de red que permite a un sistema operativo transmitir y recibir varios protocolos del nivel de red de forma simultánea. Al igual que la mayor parte de los protocolos del nivel de enlace que se utilizan en LAN, Ethernet es, en términos técnicos, no orientado a conexión, y no es fiable. Ethernet realiza todo lo posible para transmitir datos al destino especificado, pero no existe ningún mecanismo que garantice una entrega correcta.

Ethernet puede definirse como una red de conmutación de paquetes de acceso múltiple (medio compartido), difusión amplia ('Broadcast'), utiliza un medio pasivo y sin ningún control central y proporciona detección de errores, pero no corrección. El acceso al medio de transmisión está gobernado desde las propias estaciones mediante un esquema de arbitraje estadístico.

Los paquetes de datos transmitidos alcanzan a todas las estaciones (difusión amplia), siendo cada estación responsable de reconocer la dirección contenida en cada paquete y aceptar los que sean dirigidos a ella.

Ethernet realiza varias funciones que incluyen empaquetado y desempaquetado de las tramas; manejo del enlace; codificación y decodificación de datos, y acceso al canal. El manejador del enlace es responsable de vigilar el mecanismo de colisiones, escuchando hasta que el medio de transmisión está libre antes de iniciar una transmisión (solo un usuario utiliza la transmisión cada vez -Banda Base-). El manejo de colisiones se realiza deteniendo la transmisión y esperando un cierto tiempo antes de intentarla de nuevo.

Tal como se define el estándar Ethernet, el protocolo consta de tres componentes esenciales:

- Una serie de directivas del nivel físico que especifican los tipos de cables, limitaciones de cableado y métodos de señalización para las redes Ethernet.
- Un formato de trama que define el orden y las funciones de los bits transmitidos en un paquete Ethernet.
- Un mecanismo de Control de Acceso al Medio MAC denominado Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones CSMA/CD, que permite que todas las computadoras de la LAN dispongan de un acceso similar al medio de red.

## 1.3 Estándares Ethernet.

Tal como se diseñó originalmente en los años 70, Ethernet transportaba datos sobre una conexión en banda base utilizando cable coaxial a una velocidad de 10 Mbps y un sistema de señalización denominado codificación Manchester. Las especificaciones Ethernet se refieren solamente a las dos primeras capas del modelo OSI ('Open Systems Interconnection'), éstas son la capa física (el cableado y las interfaces físicas) y la de enlace (que proporciona direccionamiento local, detección de errores y controla el acceso a la capa física). La capa física de Ethernet tiene también dos elementos que son de dos tipos, los Activos

(Transceptores, Repetidores y Repetidores Multipuerto (HUBS)) y los Pasivos (Cables, Jacks/Conectores y Patch Panels). Una vez conocidas estas especificaciones y proporcionados los controladores ('Drivers') de bajo nivel adecuados para cada Sistema Operativo que debe utilizar el adaptador, se puede decir que tenemos una red sin problemas. Con el paso del tiempo, pasó a ser conocido como Ethernet Guesa ('Thick Ethernet'), ya que el propio cable era de casi un centímetro de ancho.

### 1.3 Ethernet II.

El estándar DIX V2.0, conocido habitualmente como DIX Ethernet II, se publicó en 1982 por otros organismos como EIA ('Electronic Industries Alliance') y TIA ('Telecommunications Industry Association'). DIX Ethernet II aumentó las opciones del nivel físico para incluir tipo de cable coaxial más delgado, por lo que pasó a denominarse Ethernet Delgada ('Thin Ethernet').

### 1.4 IEEE 802.3.

Este comité se identifica con el número 802 y el grupo de trabajo se designó IEEE 802.3. El estándar resultante, publicado en 1982, se denominó 'IEEE 802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications'. El grupo 802.3 del IEEE aludió escrupulosamente el término Ethernet, ya que deseaban evitar que se creara la impresión de que el estándar estaba basado en un producto registrado como marca comercial por Xerox. Sin embargo, con pequeñas diferencias sin importancia, dicho documento define, en esencia, una red Ethernet bajo otro nombre y, hasta el momento, se utiliza el nombre de Ethernet para los productos que cumplen con el estándar 802.3 del IEEE. Después del lanzamiento del documento IEEE 802.3 se publicó una serie de suplementos, que son los siguientes:

- IEEE 802.3a-1985 Ethernet delgada 10Base2
- IEEE 802.3c-1985 Especificaciones de repetidor a 10 Mbps
- IEEE 802.3d-1987 Enlace entre repetidores por fibra óptica (FOIRL)
- IEEE 802.3i-1990 Ethernet par trenzado 10Base-T
- IEEE 802.3j-1993 Ethernet de fibra óptica 10Base-T
- IEEE 802.3u-1995 Fast Ethernet (Ethernet rápida) 100Base-T
- IEEE 802.3x-1997 Ethernet Full-Duplex
- IEEE 802.3z-1998 Gigabit Ethernet 1000Base-X
- IEEE 802.3ab-1999 Gigabit Ethernet 1000Base-T (Par trenzado)
- IEEE 802.3ac-1998 Extensión del tamaño de trama a 1522 bytes para VLAN TAG
- IEEE 802.3ad-2000 Agregación de enlace para enlaces paralelos.



## Capítulo 2. Medios de Red.

### 2.1 Tipos de Cables.

En comunicaciones, el Ancho de Banda es la diferencia entre las frecuencias máximas y mínimas en un canal de transmisión. Este término se utiliza para definir la cantidad de datos que pueden ser enviados en un período de tiempo determinado a través de un circuito de comunicación dado, generalmente se expresa en bits por segundo (bps) o bytes por segundo (Bps). Un ancho de banda mayor indica una mayor capacidad de transferencia de datos.

La capacidad de transmisión total de un canal de comunicación debe ser repartida entre los datos (carga útil) y la información utilizada por los protocolos de transmisión, incluyendo los de verificación y corrección de errores, que con frecuencia obligan a repetir parte de la transmisión.

La Banda Base ('Baseband') es un método de transmisión en el que la capacidad de transporte de un medio (cable) se utiliza para transportar una sola señal digital. Su antónimo es Banda Ancha ('Broadband'), cuando la capacidad de transmisión se utiliza para transmitir video, voz y señal de datos en un solo medio de transmisión. Cuando se usa este medio, las señales se separan utilizando diferentes frecuencias (la televisión por cable es un ejemplo de esta última técnica).

Recuerde que un bit es la menor cantidad de información que puede existir aisladamente.

Un cable es un conjunto de conductores (eléctricos u ópticos) bajo una cubierta protectora común; éste puede contener uno o más conductores. Un conductor es cada uno de los elementos de conducción independientes que existen en el cable. Los conductores están aislados entre sí (eléctrica u ópticamente), por lo que cada uno puede transportar una señal independiente. A su vez el conductor puede estar formado por uno o varios hilos independientes, aunque no aislados entre sí.

La energía puede ser transmitida en forma de corriente eléctrica convencional, en forma de energía electromagnética en la banda de las microondas (ondas de radio), o en la banda de 400-700 nm (zona visible del espectro). En el primero y segundo caso, los hilos conductores son de cobre, en el tercero se trata de cables de fibra óptica, cuyos hilos conductores son de vidrio o plástico.

Los Cables Conductores suelen ser de Cobre Unifilar (un solo hilo), también denominado Conductor Sólido, o Multifilar (varios hilos), también denominado Conductor Trenzado. El Cable Conductor de Cobre Unifilar solo debe utilizarse para tendidos estáticos (generalmente bajo algún tipo de conducción), ya que es poco flexible y no soporta doblados repetidos. El Cable Conductor Trenzado es más flexible, por lo que suele utilizarse para las conexiones entre los equipos y las rosetas de conexión en la pared.

En el Cable Plano o Paralelo, sus conductores circulan paralelamente debajo de la envoltura común. Un ejemplo de este tipo es el cable telefónico convencional denominado Satinado Plata

('Silver-Satin'). Como está destinado a conexiones móviles está formado por conductores trenzados (formados por varios hilos).

## 2.2 Problemas de los Cables de Red.

Dependiendo del tipo de cable y de la tecnología empleada, es la utilización de velocidades de transmisión progresivamente crecientes que conlleva una serie de problemas cuyos efectos se hacen también progresivamente crecientes. Estos problemas son de tipo muy diverso, pero podemos reducirlos a dos: atenuación de la señal y su corrupción. Significa que para cada tipo de cable y tecnología empleada, hay una velocidad de transmisión a partir de la cual el nivel de ruido lo hace inutilizable.

Los protocolos de red se diseñan de forma que sean tolerantes a fallos, es decir, se acepta que algunos bits puedan perderse, a pesar de lo cual la transmisión pueda realizarse sin errores. Las formas de recuperación son varias, desde la reconstrucción de un bit individual por acción de los mecanismos de control de paridad hasta la retransmisión de paquetes cuyo CRC sea erróneo. La tasa de errores se conoce como BER ('Bit Error Rate') pero llegado a un extremo, la transmisión se hace imposible o de una lentitud que la hace inoperante. En este tipo de comunicaciones, generalmente existen diversos interlocutores compitiendo por el uso del canal, por lo que el aumento de peticiones de retransmisión de paquetes defectuosos hace crecer exponencialmente el tráfico hasta llegar a colapsar la red.

Las redes de alta velocidad, cuyas señales están en el rango de frecuencia de las ondas de radio, se comportan como antenas, es decir, emiten y captan radiación electromagnética. Esta radiación aparece en el propio cable como ruido y en el exterior (otros cables o dispositivos) como interferencias electromagnéticas (EMI).

Las Interferencias de Radio Frecuencia RFI ('Radio Frecuenci Interface'), puede venir del exterior del cable, en especial si este circula por zonas de gran actividad (por ejemplo en ambientes industriales o cerca de lámparas fluorescentes), o de los conductores adyacentes; por esta razón se incorpora un apantallado externo (en la cubierta protectora) e interno (entre los propios conductores). La pantalla suele estar constituida por una malla de hilo de cobre desnudo (generalmente estañado) o con papel de aluminio, con o sin drenaje. La misión del apantallado es aislar el interior de la radiación exterior.

La calidad de los cables se expresa mediante ciertos parámetros que miden sus características eléctricas a determinada frecuencia que designaremos por 'f' (típicamente 100 MHz). Los principales son mostrados en la tabla 2.1:

Propiedad	Se mide como:
Atenuación máxima. Expresa la disminución de potencia de la señal al recorrer el cable. Generalmente se expresa en dB por 100 m (por Kilómetro si es fibra óptica).	x dB/100 mts @ f MHz
Retardo máximo por torsión.	x ns/100 mts.

Impedancia de entrada para un rango de frecuencias.	$x \pm y$ Ohms de 1 a f MHz
NEXT ('Near-End Cross Talk') mínimo. Es la fracción de la energía de un par que pasa a otro par adyacente. En un cable de más de dos pares existen tantos valores NEXT como combinaciones dos a dos puedan realizarse.	x dB @ f MHz
PS-NEXT ('Power Sum NEXT') mínimo. Es el total de energía NEXT que pasa a un par desde todos los adyacentes. Si el cable tiene solo dos pares de conductores PS-NEXT coincide con NEXT. PS-NEXT es un factor crítico en las nuevas redes de alta velocidad tales como ATM y Gigabit Ethernet.	x dB @ f MHz
Pérdida de retorno mínima. Es la cantidad de energía reflejada por el extremo del cable y que regresa a la fuente de emisión. Este valor debe ser lo más bajo posible.	x dB @ f MHz

Tabla 2.1. Propiedades en las que se mide la calidad de los cables.

El resto de características del cable se refiere a su disposición física. Por ejemplo: número, tipo y diámetro de sus conductores, así como su disposición y tipo de apantallado; tipo de cubierta protectora, peso por metro, temperatura de trabajo, resistencia al fuego, etc.

En el Cable de par Trenzado, un par de cables forman un circuito que puede transmitir datos. Los pares están trenzados para proporcionar protección contra la diafonía, el ruido generado por redes adyacentes. Cuando un hilo está transportando corriente, ésta crea un campo magnético alrededor del hilo. Este campo puede interferir con señales o hilos cercanos. Para combatirlo, los pares de hilos transportan señales en direcciones opuestas, de modo que los dos campos magnéticos también se generan en direcciones opuestas, de modo que los dos campos magnéticos también se generan en direcciones opuestas y se neutralizan.

El Cable de Pares Trenzados TP ('Twister Pairs') está compuesto de varios pares de conductores enrollados entre sí. El trenzado ayuda a mitigar un efecto indeseable denominado 'Crosstalk', por el que se produce un envío de la señal de un par a otro cercano. Este efecto aumenta con la frecuencia, de forma que con valores suficientemente altos, la transmisión se hace imposible pues las señales enviadas desde los pares cercanos tienden a corromper las propias.

Cuando el medio de transmisión es un cable TP, uno de los pares se utiliza para transmisión (TX), y otro para la recepción (RX). En la construcción de redes se utilizan varios tipos de cable TP. El Cable de Par Trenzado (TP) puede ser utilizado hasta un máximo de 115 MHz; a partir de este punto, los problemas de ruido (principalmente derivados del 'crosstalk') lo hacen inutilizable.

El Cable de par trenzado blindado STP ('Shielded Twisted-Pair) contiene cuatro pares de hilos de cobre finos cubiertos por unos aislantes plásticos codificados por colore y trenzados

conjuntamente. Cada par está envuelto en una fina lámina metálica, y los cuatro pares envueltos colectivamente con otra capa metálica. Esta capa se recubre con una cubierta plástica exterior.

El Cable de Pares Trenzados sin apantallar UTP ('Unshielded Twister Pairs'), es el clásico cable de red de 4 pares trenzados (8 hilos en total). Debido a que no dispone de protección contra las perturbaciones externas, solo es adecuado para entornos relativamente libres de perturbaciones.

Los pares están numerados (de 1 a 4), y tienen colores estándar, aunque los fabricantes pueden elegir entre dos opciones para la combinación utilizada. Algunos fabricantes exigen disposiciones particulares en la conexión, pero la norma TIA/EIA 568-A especifica dos modalidades, denominadas T568A (Tabla 2.2) y T568B (Tabla 2.3), que son las más utilizadas aunque la T568B es probablemente la más extendida.

Num.	Pin	Color 1ª opción	Color 2ª opción	Designación	Disposición de pines T568A
Par-1:	4	Azul	Rojo		R1
	5	Blanco/azul	Verde		T1
Par-2:	3	Blanco/naranja	Negro		T2
	6	Naranja	Amarillo		R2
Par-3:	1	Blanco/verde	Azul		T3
	2	Verde	Naranja		R3
Par-4:	7	Blanco/marrón	Marrón		T4
	8	Marrón	Gris azulado		R4

Tabla 2.2. Norma T568A.

Num.	Pin	Color 1ª opción	Color 2ª opción	Designación	Disposición de pines T568B
Par-1:	4	Azul	Rojo		R1
	5	Blanco/azul	Verde		T1
Par-2:	1	Blanco/naranja	Negro		T2
	2	Naranja	Amarillo		R2
Par-3:	3	Blanco/verde	Azul		T3
	6	Verde	Naranja		R3
Par-4:	7	Blanco/marrón	Marrón		T4
	8	Marrón	Gris azulado		R4

Tabla 2.3. Norma T568B.

Las designaciones T y R significan 'Tip' y 'Ring', denominaciones que vienen de los primeros tiempos del teléfono. En la actualidad se refieren a los cables positivos ('Tip') y negativos ('Ring') de cada par.

Los cables de par trenzado son más económicos que los coaxiales y admiten más velocidad de transmisión, sin embargo, la señal se atenúa antes en par trenzado que en los coaxiales, por lo

que deben instalarse repetidores y concentradores ('HUBs'). Para garantizar un mínimo de confiabilidad, los cables UTP no deben estar destrenzados ni aún en distancias cortas. Por la misma razón, los cables de conductores paralelos (cable plano) no deben ser utilizados en redes. En las nuevas instalaciones UTP deben utilizarse todos los pares, porque a diferencia de Ethernet y 'Token-Ring', que utilizan un par para transmitir y otro para recibir, algunos de los nuevos protocolos transmiten sobre múltiples pares.

La figura 2.1 muestra el cableado para un conector RJ-45. Únicamente 2 de los 4 pares (los pares 2 y 3 en el diagrama) se usan para señales de red cuando se utiliza el estándar 10 Base-T; los otros dos pares se pueden usar para señales telefónicas. En 100 Base-T, se utilizan los 4 pares para señal (teniendo en cuenta el cableado de las Categorías 3 y 4).

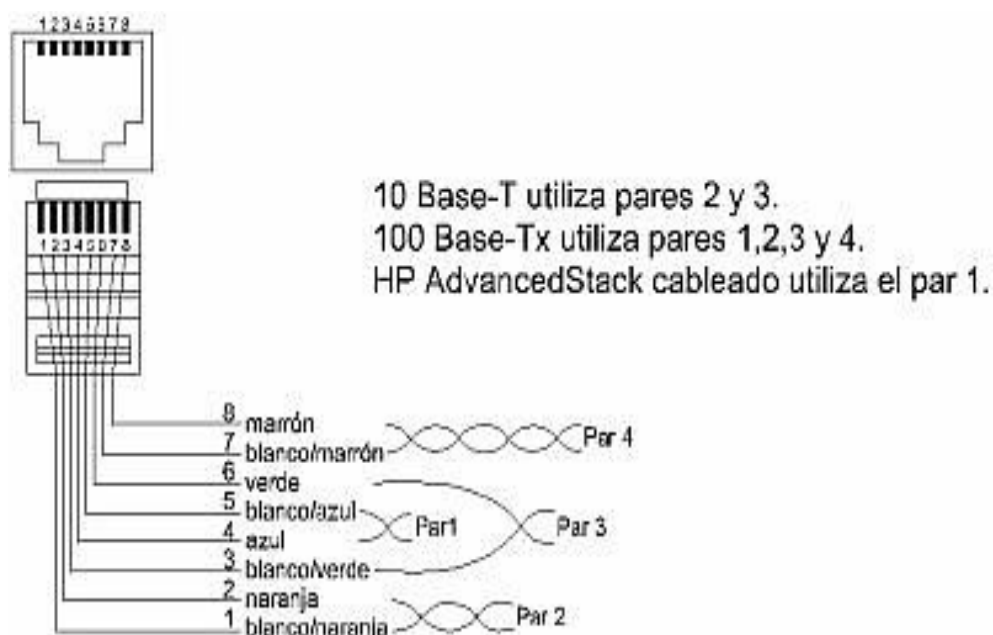


Figura 2.1. Cable de Par Trenzado.

El conector RJ-45 (ISO 8877) es el macho; la hembra, denominada 'Jack', se monta en la NIC ('Network Interface Card') del DTE ('Data Terminal Equipment'); en una toma de pared, o en agrupaciones ('Patch Panels') que se montan sobre un bastidor ('Rack').

En las instalaciones antiguas (ya construidas) es posible aprovechar al máximo su tiempo de vida útil seleccionando cuidadosamente el tipo de acceso que se utilizará sobre la capa física y utilizando un analizador de precisión (Nivel II) para verificar la capacidad real del cable existente.

Además del cable UTP estándar, se utilizan también otras clases en el tendido de redes como el cable STP ('Shielded Twisted Pairs') que está constituido por pares de conductores trenzados y apantallados de dos en dos. Como generalmente lleva además una pantalla general externa, es denominado también FSTP ('Foiled Shielded Twister Pairs'), es el mejor apantallado de todos.



El cable ScTP ('Screened UTP'), también denominado como FTP ('Foiled Twisted Pairs'), es un cable UTP de pares trenzados sin apantallar individualmente, pero con una pantalla exterior general debajo de la cubierta de protección en forma de hoja de papel aluminio y mylar. Puede utilizarse en instalaciones sin muchas perturbaciones de 10/100 Mbps.

### 2.3 Categorías de Cable.

Existen varias categorías o calidades de cables UTP, designadas por números desde Cat-1 a Cat-5. Las que se utilizan para redes son la Cat-3, Cat-4 y Cat-5; esta última es la que se considera de más calidad y la que se recomienda actualmente. El estándar Ethernet establece las características que deben tener para pertenecer a cada categoría. En general cuanto más alta es la categoría de un cable de par trenzado, mayor es el número de vueltas de sus conductores por unidad de longitud; además las frecuencias de prueba son más elevadas. Por ejemplo, el cable Cat-5 debe ser probado a 100 MHz (el cable de Cat-1 no tiene vueltas en absoluto, pero ni Cat-1 ni Cat-2 se utilizan para redes informáticas).

En el año 2002 se dio una propuesta para una nueva categoría de cable (Cat-6), que deben cumplir las siguientes especificaciones de la tabla 2.4:

Frecuencia MHz	NEXT (dB)	PS-NEXT (dB)	Atenuación (dB)	Pérdida de retorno (dB)
10	56.6	53.9	6.4	19.0
62.5	43.4	40.6	16.5	14.1
100	39.9	37.1	21.3	12.0
200	34.8	31.8	31.6	9.0
250	33.1	30.2	36.0	8.0

Tabla 2.4. Cable UTP categoría 6.

#### 2.3.1 Tipos de conexión: HUB-a-Nodo y Nodo-a-Nodo.

Los segmentos Ethernet construidos con cable UTP pueden ser de dos clases según su utilización, el denominado cable recto y el cruzado. Las figuras 1 y 2 muestran los diagramas de grimpaje para cada tipo (ambas figuras representan un solo cable con conectores RJ-45 en cada extremo). Este cableado asegura en ambos casos que las Líneas de Transmisión (TX) de un aparato se comunican con las Líneas de Recepción (RX) del otro aparato.

#### 2.3.2 Cable Recto ('Pin a Pin').

Son los cables que conectan un concentrador con un nodo de red (HUB↔Nodo); los hilos están grimpados a conectores RJ-45 en ambos finales. Todos los pares de colores (como el blanco/azul) están conectados en las mismas posiciones en ambos extremos, como se puede ver en la figura 2.2. La razón es que el HUB realiza internamente el necesario cruce de señal.

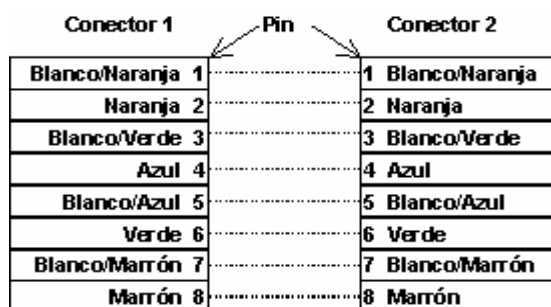


Figura 2.2. Cable Recto.

### 2.3.3. Cable Cruzado ('Cross-Over').

Son cables que conectan dos concentradores o dos transceptores entre si, o incluso dos tarjetas (Nodo↔Nodo), cuya distancia no supere los 10 m. El par 2 (pines 1 y 2) y el par 3 (pines 3 y 6) están cruzados (se puede ver la diferente asignación a cada conector), como se puede ver en la figura 2.3.

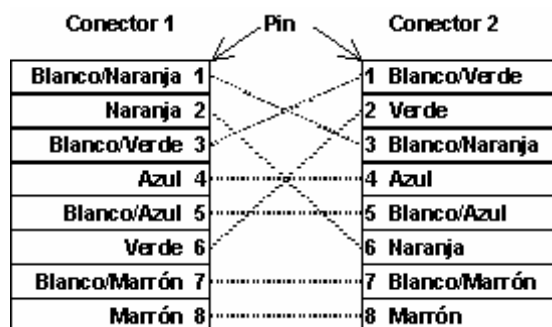


Figura 2.3. Cable Cruzado.

Como regla general, el cable cruzado se utiliza para conectar elementos del mismo tipo o similares, por ejemplo, dos DTE ('Data Terminal Equipment') conectado a una LAN, dos concentradores ('HUBs'), dos conmutadores ('Switchs') o dos enrutadores ('Routers').

El Cable Cruzado ('Cross-Over') solo debe ser utilizado cuando un PC es conectado directamente a otro PC, sin que exista ningún elemento adicional ('HUBs', 'routers', etc.). Puesto que la mayoría de las redes utilizan al menos un concentrador, el cable cruzado solo se utiliza en circunstancias excepcionales, por ejemplo, cuando se desea describir la complejidad de la red, se conectan dos PCs directamente.

Los dispositivos Ethernet no pueden detectar un cable cruzado utilizado de forma inadecuada; en este tipo de cables encienden los LEDs de actividad en los adaptadores, concentradores y

'Switches'. La única forma de saber el tipo de cable (cruzado o recto) es mediante un polímetro o un instrumento de medida adecuado.

La Cat-5 de cable estándar exige que la longitud máxima sin trenzar es 13 mm.

El drenaje está formado por un hilo de cobre desnudo que está en contacto con el papel de aluminio. Su misión es garantizar una continuidad eléctrica en la pantalla y evitar los efectos de capacidad que pudieran producirse entre las hojas metálicas.

#### 2.4. Fibra Óptica.

La fibra óptica es un medio de transmisión que ofrece varias ventajas respecto al cable de cobre; las principales ventajas son su gran ancho de banda y sus bajas pérdidas (0.17 dB/km) prácticamente constantes con la frecuencia. Además la fibra no es afectada por ruido de alta frecuencia. Esto combinado con su inmunidad frente a interferencias (EMI y EMP), la hace muy segura para la transmisión de datos.

La desventaja de la fibra óptica, es que es más cara que el cable de cobre. Por estas razones, las versiones Ethernet con fibra, son usadas cuando las distancias son largas, cuando la inmunidad frente al ruido y la seguridad sean lo principal y el costo sea secundario.

### Capítulo 3. Funcionamiento de Ethernet.

#### 3.1 Identificadores abreviados del IEEE.

Identificador	Nombre común	Tipo de red
10Base5	Ethernet Gruesa	Red tipo bus de 10 Mbps que utiliza cable coaxial RG-8 (grueso). El 5 es por la longitud máxima de segmentos (500m). El cable debe estar unido a tierra en un solo punto. Cada estación está unida al cable mediante un transceptor denominado MAU ('Medium Attachment Unit') y un cable de derivación. Los transceptores deben estar situados a más de 2.5m entre sí y el cable de derivación no debe exceder los 50m (si se utiliza un cable de derivación de alta flexibilidad, esta longitud debe ser reducida 12.5m). El conector usado en los adaptadores 10Base5 se denomina AUI ('Attachment Unit Interface').
10Base2	Ethernet Delgada	Red tipo bus de 10 Mbps que utiliza cable coaxial RG-58 (delgado) en segmentos de hasta 185m de longitud. Su distancia máxima por segmento es de 185m., aunque pueden utilizarse repetidores para aumentar esta distancia siempre que los datos no pasen por más de dos repetidores antes de alcanzar su destino. El número de DTEs en cada segmento no debe ser mayor de 30m, y deben estar separados por un mínimo de 0.5m.
FOIRL	Enlace entre repetidores	Red punto a punto de 10 Mbps que utiliza cable de fibra óptica para conectar repetidores.
10Broad36	Ethernet de banda ancha	Red de banda ancha de 10 Mbps, banda base, con segmentos de hasta 3600m entre estaciones.
10Base-T	Ethernet de pares trenzados	Red en estrella de 10 Mbps, banda base, con una frecuencia base de 10MHz., que utiliza cable de pares trenzados; pueden ser instaladas sobre los cableados telefónicos UTP ('Unshielded Twister Pairs') y utilizar los conectores telefónicos estándar RJ-45 (ISO 8877), lo que reduce enormemente el costo de instalación. Estos cables se conectan a una serie de 'HUBs' (repetidores multipuerto), que pueden estar conectados entre sí en cadena o formando una topología arborescente, pero entre cualquier par de estaciones no debe haber más de 5 segmentos, 4 repetidores y 3 conexiones HUB-HUB, el resto deben ser de enlace con DTEs (conocido como

		regla 5-4-3). Si se utilizan segmentos de fibra óptica, no deben exceder 500m.
10Base-F	Ethernet de fibra óptica	Término genérico para tres tipos de red de 10 Mbps, banda base: 10Base-FB, 10Base-FP y 10Base-FL. Longitud máxima del segmento de 2000m.
10Base-FB	Red soporte Ethernet de fibra	Red de fibra óptica de 10 Mbps que utiliza concentradores de fibra activos para extender una red soporte ('backbone').
10Base-FP	Ethernet de fibra pasiva	Red de fibra óptica de 10 Mbps que utiliza concentradores de fibra pasivos para conectar estaciones de trabajo.
10Base-FL	Enlace de fibra Ethernet	Red de fibra óptica punto a punto de 10 Mbps; actualización del estándar FOIRL.
100Base-T	Fast Ethernet	Término genérico para todas las opciones de nivel físico de Fast Ethernet, incluyendo cables de pares trenzado y fibra óptica.
100Base-X	Fast Ethernet	Término genérico para los estándares 100Base-TX y 100Base-FX, los cuales utilizan el método de codificación de bloque 4B/5B.
100Base-TX	Fast Ethernet	Red de 100 Mbps, banda base, que utiliza dos de los pares de cobre de un cable de pares trenzados de Categoría 5. Longitud máxima del segmento de 100m.
100Base-FX	Fast Ethernet	Red de 100 Mbps, banda base, que utiliza cable de fibra óptica multimodo. Longitud máxima del segmento de 2000m.
100Base-T4	Fast Ethernet	Red de 100 Mbps, banda base, que utiliza los cuatro pares de un cable de pares trenzados de categoría 3, 4 y 5. Longitud máxima del segmento 100m.
1000Base-X	Gigabit Ethernet	Término genérico para los estándares de Gigabit Ethernet. Esquema de codificación de bloque de Canal de fibra 8B/10B, incluyendo 1000Base-SX, 1000Base-LX y 1000Base-CX.
1000Base-SX	Gigabit Ethernet	Red de 1000 Mbps que utiliza cable de fibra óptica de longitud de onda corta.
1000Base-LX	Gigabit Ethernet	Red de 1000 Mbps que utiliza cable de fibra óptica de longitud de onda larga.
1000Base-CX	Gigabit Ethernet	Red de 1000 Mbps que utiliza cables de cobre pequeños como los definidos en el estándar de canal de fibra óptica.
1000Base-LH	Gigabit Ethernet	Red de 1000 Mbps de larga distancia que utiliza cable

		de fibra óptica monomodo.
1000Base-ZX	Gigabit Ethernet	Red de 1000 Mbps que utiliza cable de fibra óptica monomodo.
1000Base-T	Gigabit Ethernet	Red de 1000Mbps que utiliza cuatro de los pares de cobre de un cable de pares trenzados de Categoría 5.

Tabla 3.1. Identificadores abreviados del IEEE.

### 3.2 Esquema de Codificación Manchester.

La codificación Manchester toma cada periodo de bit y lo divide en dos intervalos iguales. Un bit binario de valor 1 se envía con un voltaje alto en el primer intervalo y bajo en el segundo intervalo. Un bit binario de valor 0 se envía con un voltaje bajo en el primer intervalo y alto en el segundo.

Con este esquema se asegura que todos los periodos de bit tengan una transición en la parte media, propiciando así un excelente sincronismo entre el receptor y el transmisor.

En la figura 3.1 se puede observar en orden descendente el flujo de datos, la codificación binaria y por último la codificación Manchester del dato:

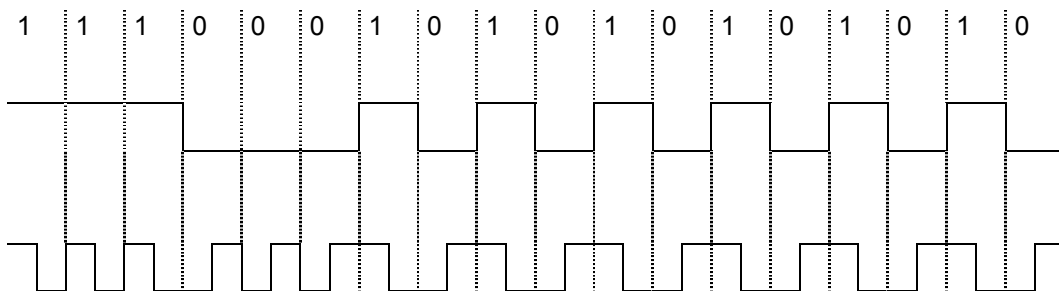


Figura 3.1. Codificación Manchester.

### 3.3 Control de Acceso al Medio con Detección de Colisiones CSMA/CD.

La propiedad más categórica de una red Ethernet es su mecanismo de control de Acceso al Medio, denominado Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones (CSMA/CD).

Al igual que cualquier método de MAC, CSMA/CD es un esquema de acceso compartido que permite a las computadoras de la red intercambiar información con un único medio en banda base sin pérdida de datos, aunque sólo una cada vez por ese sistema de cableado.

Cuando un equipo DTE de una red Ethernet desea transmitir datos, verifica si se está utilizando el medio de red en ese momento. Esta es la fase del proceso de Detección de Portadora ('Carrier Sense'). Si el nodo detecta tráfico en la red, espera un momento y vuelve a escuchar la red. Una vez que la red está despejada, cualquiera de los nodos puede utilizarlo para transmitir sus datos y acceder al medio. Este mecanismo recibe el nombre de Acceso Múltiple

('Multiple Access'), así mismo se considera un control de arbitraje por si mismo pero carece de efecto.

A partir de este momento, entra en juego la parte de Detección de Colisiones ('Collision Detection'), que se encarga de verificar que los paquetes han llegado a su destino sin colisionar con los que pudieran haber sido enviados por otras estaciones por error.

Resulta posible que dos o más nodos detecten una red despejada y comiencen a transmitir sus datos casi en el mismo momento. Esto ocasiona lo que el estándar 802.3 denomina un Error de Calidad de la Señal SQE ('Signal Quality Error'), o bien una colisión de paquetes. Las colisiones se producen cuando un nodo comienza a transmitir sus datos y otro nodo realiza la detección de portadora durante el breve intervalo de tiempo anterior a la llegada del primer bit del paquete transmitido. Cuando ocurre la colisión se informa del error a ambas estaciones, para que manden después su transmisión.

Por tanto, cada uno de los nodos de la red se encuentra siempre en uno de tres estados: transmisión, contienda, inactivo.

### 3.3.1 Colisiones.

Todos los sistemas de una red Ethernet utilizan el mecanismo MAC CSMA/CD para cada uno de los paquetes que transmiten, por lo que el proceso, obviamente, se produce rápidamente. La mayor parte de las colisiones que se producen en una red Ethernet típica se resuelven en microsegundos. Las colisiones de paquetes son comportamientos naturales y esperados en este tipo de redes, esto no significa, necesariamente, que exista un problema.

El mecanismo de detección de colisiones CSMA/CD funciona bien cuando hay pocos usuarios en la red, el tráfico es leve y se producen pocas colisiones, aunque el inconveniente fundamental ocurre al aumentar el tráfico de la red, ya que también aumentan las colisiones y la tasa de transferencia puede empeorar. Al aumentar el tráfico, puede que las estaciones de trabajo que tienen que retirarse y retransmitir, tengan que retirar las retransmisiones de forma continuamente creciente.

La calidad de transmisión de una red es función del número de sistemas conectados a ella y de la cantidad de datos que envían y reciben a través de la red.

### 3.3.2. Colisiones tardías y dominio de colisiones.

Las especificaciones del nivel físico del protocolo Ethernet están diseñadas de forma que los primeros 64 bytes de toda transmisión de paquetes llenen por completo la longitud agregada de cable en el dominio de colisión. Por tanto, para cuando un nodo ha transmitido los primeros 64 bytes de un paquete, cualquier otro nodo de la red ha recibido al menos el primer bit del paquete; llegados a este punto, ningún otro nodo transmitirá sus propios datos, ya que su mecanismo de detección de portadora ha detectado tráfico en la red.

Cada segmento de una red Ethernet (entre dos 'router', 'bridges' o 'switches') constituye lo que se denomina dominio de tiempo de colisiones o dominio de colisiones Ethernet.

Se supone que cada bit permanece en el dominio un tiempo máximo ('Slot time') de 25.6  $\mu$ s (algo más de 25 millonésimas de segundo), lo que significa que en este tiempo debe haber llegado al final del segmento; significa que si en este tiempo la señal no ha salido del segmento, puede ocurrir que una segunda estación en la parte del segmento aún no alcanzado por la señal pueda comenzar a transmitir, puesto que su detección de portadora indica que la línea está libre, dado que la primera señal aún no ha alcanzado a la segunda estación. En este caso ocurre un Acceso Múltiple MA ('Multiple Access') y la colisión de ambas tramas es inevitable.

Como la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas es de  $2.9979 \cdot 10^8$  m/s, la señal Ethernet puede recorrer aproximadamente una distancia de 7674 m. en el 'Slot time'.

En realidad, las colisiones no se producen porque el tendido de redes sea mayor que los 7674 metros teóricos, sino porque dentro del dominio, se producen retrasos en la propagación de la señal debido principalmente a 'HUBs' y otros elementos defectuosos, incluyendo las propias 'DTEs'.

Los síntomas de una colisión dependen del medio de transmisión utilizado. En el caso de cable coaxial, la señal del cable, que normalmente está constituida por ceros y unos nítidos, contiene estados intermedios. La interferencia produce en algunos puntos un debilitamiento de la señal, cuya amplitud se cancela, mientras que en otros se produce un reforzamiento, duplicándose su amplitud al doble del máximo permitido; esta condición de sobretensión es detectada por los nodos.

El mensaje de error es de 74 bits; como hemos visto, los 12 primeros están destinados a informar sobre el receptor y emisor del mensaje.

En la operación de una red Ethernet considera normal una cierta tasa de colisiones, aunque debe mantenerse lo más baja posible. En este sentido una red normal debe tener menos de un 1% de colisiones en el total de paquetes transmitidos (preferiblemente por debajo del 0.5%). Para realizar este tipo de comprobaciones es necesario contar con analizadores adecuados.

Una colisión que se produce después de que el último bit abandona el nodo emisor se denomina colisión tardía o, a veces, colisión de ventana. Para diferenciar los dos tipos de colisiones, el tipo que se produce habitualmente se denomina a veces colisión temprana. Como el sistema emisor no tiene forma de detectar una colisión tardía, considera que el paquete se ha transmitido de forma correcta, aunque, en realidad, los datos se han destruido. Cualquier pérdida de datos debida a una colisión tardía no se puede retransmitir por medio de un proceso del nivel de enlace de datos.

Las colisiones pueden ocurrir por diversas causas. Si un adaptador de interfaz de red funciona incorrectamente y transmite un paquete con una longitud menor de 64 bytes, denominado enano ('runt'). En otros casos podría fallar el mecanismo de detección de portadora del adaptador, haciendo que transmita en un momento inadecuado.



Otra posible causa de colisiones tardías es una red que no se ajusta a las recomendaciones de cableado Ethernet. Si los segmentos de cable son demasiado largos o sí existen demasiados repetidores en la red, el retardo de propagación de la señal puede superar los 600 nanosegundos, que la especificación de Ethernet indica como el máximo tiempo permitido para realizar la transmisión entre dos nodos.

Las colisiones tardías no son algo normal en una red Ethernet. Al contrario representan un indicio de que existe un serio problema que sería conveniente tratar de resolver de inmediato.

### 3.3.3. Efecto Captura.

La existencia de colisiones como algo habitual en redes Ethernet puede tener serias y complicadas repercusiones en la operación de red. Cuando dos nodos que desean transmitir una serie de paquetes sufren una colisión, puede que uno de los dos monopolice el medio de red a lo largo de todas sus transmisiones, esto se conoce como Efecto Captura.

Las ramificaciones del efecto captura en la red son, en la mayoría de los casos, imposibles de detectar. La probabilidad de que este fenómeno se produzca hasta el grado que tenga un efecto palpable en el rendimiento de la red es mínima, pero la teoría que respalda al efecto captura es un excelente ejemplo que pueden llegar a tener las interacciones entre nodos de una red Ethernet.

El Método de Arbitraje Logarítmico Binario, BLAM ('Binary Logarithmic Arbitration Method') resuelve el efecto captura incrementando los contadores de colisión de todos los nodos de forma simétrica. Cada vez que se produce una colisión, todos los nodos de la red modifican su algoritmo de selección de intervalo de vuelta atrás de la misma forma.

## 3.4 Directrices de Cableado.

Además de las longitudes de segmento máxima y mínima de los diferentes tipos de medios de Ethernet, el estándar también impone límites en el número de repetidores que se puedan utilizar en un mismo dominio de colisiones. Esto es necesario para garantizar que todos los paquetes transmitidos por un nodo Ethernet comienzan a llegar a su destino antes de que el último bit abandonara el transmisor. Si la distancia recorrida por un paquete es demasiado larga, el emisor no puede detectar las colisiones de forma viable y pueden producirse pérdidas de datos.

### 3.4.1 Segmentos de enlace y segmentos mixtos.

Cuando se definen los límites en el número de repetidores permitidos en la red, el estándar 802.3 distingue entre dos tipos de segmentos de cable, denominados segmentos de enlace y segmentos mixtos. Un segmento de enlace es una porción de cable que une solamente dos nodos, mientras que un segmento mixto une más de dos.

### 3.4.2 Cálculo de Temporización en Ethernet.

La regla 5-4-3 es una directriz general que suele ser lo suficientemente precisa para garantizar que una red se va a comportar de forma correcta. Sin embargo, también es posible evaluar el grado de cumplimiento de las especificaciones de cableado de Ethernet de una red de forma más precisa calculando dos medidas: el tiempo de demora de la señal de ida y vuelta, y la reducción del intervalo entre tramas.

El tiempo de demora de la señal de ida y vuelta, es la cantidad de tiempo que emplea un bit en viajar entre los dos nodos más distantes de la red y volver de nuevo.

La reducción del intervalo entre tramas, es la cantidad en que se reduce el retardo normal de 96 bits entre paquetes debido a las condiciones de la red, como el tiempo necesario para que los repetidores reconstruyan una señal antes de enviarla de nuevo.

### 3.5 La Trama Ethernet.

La Trama Ethernet es la secuencia de bits que comienza y termina todo paquete Ethernet transmitido en una red. La trama, es decir, un paquete Ethernet se compone de una cabecera y una cola que envuelven y encapsulan los datos generados por los protocolos que operan en los niveles superiores del modelo OSI. La información de la cabecera y la cola indican las direcciones del sistema que envía el paquete y el sistema que debe recibirlo, también realiza muchas otras funciones importantes para la entrega del paquete.

#### 3.5.1 La Trama Ethernet IEEE 802.3.

El formato básico de la trama Ethernet (datagrama Ethernet), tal como lo define el estándar 802.3 del IEEE, aparece como se muestra en la figura 3.2. El Formato de los Paquetes PDU ('Protocol Data Units') incluye un Preámbulo ('Preamble'); Campos de Dirección de Origen ('Source Address') y de Destino ('Destination Address'), Longitud de Campo ('Length'), Tipo de Campo ('Type', sólo para Ethernet II), Campo de Datos ('Data') y Chequeo de Integridad FCS ('Frame Check Sequence').

IEEE 802.3						
7	1	6	6	2	46-1500	4
Preámbulo	SFD	Dirección de Destino	Dirección de Origen	Longitud	802.2 Campo de Datos	FCS

SFD = Delimitador de Comienzo de Trama.

FCS = Chequeo de Integridad.

Figura 3.2. Trama Ethernet.

### 3.5.2 Preámbulo y Delimitador de Comienzo de Trama SFD ('Start of Frame Delimiter').

El preámbulo consta de 7 bytes de 0 y 1 alternantes, y los sistemas de la red lo utilizan para sincronizar sus relojes, descartándolos después. El Esquema de codificación Manchester, utilizado por Ethernet, requiere que los relojes de los nodos que se comunican estén sincronizados con el mensaje entrante, a fin de que puedan leerlo sin errores, de forma que se puedan poner de acuerdo en la duración de un tiempo de bit. Los nodos que se encuentran en modo inactivo, es decir, que actualmente no estén transmitiendo ni en proceso de rectificar una colisión, son incapaces de recibir algún dato hasta que utilizan las señales generadas por los valores de bit alternante del preámbulo, con el fin de prepararse para la transmisión de datos que está a punto de producirse.

Para cuando terminan de transmitirse los 7 bytes del preámbulo, el nodo receptor ya ha sincronizado su reloj con el emisor, pero no es consciente de cuántos de los 7 bytes se han transmitido antes de lograr su sincronización. La mayor parte de los adaptadores actuales están diseñados para lograr la sincronización antes de 11 tiempos de bits, pero no se trata de una cifra absolutamente fiable. Para señalar el comienzo de la transmisión real del paquete, el transmisor emite un delimitador de inicio de trama de 1 byte, que continúa la alternancia de 0 y 1, excepto en los dos últimos bits, en donde los dos son 1. Esto es lo que indica al receptor que cualquier dato que aparezca a continuación forma parte de un paquete de datos y deberá grabarse en el buffer de memoria del adaptador de red para ser procesado.

### 3.5.3 Dirección Destino y Dirección Origen.

El direccionamiento es la función más básica de la trama Ethernet. Cuando se transmite un paquete, el controlador del adaptador de red del sistema genera los valores de los campos de dirección destino y dirección origen. Las direcciones de destino y origen son direcciones físicas en el sentido de que se refieren a dispositivos físicos (adaptadores de red) conocidos generalmente como NIC ('Network Interface Card'). Estas direcciones se hacen referencia al NIC del destinatario ('Destination Address') y al NIC del remitente ('Source Address'). El NIC del destinatario indica el sistema al que se envía el paquete, éste puede identificar el destino final al que se envía el paquete si se encuentra en la red local, o dicha dirección puede pertenecer a un dispositivo que proporciona acceso a otra red, como un enrutador. La dirección de destino es conocida también como dirección del recipiente ('Recipient Address'). Una dirección destino que contiene todos sus bits en unos, significa que el paquete es una difusión ('broadcast'), lo que significa que también se envía a todos los sistemas de la red.

Las direcciones que utiliza el protocolo Ethernet para identificar los nodos de la red tienen un número de identificación (dirección) con una longitud de 6 bytes y están grabados en las tarjetas de red de cada una de las máquinas; este número es único en el mundo y no se repite. Dicha dirección se conoce como dirección de hardware o dirección MAC. El denominado MAC,

está contenida en el hardware de la tarjeta o adaptador de red y no puede o debe ser alterado. Cabe mencionar que los fabricantes de este tipo de tarjetas tienen que solicitar a la IEEE la asignación de un número de 24 bits (3 bytes), que les es remitido, y que sirve para identificar las tarjetas del fabricante a partir de ese momento, denominado OUI ('Organizationally Unique Identifier') o también conocido como código de vendedor. Después, cada fabricante añade a su OUI otros 24 bits, hasta totalizar 48 (6 octetos), en los que se puede incluir cualquier información que se desee, desde datos de fabricación hasta características de la tarjeta.

Los 6 bytes de los campos de dirección suelen indicarse en formato hexadecimal, algo parecido a: 00-10-A4-01-FF-F1.

Las direcciones del nivel de enlace de datos siempre indican la siguiente parada del paquete en la red local. Es responsabilidad del nivel de red controlar la transmisión extremo a extremo y proporcionar la dirección destino final del paquete.

Es interesante considerar que esta dirección (MAC) de un dispositivo físico (NIC) es en definitiva la dirección "real" de cualquier ordenador en la red. Por ejemplo, aunque el protocolo TCP/IP utiliza un sistema de direcciones lógicas, denominadas direcciones IP; estas direcciones deben ser traducidas a las direcciones MAC de los adaptadores de red a donde van dirigidos los mensajes.

#### 3.5.4 Longitud.

El campo de longitud de una trama 802.3 ocupa 2 bytes e indica cuántos datos, en bytes, transporta la carga útil del paquete. Este número indica solamente los datos reales del nivel superior del paquete, no incluye los campos de la trama de la cabecera o cola, ni cualquier relleno añadido al campo de datos para conseguir el tamaño mínimo de un paquete de Ethernet (64 Bytes). El tamaño máximo de un paquete Ethernet, incluyendo la trama, es 1,518 bytes. Puesto que la trama se compone de 18 bytes, el valor máximo del campo es de 1,500 bytes, incluyendo la cabecera LLC. Cuando una estación transmite una trama mayor que los 1518 bytes permitidos (que equivale a una transmisión de más de 20 milisegundos), ocurre una condición de error y el datagrama resultante se denomina 'Long Frame'. Cuando un paquete tiene una longitud menor que la mínima (46 bytes), también es una condición errónea (aunque su FCS sea correcto), y se denomina 'Short Frame'.

#### 3.5.5 Datos y Relleno.

Los datos de la trama incluirán un mensaje original generado por una aplicación o proceso de un nivel superior, además de cualquier información de cabecera agregada por los protocolos de los niveles que intervienen. Además un paquete 802.3 también contendrá en el campo de datos la cabecera de 3 bytes de control de enlace lógico.

El paquete de Ethernet completo, excluyendo el preámbulo y el delimitador de comienzo de trama, debe tener una longitud máxima de 1518 bytes para que funcione el mecanismo de

detección de colisiones del protocolo. Por tanto, restando 18 bytes de la trama, el campo debe tener una longitud mínima de 46 bytes.

Si la carga útil que ha pasado el protocolo del nivel de red es demasiado corta, el adaptador de Ethernet añade una cadena de bits sin significado para rellenar el campo de datos hasta alcanzar la longitud requerida.

### 3.5.6 Secuencia de comprobación de trama FCS ('Frame Check Sequence').

El campo de chequeo de integridad FCS, es un valor de 32 bits (4 octetos). Justo antes de la transmisión, el adaptador de red del nodo emisor calcula una Comprobación de Redundancia Cíclica CRC ('Cyclical Redundacy Check') de los datos e incluye este valor en este campo, de los demás campos del paquete, excepto el preámbulo y el delimitador de comienzo de trama, utilizando un algoritmo. El receptor realiza a su vez el mismo cálculo con los datos recibidos y compara que no se haya modificado ninguno de los valores de bit del paquete con el valor del campo FCS del datagrama recibido; si los valores coinciden, el sistema acepta el paquete y lo escribe en el buffer de memoria para procesarlo; si existe discordancia de datos, el sistema declara un error de alineamiento, descarta la trama y solicita el reenvío del paquete erróneo. El sistema también descarta la trama si el número de bits del paquete no es múltiplo de 8. Si se descarta una trama, es responsabilidad de los protocolos de nivel superior descubrir su ausencia y ocuparse de su retransmisión. Los 4 últimos bytes de la trama, a continuación del campo de datos y relleno, contienen un valor de suma de comprobación que utiliza el nodo receptor para determinar si el paquete ha llegado intacto.

## 3.6 La Trama Ethernet II.

La función del campo de 2 bytes que sigue a la dirección origen es diferente en los formatos de trama de los dos estándares de Ethernet predominantes. Mientras que la trama 802.3 utiliza este campo para indicar la longitud de los datos del paquete, el estándar de Ethernet II lo utiliza para indicar el tipo de trama, también denominado Ethertype. El Ethertype especifica el buffer de memoria que aparece en este campo, indica el protocolo de nivel de red al que van destinados los datos transportados por la trama.

El Código de Tipo es un número de 16 bits que se utiliza para identificar el tipo de protocolo de alto nivel que está siendo utilizado en la red Ethernet, señala por tanto el tipo de dato que está siendo transportado en el campo de datos del paquete, mostrados en la figura 3.3.

Como resumen, podemos indicar que la cabecera de un datagrama Ethernet tiene 14 bytes repartidos así: 6 B. dirección de origen + 6 B. dirección de destino + 2 B. tipo/longitud.

7	1	6	6	2	46-1500	4
Preámbulo	SFD	Dirección de Destino	Dirección de Origen	Tipo	Datos	FCS

SFD = Delimitador de Comienzo de Trama.

FCS = Chequeo de Integridad.

Figura 3.3. Trama Ethernet II.

### 3.7 Diferencias entre DIX Ethernet e IEEE 802.3.

Mientras el estándar DIX trata a nivel enlace de datos como una sola entidad, los estándares del IEEE la dividen en dos subniveles, denominados Control de Enlace Lógico LLC ('Logical Link Control') y Control de Acceso al Medio MAC ('Media Access Control').

Las principales diferencias entre el estándar IEEE 802.3 y el estándar DIX Ethernet II aparecen en la tabla 3.2.

	IEEE 802.3	DIX Ethernet II
Opciones a nivel físico	Coaxial, UTP, Fibra Óptica	Sólo Coaxial.
Bits 13-14 de la cabecera	Longitud del Campo de Datos	Ethertype.
Prueba de transceptor externo	Prueba SQE ('Signal, Quality Error')	Prueba de presencia de latido.

Tabla 3.2. Diferencias entre IEEE 802.3 y DIX Ethernet.

### 3.8 Subnivel de Control de Enlace Lógico.

El IEEE divide la funcionalidad del nivel del enlace de datos en dos subniveles: Control de Acceso al Medio MAC ('Media Access Control') y Control de Enlace Lógico LLC ('Logical Link Control'). En una red Ethernet, el subnivel MAC incluye elementos del estándar 802.3: las especificaciones del nivel físico, el mecanismo CSMA/CD y la trama 802.3. Las funciones del subnivel LLC están definidas en el estándar 802.2, que también lo utilizan los otros estándares MAC 802.

El subnivel LLC es capaz de proporcionar gran variedad de servicios de comunicación a los protocolos del nivel de red, incluyendo los siguientes:

- Servicio no orientado a conexión sin reconocimiento. Un servicio que no proporciona control de flujo ni control de errores y que no garantiza una entrega de datos correcta.
- Servicio orientado a conexión. Un servicio totalmente fiable que garantiza entrega de datos correcta por medio del establecimiento de una conexión con el destino antes de transmitir los datos y de la utilización de mecanismos de control de errores y de flujo.

- Servicio no orientado a conexión con reconocimiento. Un servicio de rango intermedio que utiliza mensajes de reconocimiento para proporcionar una entrega fiable, pero no establece una conexión antes de transmitir los datos.

En un sistema transmisor, el subnivel LLC encapsula, en primer lugar, los datos que se pasan desde el protocolo del nivel de red en lo que el estándar denomina una Unidad de Datos del Protocolo PDU ('Protocol Data Unit'). A continuación se pasa la PDU al subnivel MAC, donde se encapsula de nuevo en una cabecera y cola, momento en que puede denominarse técnicamente una trama, es decir en un paquete Ethernet, esto significa que el campo de datos de la trama 802.3 contiene una cabecera LLC de 3 o 4 bytes, además de los datos del nivel de red, lo que reduce, por tanto, la cantidad máxima de datos de cada paquete de 1,500 a 1,497 bytes. La cabecera LLC consta de tres campos, cuyas secciones se describen como sigue:

### 3.8.1 DSAP y SSAP.

El campo de Punto de Acceso al Servicio Destino DSAP ('Destination Service Access Point') indica la ubicación en el buffer de memoria de los nodos destino donde deberían almacenarse los datos del paquete. El Campo de Punto de Acceso al Servicio de Origen SSAP ('Source Service Access Point') realiza la misma función para el origen de los datos del paquete en el nodo transmisor; ambos campos de 1 byte, utilizan valores asignados por el IEEE, lo que funciona como registro del protocolo.

En la figura 3.4, se muestra un paquete de Protocolo de Acceso a la Subred SNAP ('Sub-Network Access Protocol') de Ethernet, el valor de los campos DSAP y SSAP es 170 (o 0xAA, en formato hexadecimal). Dicho valor indica que el contenido de la PDU de LLC comienza con una Cabecera del Protocolo SNAP. La cabecera SNAP proporciona la misma funcionalidad que el campo Ethertype de la trama 802.3.

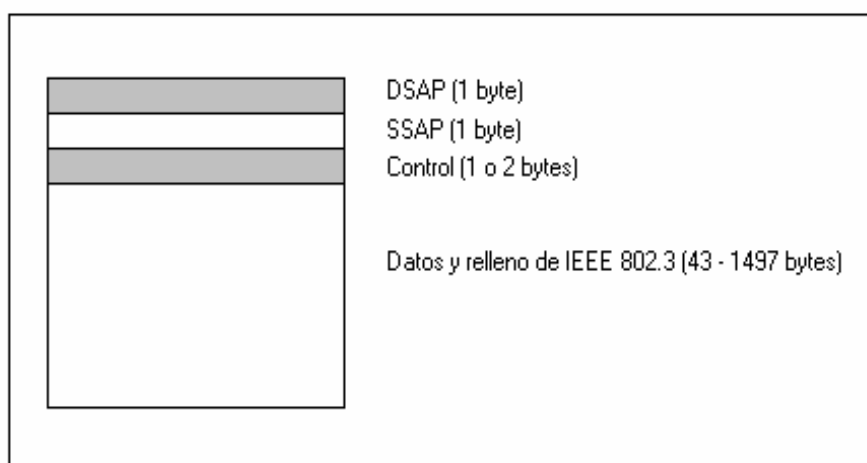


Figura 3.4. Datos de trama.

### 3.8.2 Control.

El campo de control de la cabecera LLC indica el tipo de servicio necesario para los datos de la PDU y la función del paquete. En función del servicio requerido, el campo de control puede tener una longitud de 1 ó 2 bytes. En una trama SNAP de Ethernet, por ejemplo, el LLC utiliza el servicio no orientado a conexión sin reconocimiento, que posee un valor del campo de control de 1 byte utilizando lo que el estándar denomina el 'formato no numerado'. El valor del campo de control es 3, lo que se define como una trama de información no numerada, esto es, una trama que contiene datos. Las tramas de información no numerada son bastante sencillas y significan que el paquete contiene un mensaje no crítico, o que un protocolo de un nivel superior que garantiza de alguna forma la entrega y proporciona otros servicios de nivel superior. Los otros dos tipos del campo de control, de 2 bytes cada uno, son formato de información y formato de supervisión. Los tres formatos del campo control se diferencian por sus primeros bits, como sigue:

- El formato de información comienza con un 0.
- El formato de supervisión comienza con un bit 1 y un bit 0.
- El formato no numerado comienza con dos bits 1.

El resto de los bits indican la función precisa de la PDU. En un intercambio más complejo que involucre al servicio orientado a conexión, las tramas no numeradas contienen comandos, como los utilizados para establecer una conexión con el otro nodo y para terminarla al final de la transmisión. Los comandos transmitidos en tramas no numeradas son los siguientes:

- UI ('Unnumbered Information'), o Información no Numerada. Utilizado por el servicio no orientado a conexión sin reconocimiento para enviar tramas.
- XID ('Exchange Identification'), o Identificación de Intercambio. Utilizado como comando y como respuesta en los servicios orientado a conexión y no orientado a conexión.
- TEST. Utilizado como comando y como respuesta cuando se realiza una prueba de bucle LLC.
- FRMR. ('Frame Reject') o Rechazo de Trama. Utilizado como respuesta cuando se produce una violación de protocolo.
- SABME ('Set Asynchronous Balanced Mode Extended'), o Establecer Modo Asíncrono Balanceado Extendido. Utilizado para pedir que se establezca una conexión.
- UA ('Unnumbered Acknowledgmente'), o Asentamiento no Numerado. Utilizado como respuesta positiva al mensaje 'SABME'.
- DM ('Disconnect Mode'), o Modo de Desconexión. Utilizado como respuesta negativa al mensaje 'SABME'.



- DISC ('Disconnect'), o Desconectar. Utilizado para pedir la terminación de una conexión, donde se espera una respuesta UA o DM.

Las tramas de información contienen los datos reales transmitidos durante sesiones orientadas a conexión y no orientadas a conexión con reconocimiento, así como los mensajes de reconocimiento devueltos por el nodo receptor. Solo se envían dos tipos de mensajes en las tramas de información: N(S) y N(R) para los paquetes enviados y recibidos, respectivamente. Ambos sistemas realizan un seguimiento de los números de secuencia de las tramas que reciben. Un mensaje N(S) permite que el receptor conozca cuántos paquetes de la secuencia se han enviado, y el mensaje N(R) permite que el emisor conozca qué paquete de la secuencia espera recibir. Las tramas de supervisión solo las utiliza el servicio orientado a conexión y proporciona mantenimiento de la conexión en forma de servicios de control de flujo y corrección de errores. Los tipos de mensajes de supervisión son los siguientes:

- RR ('Receiver Ready'), o Receptor Preparado. Utilizado para informar al emisor que el receptor está parado para la siguiente trama y para mantener activa la conexión.
- RNR ('Receiver Not Ready'), o Receptor No Preparado. Utilizado para indicar al emisor que no envíe más paquetes hasta que el receptor transmita un mensaje RR.
- REJ ('Frame Reject'), o Rechazo de Trama. Utilizado para informar al emisor de un error y solicitar la retransmisión de todas las tramas enviadas a partir de cierto punto.

### 3.8.3 La cabecera SNAP.

Debido a que la cabecera de trama IEEE 802.3 no dispone de un campo Ethertype, normalmente resultaría imposible para un sistema receptor conocer qué protocolo de nivel debería recibir los datos que lleguen. Esto no debería ser un problema en el caso de que sólo exista un protocolo de nivel de red, pero varios protocolos instalados se convierten en un problema serio. Los paquetes 802.3 resuelven este problema utilizando un protocolo adicional dentro de la PDU de LLC, denominado Protocolo de Acceso de Subred SNAP ('Sub-Network Access Protocol').

La cabecera SNAP tiene una longitud de 5 bytes y aparece inmediatamente después de la cabecera LLC en el campo de datos de una trama 802.3.

En la figura 3.5, se muestran los campos de la trama, cuya función de cada uno de ellos es la siguiente:

- Código de Organización o Código de Fabricante. Es un campo de 3 bytes que tiene el mismo valor que los 3 primeros bytes de la dirección origen en la cabecera 802.3.
- Código Local. Es un campo de 2 bytes que representa el equivalente funcional al campo Ethertype en la cabecera Ethernet II, utilizando los mismos valores tal como los asigna Xerox.

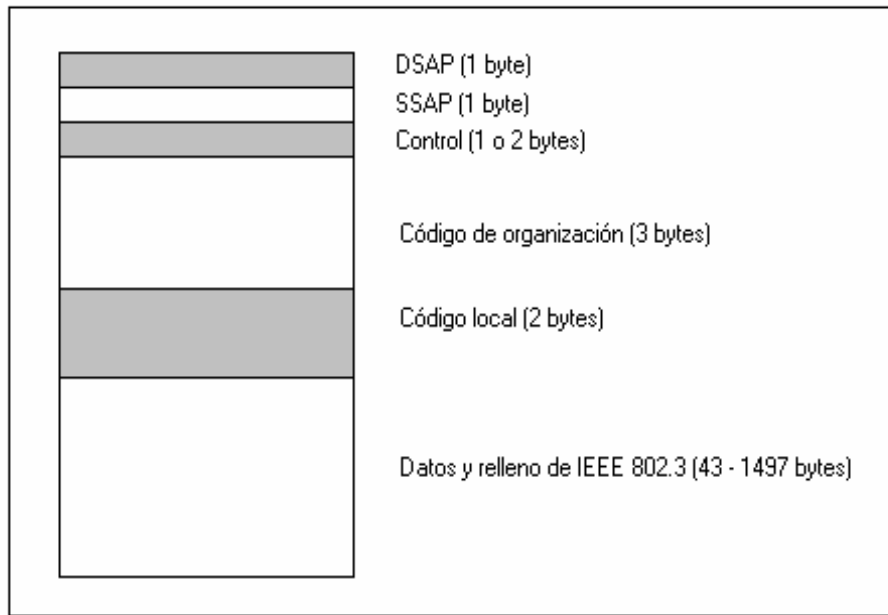


Figura 3.5. Datos de Trama.

## Capítulo 4. Ethernet de Alta Velocidad.

### 4.1 Ethernet Full-Duplex.

El mecanismo de control de acceso al medio CSMA/CD es el elemento que define el protocolo Ethernet, pero también es el causante de muchas de sus limitaciones. Con un hardware especial también es posible conseguir que las conexiones Ethernet trabajen en modo Full-Duplex, lo que significa que un dispositivo puede transmitir y recibir datos de forma simultánea. Cuando se trabaja en este modo se ignora el mecanismo CSMA/CD de MAC. Los sistemas no escuchan las redes antes de transmitir; envían sus datos siempre que lo desean.

### 4.2 Requisitos para operar en Full-Duplex.

Existen tres requisitos para la operación Full-Duplex de Ethernet:

- Un medio de red con los canales de transmisión y recepción separados.
- Un enlace dedicado entre cada dos sistemas.
- Adaptadores de red y conmutadores que admitan la operación Full-Duplex.

La Ethernet Full-Duplex sólo es posible en segmentos de enlace que disponen de canales independientes para las comunicaciones en ambos sentidos. Esto significa que las redes de pares trenzados y de fibra óptica pueden admitir comunicaciones Full-Duplex utilizando Ethernet normal, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, pero el cable coaxial no puede.

La Ethernet Full-Duplex también requiere que exista un enlace dedicado entre cada par de computadoras. Esto significa que no se pueden utilizar concentradores en modo Half-Duplex y crean un medio de red compartido.

### 4.3 Control de flujo Full-Duplex.

El mecanismo de control Full-Duplex se denomina Protocolo de Control MAC, el cual toma la forma de una trama especializada que contiene un comando 'PAUSE' y un parámetro que especifica la duración de la pausa. La trama de Control MAC, es una trama estándar de longitud mínima (64 bytes) con el valor hexadecimal 8808 en el campo Ethertype o Código Local SNAP. La trama se transmite a una dirección especial de multidifusión (01-80-C2-00-00-01) diseñada para que la utilicen dichas tramas 'PAUSE'. El campo de datos de la trama de Control contiene un código de operación ('opcode') de 2 bytes con el valor hexadecimal 0001, lo que indica que se trata de una trama de pausa. En estos momentos, es el único valor de código de operación Control MAC válido. A continuación del código de operación, aparece un parámetro intervalo de pausa de 2 bytes, un entero que indica la cantidad de tiempo que los sistemas receptores deberían esperar antes de realizar una transmisión, medido en unidades

denominadas cuantos, cada uno de los cuales equivale a 512 intervalos de bit. El intervalo de valores posibles para el parámetro de intervalo de pausa va de 0 a 65535.

#### 4.4 Fast Ethernet.

Para aumentar la velocidad de la red de 10Mbps a 100Mbps se han definido nuevos estándares de Ethernet que se han dado a conocer a partir de 1995, denominados en conjunto Fast Ethernet (IEEE 802.3u) o también llamado 100Base-X. Tres nuevos tipos de redes Ethernet se han creado y las topologías posibles quedan reducidas a la topología estrella (Tabla 4.1).

Tipo de Ethernet	Velocidad (Mbps)	Medio
100Base-TX (IEEE 802.3u)	100	UTP de categoría 5.
100Base-FX (IEEE 802.3u)	100	Fibra óptica.
100Base-T4 (IEEE 802.3u)	100	UTP de categoría 3 modificado.

Tabla 4.1. Velocidades y medios de transmisión de 100Base-TX, 100Base-FX y 100Base-T4.

#### 4.5 Se añaden dos líneas al cable UTP de categoría 3.

A pesar de que los principios de operación de las redes Ethernet son muy simples, es un hecho que alrededor del 80% de las estaciones de trabajo conectadas en red son Ethernet/IEEE 802.3, debido a su bajo costo, pero también proporcionados por los modelos analíticos. La razón es que estos modelos se fundamentan en una serie de hipótesis teóricas sobre las características del tráfico que son conservadoras para las aplicaciones reales en producción, que representan otro tipo de comportamiento.

Una de las opciones más simples para obtener alta velocidad en redes de área local consiste en adaptar el estándar IEEE 802.3 para CSMA/CD a la velocidad de 100 Mbps. La idea básica es conservar el método de acceso, MAC, con el objeto de mantener la máxima compatibilidad de la extensa base instalada de redes Ethernet e IEEE 802.3/ISO 8802.3, manteniendo el protocolo tradicional de transmisión de Ethernet; destacándose las siguientes características:

- Costo reducido, en la línea con la norma Ethernet/IEEE 802.3.
- Preservación del MAC, para simplificar la interoperación con las redes existentes y poder utilizar el mismo software.
- Utilización del cable UTP (par trenzado sin apantallar), por ser el más extendido y económico.
- Fácil coexistencia y migración con los estándares existentes. La situación ideal sería de disponer de tarjetas que operasen a 10/100 Mbps.

El dominio de colisión de Ethernet está limitado a 2500 metros. Esta limitación es necesaria para permitir una tasa de 10 Mbps usando el método de acceso CSMA/CD. Para que CSMA/CD funcione, una estación debería ser capaz de notar la colisión antes de que la trama se haya situado en el medio. Si ha enviado toda la trama y no se ha detectado la colisión, la estación asume que todo está bien, destruye la copia y envía la siguiente.

El tamaño mínimo de una trama Ethernet es 72 o 576 bits. Enviar 576 bit a una velocidad de 10 Mbps consume 57.6 microsegundos ( $576/10 \text{ Mbps} = 57.6$ ). Antes de que se haya enviado el último bit debe haber alcanzado el fin del extremo del dominio y si hay una colisión, debe ser notada por el emisor. Esto implica que durante el tiempo que tarda el emisor en transmitir 576 bits dicha colisión debe ser detectada. En otras palabras, la colisión debe ser detectada durante los 57.6 microsegundos; este tiempo es suficiente para permitir que una señal haga un viaje de ida y vuelta de 5000 metros a la velocidad de propagación en un medio de transmisión típico como un cable de par trenzado.

Para incrementar la velocidad de los datos sin cambiar el tamaño mínimo de la trama, es necesario disminuir el tiempo de ida y vuelta. Con una velocidad de 100 Mbps, el tiempo de ida y vuelta se reduce a 5.76 microsegundos ( $576 \text{ bits} / 100 \text{ Mbps}$ ). Esto significa que el dominio de colisión se debe reducir 10 veces, de 2500 metros a 250 metros. Esta disminución no es un problema debido a que las LAN conectan actualmente computadoras de sobremesa que no están separadas más allá de 50 y 100 metros del conector central. Esto significa que el dominio de colisión está entre 100 y 200 metros.

La Fast Ethernet es una versión de Ethernet con una tasa de datos de 100 Mbps. No hay ningún cambio en el formato de trama, tampoco hay ningún cambio en el método de acceso; los únicos cambios en el nivel MAC son la tasa de datos y el dominio de colisión. La tasa de datos se incrementa en un factor de diez; el dominio de colisión se disminuye en un factor de diez.

En el nivel físico, la especificación desarrollada para la Fast Ethernet es una topología similar a la 10Base-T; sin embargo, para satisfacer al nivel físico de los distintos recursos disponibles la IEEE ha diseñado dos categorías de Fast Ethernet: 100Base-X y 100Base-T4. La primera usa dos cables entre la estación y el concentrador; el segundo usa 4. La 100Base-X se divide a su vez en dos tipos: 100Base-TX y 100Base-FX.

La primera diferencia entre la Fast Ethernet y la Ethernet normal es que ya no está permitida la utilización de cable coaxial, debido a que Fast Ethernet sólo trabaja con cable UTP o STP y fibra óptica.

Además de los conectores que se muestran para cada uno de los tipos de cable, el estándar 802.3u describe una Interfaz Independiente del Medio MII ('Medium-Independent Interface') que utiliza un conector D de 40 pines que puede soportar transceptores externos. A partir del diseño del estándar original de Ethernet gruesa, la MII se conecta a un transceptor externo denominado Dispositivo de Nivel Físico PHY ('Physical Layer Device'), el cual se conecta al medio de la red. El MII es una nueva especificación que define una interfase estándar entre la subcapa MAC y cualquiera de las tres capas físicas (100Base-TX, 100Base-T4 y 100Base-FX).

Su función principal es ayudar a la subcapa convergente a hacer uso del rango de bits más altos. Es capaz de soportar 10 Mbps y 100 Mbps. Puede ser implementado en un dispositivo de red tanto interna como externamente. Internamente conecta la subcapa MAC directamente a la capa física, usualmente con adaptadores NICs.

La MII hace posible la construcción de dispositivos como concentradores y computadoras con adaptadores Fast Ethernet integrados, pero que no están condicionados por ningún tipo de medio en particular. Proporcionando diversas unidades PHY, se puede conectar el dispositivo a una red Fast Ethernet utilizando cualquier tipo de cable permitido. Algunos dispositivos PHY se conectan directamente a la MII, mientras que otros cables utilizan un cable con una disposición no muy diferente de la AUI de Ethernet gruesa. En ese caso, el cable no debe tener una longitud mayor de 0.5 metros.

#### 4.6 100Base-TX.

100Base-TX se basa en la especificación TP-PDM de ANSI y requiere la utilización de cable UTP de Categoría 5 para todos los segmentos de red o STP Tipo 1 Half-Duplex. La clasificación para el cable UTP las define la TIA/EIA. Esta red requiere dos pares de UTP, un par es utilizado para transmisiones (con una frecuencia de operación de 125 MHz a 80% de eficiencia para permitir codificación 4B/5B), el otro par es utilizado para detectar y recibir colisiones. Utiliza un sistema de comunicación Half o Full-Duplex.

Por compatibilidad 100Base-TX (igual que 100Base-T4) utiliza el mismo tipo de conectores RJ-45 que 10Base-T; en la asignación de pines, es donde las especificaciones de cable son diferentes de TP-PMD de ANSI; esto es para mantener la compatibilidad hacia atrás con las redes 10Base-T. La longitud máxima por segmento es de 100m (328 ft) y el como máximo son 2 repetidores.

#### 4.7 100Base-T4.

El objeto de 100Base-T4, es su utilización en redes que ya disponen de cableado UTP, pero dicho cable no está calificado como Categoría 5. El par de transmisión y recepción en un circuito de 100 Base-T4 es el mismo que en 100Base-TX y 10Base-T. Dos de los cuatro hilos son direccionales y los otros dos son unidireccionales; esto significa, que en cada dirección se usan tres pares al mismo tiempo para llevar datos; también permite frecuencias menores y un decremento de las emisiones electromagnéticas. Debido a que la tasa de datos de 100 Mbps no se puede manejar mediante una UTP de grado de voz, la especificación divide el flujo de datos en 33.66 Mbps. Para reducir la tasa de baudios de la transmisión, se usa un método denominado 8B/6T (8 binario/6 ternario) en el que cada bloque de ocho bits se transforma en

seis baudios de tres niveles de voltaje (positivo, negativo y cero). El cuarto par se utiliza para detectar colisiones. Las características básicas de 100Base-T4 son:

- La conexión entre estación y el HUB en punto a punto.
- Distancia máxima del cable de 100 metros (con un máximo de dos repetidores).

El protocolo puede operar tanto a 100 Mbps como a los 10 Mbps de la Ethernet clásica. Para ello, los adaptadores pueden identificar el tipo de HUB al que están conectados y seleccionar dinámicamente el modo de operación. La transmisión en los cuatro pares es en modo semidúplex.

#### 4.8 100Base-FX.

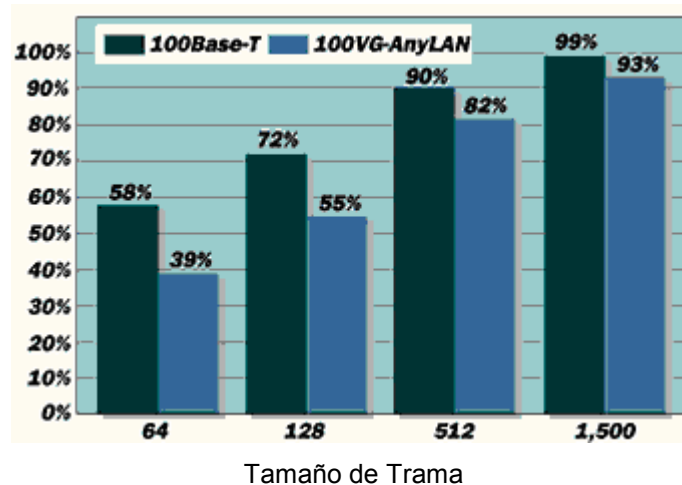
La especificación de 100Base-FX requiere exactamente el mismo hardware que la especificación de 10Base-FL, excepto que la longitud máxima del segmento de cable no puede ser mayor de 412 metros (1351 ft). Al igual que con el resto de las opciones del nivel físico de Fast Ethernet, el medio es capaz de transmitir una señal a gran distancia, pero la limitación viene impuesta para garantizar el funcionamiento correcto del mecanismo de detección de colisiones. Como se ha mencionado anteriormente, cuando se elimina el mecanismo CSMA/CD (como ocurre en una red Ethernet Full-Duplex), los segmentos de 100Base-FX pueden ser mucho más largos. La fibra óptica que utiliza es de 62.5 (core)/125(cladding)-micron multimodo que es capaz de sostener un throughput de 100 Mbits/s en distancias mayores a 100m. Puede tener como máximo dos repetidores.

Otra aplicación de la tecnología Fast Ethernet es la tecnología 100VG de Hewlett-Packard, que opera a 100 Mbps sobre un cableado UTP existente. Un router 100VG es utilizado para la comunicación entre segmentos Ethernet y 'Token-Ring', por tanto 100VG y 100Base-T son mejores alternativas que ATM ('Asynchronous Transfer Mode'), FDDI ('Fiber Distributed Data Interface') y 'Fiber Channel'. Los adaptadores para ATM y FDDI son mucho más caros que los de 100VG y 100Base-T.

Las ventajas que ofrece 100VG sobre el 100Base-T se basan en que 100VG puede soportar tanto aplicaciones de Ethernet como de 'Token-Ring' aunque no en la misma red. Se utiliza un router para poder ir de un 100VG Ethernet a un 100VG 'Token-Ring' y viceversa. 100VG elimina las colisiones de paquetes y permite un uso más eficiente del ancho de banda de la red, esto es realizado, utilizando un esquema de acceso por prioridades de demanda en lugar del CSMA/CD, utilizado en 10Base-T Ethernet y Fast Ethernet. La demanda de prioridades permite establecer prioridades rudimentarias del tráfico sensitivo al tiempo, así como la voz y el video en tiempo real, haciendo que 100VG esté bien surtido para las aplicaciones multimedia.

Los precios para el equipo requerido para una 100VG se pueden comparar con los de 100Base-T y son considerablemente menores a los del equipo para una red ATM.

Una desventaja que podríamos mencionar de la red 100VG es que a pesar de soportar un gran rango de opciones de cableado, sus requerimientos de cableado no son tan flexibles como los de 'Token-Ring' o el Ethernet convencional, aunque esa misma limitación se aplica a 100Base-T de Fast Ethernet. Otra posible desventaja es que requiere que los usuarios instalen nuevas tarjetas adaptadoras para red, así como nuevos 'Switches' y HUBs. En la gráfica 4.1 100VG-AnyLAN y 100Base-T entre el tamaño de la trama, y en la tabla 4.2 se muestran algunas comparativas entre las tecnologías LAN de alta velocidad



Gráfica 4.1. Comparación entre 100Base-T y 100VG-AnyLAN.

	100BaseT Fast Ethernet	CDDI/FDDI	ATM	LAN Switching
Datos	100 Mbps	100 Mbps	25 a 622 Mbps	10 o 4/16-Mbps
Método de Acceso	CSMA/CD	Token	Basada en celda	Basada en LAN Switching
Tamaño	64 a 1500 bytes	64 a 4500 bytes	53 bytes	64 a 8 KB
Servicios	Asíncrono	Asíncrono y síncrono	Isócrono, asíncrono, y síncrono	Asíncrono
Diámetro de red	672.4' (205 m)	328' (100 m) a 18.6 mi (30 km)	328' (100 m) a multiple mi (km)	N/A
Administración	SNMP y Ethernet MIBs	SMT, SNMP	Propietario MIBs y SNMP	SNMP y Ethernet MIBs
Costo	Bajo costo	Medio costo	Alto costo	Bajo costo



Tolerancia	Spanning tree	Dual homing MAC ring	Multiple paths	Spanning tree
Aplicación	Desktop, workgroup y backbone	Desktop, workgroup y backbone	Backbone, WAN, LAN, multimedia, y desktop	Desktop, workgroup y backbone

Tabla 4.2. Comparaciones de las tecnologías LAN de alta velocidad.

#### 4.9 Esquema de Codificación 4B/5B.

La codificación 4B/5B procesa la secuencia de bits a modular en bloques de 4 bits. Cada bloque se substituye por otro de 5 bits de forma que cualquier uno sólo puede tener un cero por delante y a lo sumos dos ceros por detrás. Por este motivo, no es posible encontrar más de tres ceros consecutivos en la secuencia de bits a transmitir. La codificación 4B/5B inserta bits extras para romper las series de ceros, cosa que en ciertas ocasiones puede llegar a ser un gran problema.

A continuación se muestra la tabla 4.3, de la codificación 4B/5B:

<b>Símbolo de Entrada</b>	<b>Código de Salida</b>
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110

1011	10111
1100	11010
1101	11011
1110	11100
1111	11101

Tabla 4.3. Codificación 4B/5B.

Entonces, tenemos que 16 de las 32 posibles combinaciones con los 5 bits de salida son para datos, eso nos deja 16 combinaciones, de las cuales 9 son para efectuar labores de control, los 7 restantes no son válidos.

En la tabla 4.4, se quiere saber la codificación de 111000101010101010 en 4B/5B.

Dato	1110	0010	1010	1010	10
4B/5B	11100	10100	10110	10110	10

Tabla 4.4. Codificación 4B/5B.

Tenemos entonces que la codificación 4B/5B es:

1110010100101101011010

#### 4.10 Esquema de Codificación 8B/6T.

100Base-T usa una codificación ternaria de tres niveles conocida como 8B/6T (8 binario–6 ternario) en lugar de la codificación binaria directa (2 niveles). Esta codificación 8B/6T (Figura 4.1) reduce la frecuencia del reloj a 25 Mhz que están dentro del límite de UTP.

Con 8B/6T, antes de la transmisión de cada conjunto de 8 dígitos binarios, se convierten primero a uno de 6 dígitos ternarios (3-niveles). Las tres señales de nivel usadas son +V, 0, -V. Los 6 símbolos ternarios significan que hay 729 ( $3^6$ ) de posibles palabras código, de las cuales sólo 256 ( $2^8$ ) son necesarios para representar las combinaciones del paquete completo de 8-bits, las palabras código usadas se seleccionan para lograr el equilibrio de DC. Para asegurar todas las palabras código, son necesarias al menos dos transiciones de la señal; esto se hace para permitir al receptor mantener la sincronización de reloj con el transmisor.

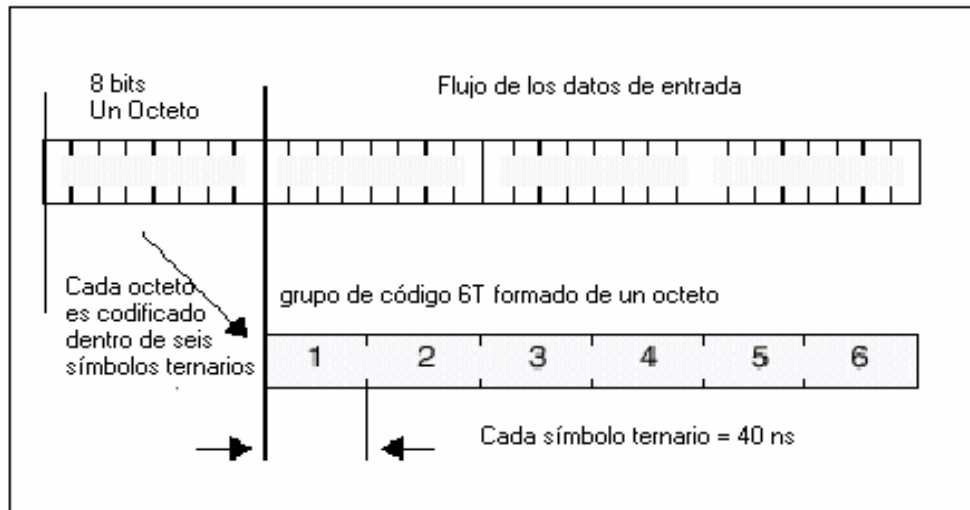


Figura 4.1. Esquema de codificación 8B/6T.

#### 4.11 Limitaciones en la longitud del cable.

Debido a que la red trabaja diez veces la velocidad Ethernet común, las instalaciones de cable Fast Ethernet son más restrictivas que las de la Ethernet estándar. En efecto, este estándar de Fast Ethernet consume gran parte de los márgenes del estándar original de Ethernet para conseguir mayores niveles de rendimiento.

En redes 100Base-T, la robustez de la señal no es tan importante como su temporización. El mecanismo CSMA/CD de una Fast Ethernet funciona exactamente igual que en una red Ethernet a 10 Mbps, y los paquetes tienen el mismo tamaño, pero viajan a través del medio a una velocidad diez veces mayor. Puesto que el mecanismo de detección de colisiones es el mismo, un sistema tiene que continuar siendo capaz de detectar la presencia de una colisión antes de que expire el intervalo de tiempo, es decir, antes de transmitir 64 bytes de datos. Por tanto, debido a que el tráfico se mueve más deprisa, la duración de este intervalo de tiempo tiene que reducirse para detectar de forma correcta. Por esa razón, la longitud máxima total de una red 100Base-TX es de 205 metros aproximadamente. Se trata de una cifra que es necesario considerar de forma más estricta que el máximo de 500 metros de una red 10Base-T.

#### 4.12 Configuraciones con Concentradores.

Debido a que la longitud máxima de un segmento de 100Base-TX es 100 metros, igual que para 10Base-T, las limitaciones en la longitud total de la red se encuentran en los concentradores repetidores utilizados para conectar los segmentos. El suplemento 802.3u describe dos tipos de concentradores para todas las redes 100Base-T: Clase I y Clase II. En todo concentrador de Fast Ethernet debe aparecer un número romano I ó II dentro de un círculo que identifica su clase.

Los concentradores Clase I sirven para segmentos de cable con diversos tipos de señal. 100Base-TX y 100Base-FX utilizan el mismo tipo de señal, mientras que en 100Base-T4 es diferente, debido a la presencia de los dos pares bidireccionales. Un concentrador Clase I contiene ciertos circuitos que traducen las señales de entrada 100Base-TX, 100Base-FX y 100Base-T4 a un formato digital común, para así volverlas a traducir a la señal adecuada para cada puerto de salida del concentrador. Dichas actividades de traducción originan grandes retardos del concentrador, por lo que sólo puede existir un concentrador Clase I en el trayecto entre cualquier nodo de la red.

Los concentradores Clase II sólo pueden admitir segmentos de cable con el mismo tipo de señal. Puesto que no se realiza ninguna traducción, el concentrador pasa los datos de entrada rápidamente a los puertos de salida. Debido a que los retardos son menores, pueden existir hasta dos concentradores Clase II en el trayecto entre dos nodos de la red, pero todos los segmentos tienen que utilizar el mismo tipo de señal. Esto significa que un concentrador Clase II puede admitir 100Base-TX y 100Base-FX juntas o 100Base-T4 solitario.

Las demás limitaciones en la longitud del segmento también se basan en la combinación de segmentos y concentradores utilizados en la red. Cuanto más compleja sea la configuración de la red, más corto podrá ser el diámetro máximo del dominio de colisiones. Dichas limitaciones se resumen en la siguiente tabla 4.4:

	<b>Un concentrador Clase I</b>	<b>Un concentrador Clase II</b>	<b>Dos concentradores Clase II</b>
Todos los segmentos de cobre (100Base-TX o 100Base-T4)	200 metros	200 metros	205 metros
Todos los segmentos de fibra (100Base-FX)	272 metros	320 metros	228 metros
Un segmento 100Base-T4 y un segmento 100Base-FX	231 metros	No aplicable	No aplicable
Un segmento 100Base-TX y un segmento 100Base-FX	260.8 metros	308.8 metros	216.2 metros

Tabla 4.4. Limitaciones en la longitud del segmento.

Obsérvese que una configuración de red con dos concentradores Clase II utiliza en realidad tres fragmentos de cable para establecer la conexión más larga entre dos nodos a sus concentradores respectivos y un cable para conectar entre sí los dos concentradores.

En redes 100Base-FX, dichas limitaciones significan que el único segmento de fibra que puede medir 412 metros es uno que conecta directamente dos computadoras. Si se introduce un concentrador en la red, la distancia total entre las computadoras se reduce considerablemente. Esto va claramente en contra de uno de los principales beneficios de la utilización de cable de fibra óptica.

#### 4.13 Cálculo del Tiempo en Fast Ethernet.

Igual que en los estándares originales de Ethernet, las directrices de las secciones anteriores no son más que reglas generales que proporcionan una limitación de tamaño aproximada para una red Fast Ethernet.

También es posible realizar cálculos más precisos para conocer si una red se ajusta por completo a las especificaciones, por ejemplo para Fast Ethernet, dichos cálculos se reducen a determinar el retardo de ida y vuelta de la red. No existe ningún cálculo de reducción del intervalo de tramas para Fast Ethernet debido a que el número tan limitado de repetidores permitidos en la red lo elimina como un posible problema.

#### 4.14 Autonegociación.

La práctica totalidad de adaptadores Fast Ethernet del mercado actual son dispositivos de velocidad dual, lo que significa que pueden trabajar a 10 o a 100 Mbps. Esto resulta útil para simplificar el proceso de expansión de una red 10Base-T a Fast Ethernet. El estándar también define un sistema de autonegociación que permite que un dispositivo de velocidad dual detecte las posibilidades de la red a la que se encuentra conectado y ajuste su velocidad en consecuencia. El mecanismo de autonegociación se basa en señales de pulso de enlace FLP ('Link Pulse Signals'), que son una variación de las señales pulso de enlace normal NLP ('Normal Link Pulse') utilizadas en redes 10Base-T y 10Base-FL.

Las redes Ethernet estándar utilizan señales NLP para comprobar la integridad de un enlace entre dispositivos. La mayor parte de los concentradores y adaptadores de red de Ethernet disponen de un LED de pulso de enlace que se ilumina cuando el dispositivo está conectado a otro dispositivo activo.

Los dispositivos Fast Ethernet capaces de transmitir a varias velocidades amplían esta técnica transmitiendo señales FLP en lugar de señales NLP. Las señales FLP incluyen un paquete de datos de 16 bits dentro de una ráfaga de pulsos de enlace, originando lo que se conoce como ráfaga FLP. El paquete de datos contiene una palabra de código de enlace LCW ('Link Code Word') con dos campos: el Campo Selector y el Campo Capacidad Tecnológica. Juntos, esos

campos indican las posibilidades del dispositivo transmisor, como su velocidad máxima y la posibilidad de soportar comunicaciones Full-Duplex.

Debido a que la ráfaga FLP tiene la misma duración (2 nanosegundos) e intervalo (16.8 nanosegundos) que una ráfaga NLP, un sistema Ethernet estándar puede ignorar la LCW y tratar la transmisión como una prueba normal de integridad del enlace. Cuando responde el emisor, el sistema de varias velocidades se configura a sí mismo para operar a la velocidad 10Base-T, utilizando una técnica denominada detección paralela. Este mismo método también se aplica para los dispositivos Fast Ethernet que no disponen de varias velocidades.

Cuando dos dispositivos Fast Ethernet, capaces de trabajar a varias velocidades, autonegocián, determinan entre ellos el mejor nivel de rendimiento que poseen en común, y en consecuencia, se configuran. Los sistemas utilizan la siguiente lista de prioridades cuando comparan sus posibilidades, donde 1000Base-T Full-Duplex proporciona el mejor rendimiento y 10Base-T Half-Duplex el peor:

1000Base-T (Full-Duplex).

1000Base-T.

100Base-TX (Full-Duplex).

100Base-T4.

100Base-TX.

10Base-T (Full-Duplex).

10Base-T.

## Capítulo 5. Gigabit Ethernet.

### 5.1 Gigabit Ethernet.

Gigabit Ethernet surge de la necesidad de manejar más datos y transmitirlos de forma aún más rápida. Las redes Fast Ethernet se extendieron con una rapidez mayor que las expectativas más optimistas. Como consecuencia de esto, los precios bajaron y su uso se popularizó hasta el punto de que se utiliza Fast Ethernet incluso en la conexión del usuario final. Para mantener un diseño coherente y equilibrado de una red se requieren velocidades superiores en el backbone. Este hecho, junto con la experiencia positiva de Fast Ethernet, animó al subcomité 802.3 a iniciar en 1995 otro grupo de trabajo que estudiara el aumento de velocidad de nuevo en un factor diez. Para crear Gigabit Ethernet se realizó un incremento de diez veces la velocidad de Fast Ethernet, a 1000 Mbps ó 1 Gigabit por segundo (Gbps).

La base del protocolo Gigabit Ethernet es el protocolo Ethernet, que fue estandarizado el 29 Junio de 1998 por el comité 802 de IEEE y diversas compañías que se unieron en el proyecto como Cisco Systems, Compaq Computer, Granite Systems, Intel Corporation, LSI Logic, Sun Microsystems Computer Company; con el propósito de ser una extensión de soporte de las redes existentes Ethernet y Fast Ethernet que requieren la demanda de un mayor ancho de banda, el desarrollo de técnicas para la inclusión en el estándar y establecer pruebas de procedimientos y procesos de interoperabilidad; siendo el sistema dominante de alta velocidad en redes de área local y conectividad de servidores; el estándar para Gigabit Ethernet es el IEEE 802.3z.

En la figura 5.1, se muestran las capas de Gigabit Ethernet.

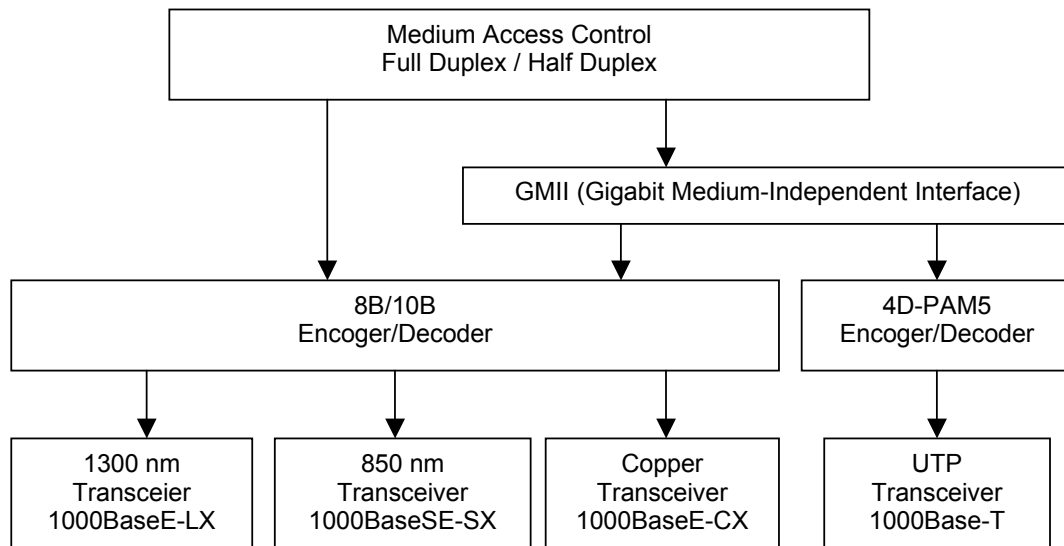


Figura 5.1. Capas de Gigabit Ethernet.

De forma análoga a lo hecho con Fast Ethernet, se pretendía utilizar los mismos medios físicos que en 'Fiber Channel': emisores láser con fibra óptica multimodo y monomodo, cable de pares trenzados apantallado y además cable UTP categoría 5. Se puede comentar también, que siguiendo con la tradición ya establecida de aumentar cada vez la velocidad en un factor diez, el IEEE aprobó en enero del 2000 la creación de un grupo de estudio (IEEE 802.3ae) de alta velocidad para la estandarización de Ethernet a 10 Gigabits.

## 5.2 Arquitectura de Gigabit Ethernet.

Para acelerar la velocidad de Fast Ethernet de 100 Mbps a 1Gbps, se necesitaron grandes cambios en la Interface Física. Se decidió que Gigabit Ethernet pareciera idéntico a Ethernet en el nivel de enlace de datos, como se muestra en la figura 5.2.

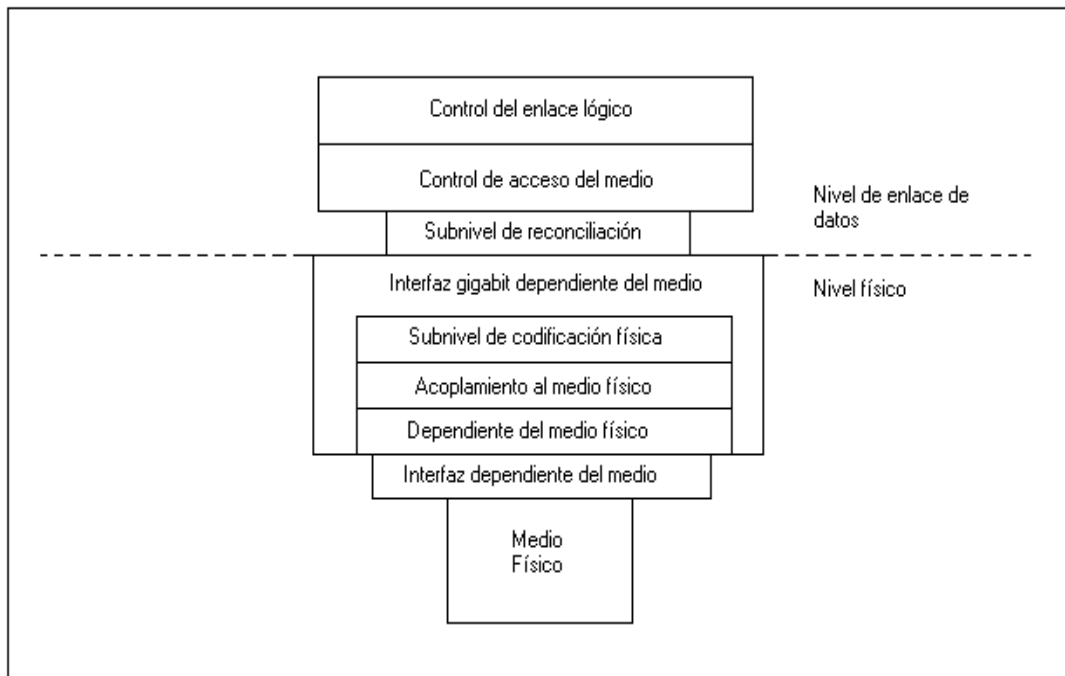


Figura 5.2. Arquitectura de Gigabit Ethernet.

El reto de superar la aceleración a 1 Gbps, fue resuelto "mezclando" dos tecnologías: IEEE 802.3 Ethernet y ANSI X3 T11 'Fiber Channel' (figura 5.3). Con estas dos tecnologías juntas, el estándar puede aprovechar la alta velocidad de la tecnología de 'Fiber Channel' manteniendo el formato de trama de IEEE 802.3 de Ethernet, la compatibilidad con los medios instalados, y el uso de Full o Half-Duplex (vía CSMA/CD).



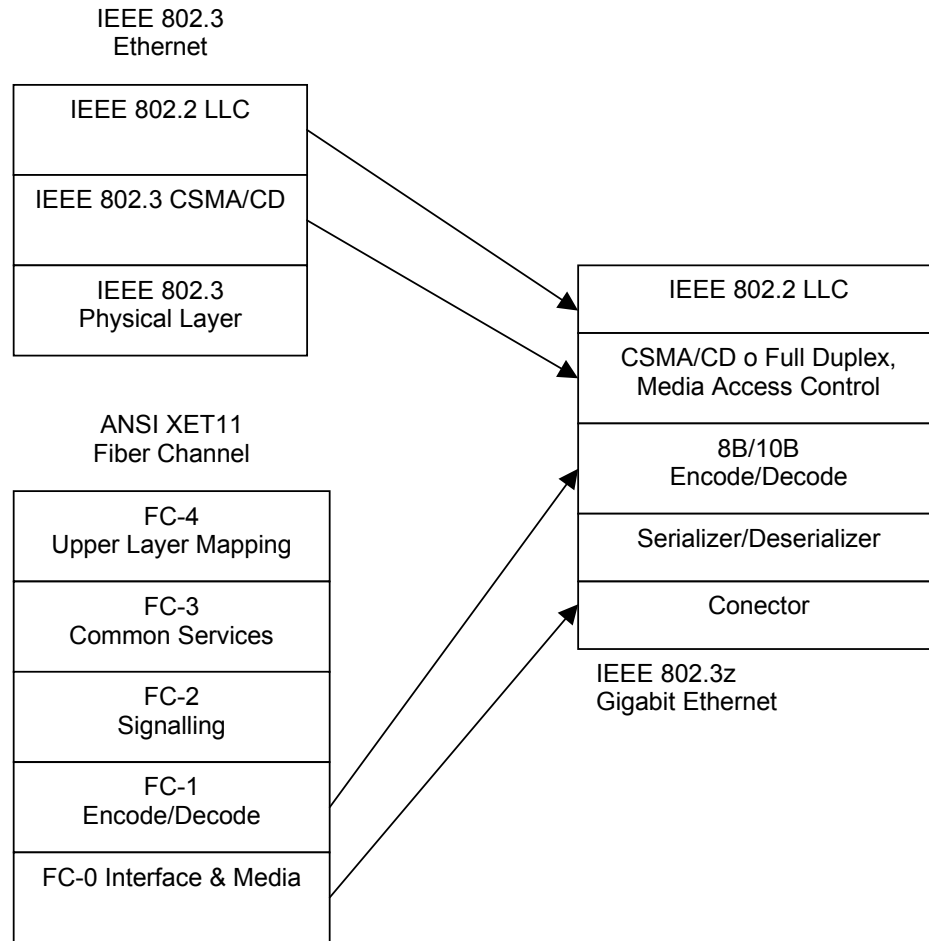


Figura. 5.3. Mezclado de tecnologías IEEE 802.3 Ethernet y ANSI X3 T11 'Fiber Channel'

### 5.3 Nivel de Enlace de Datos

El Nivel de Enlace de Datos consta de los subniveles de Control de Enlace Lógico (LLC) y de Control de Acceso al Medio (MAC) que son comunes a todos los protocolos 802.2 del IEEE. El concepto subyacente en el subnivel MAC, el mecanismo CSMA/CD, es fundamentalmente el mismo de una red Ethernet estándar o Fast Ethernet, pero con unas pocas modificaciones en su implementación.

El protocolo de enlace de datos utilizado es el 802.2 LLC y es común para todas las redes de área local. La definición de un protocolo de enlace de datos común aporta una ventaja considerable, por ejemplo, la interoperabilidad entre todas las LAN, por tanto, la trama de Gigabit Ethernet es compatible con la de Ethernet y la de Fast Ethernet.

El nivel de enlace lógico define los servicios de acceso para los protocolos que siguen el modelo de referencia OSI (figura 5.4); pero como no todos los protocolos siguen este modelo, hace falta información adicional, de lo cual se encarga el protocolo SNAP.

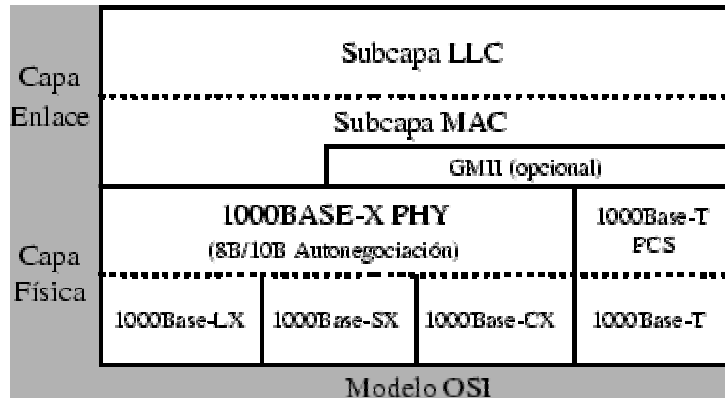


Figura 5.4. Modelo OSI

#### 5.4 Control de Acceso al Medio

Gigabit Ethernet está diseñada para admitir una operación Full-Duplex como modo primario de señalización. Para los sistemas de una red 1000Base-X, que trabajan en modo Half-Duplex, fue necesario realizar ciertas modificaciones en el mecanismo CSMA/CD., ya que el mecanismo de detección de colisiones de Ethernet sólo funciona correctamente cuando las colisiones se detectan mientras aún se está transmitiendo un paquete. Una vez que el sistema origen termina la transmisión de un paquete, los datos se eliminan de los buffers y ya no es posible retransmitir ese paquete si se produce una colisión, pero cuando aumenta la velocidad a la que los sistemas que transmiten datos, disminuye el retardo de señal de ida y vuelta, durante el cual es posible detectar una colisión. Cuando Fast Ethernet multiplicó por diez la velocidad de una red Ethernet, el estándar lo compensó reduciendo el diámetro máximo de la red. Esto permitió que el protocolo utilizara el mismo tamaño de paquete de 64 bytes que el estándar original de Ethernet y que también fuera capaz de detectar colisiones de forma eficiente.

Gigabit vuelve a multiplicar por diez la velocidad de transmisión, pero volver a reducir el diámetro máximo de la red ya no es posible debido a que las redes tendrían longitudes de unos 20 metros. Como consecuencia, el suplemento 802.3z aumenta el tamaño de la señal portadora CSMA/CD de 64 bytes a 512 bytes; esto significa que, mientras se mantiene el tamaño de paquete mínimo en 64 bytes para prever que las estaciones completen la transmisión de un paquete antes de que el primer bit sea detectado al final del cable, el subnivel MAC de un sistema Gigabit Ethernet agrega una extensión de portadora a los paquetes pequeños que realizan un relleno hasta llegar a los 512 bytes. Esto garantiza que el tiempo mínimo requerido para transmitir cada paquete es suficiente para que el mecanismo de detección de colisiones funcione de forma correcta, incluso en una red con el mismo diámetro que Fast Ethernet.

Los bits de extensión de portadora se agregan a la trama Ethernet después de la Secuencia de Comprobación de Trama FCS, aunque forman una parte de la trama con el objeto de detectar

colisiones, se eliminan en el sistema destino antes de calcular la FCS y comparar el resultado con el valor del paquete. Sin embargo, este relleno puede reducir enormemente la eficiencia de la red ya que un paquete pequeño puede contener hasta 448 bytes de relleno (512 menos 64), lo que equivale a un rendimiento sólo ligeramente más rápido que Fast Ethernet. Para resolver este problema, 802.3z introduce la posibilidad de utilizar ráfagas de paquetes además de la extensión de portadora. Las ráfagas de paquetes funcionan transmitiendo varios paquetes de forma consecutiva hasta completar un temporizador de ráfaga de 1500 bytes. Esto se compensa por la pérdida ocasionada por los bits de extensión de portadora que devuelve toda su velocidad a la red.

Cuando se utiliza Gigabit Ethernet para redes soporte, como ocurre aún casi en exclusiva, las conexiones Full-Duplex entre conmutadores y servidores son la elección más práctica. El gasto adicional en equipo es mínimo y aparte de eliminar el problema de detección de colisiones, aumenta el rendimiento teórico de la red hasta 2 Gbps.

## 5.5 Interfaz Gigabit Independiente del Medio

La interfaz entre el nivel de enlace de datos y el nivel físico, denominada Interfaz Gigabit Independiente del Medio GMII ('Gigabit Medium-Independent Interface'), permite que cualquiera de los estándares de nivel físico utilice los subniveles MAC y LLC. La GMII es una extensión de la Interfaz Independiente del Medio (MII) de Fast Ethernet, la cual admite velocidades de transmisión de 10, 100, 1000 Mbps y dispone de trayectos de datos de 8 bits diferentes para transmisión y recepción para comunicaciones Full-Duplex. La GMII también incluye dos señales que son legibles para el subnivel MAC, denominado Detección de Portadora ('Carrier Sense') y Detección de Colisiones ('Collision Detect'). Una de las señales indica que está presente una portadora y la otra que se está produciendo una colisión. Dichas señales se entregan al nivel de enlace de datos por medio del Subnivel de Reconciliación ('Reconciliation Sublayer') que proyecta una Señalización Física PLS ('Physical Signalling'), situado entre la GMII y el subnivel MAC.

La GMII se divide a su vez en tres subniveles, que son los siguientes:

- Subnivel de Codificación Física PCS ('Physical Coding Sublayer').
- Subnivel de Acoplamiento al Medio Físico PMA ('Physical Medium Attachment').
- Subnivel Dependiente del Medio Físico PMD ('Physical Medium Dependent').

En la figura 5.5, se muestran los subniveles de la GMII.

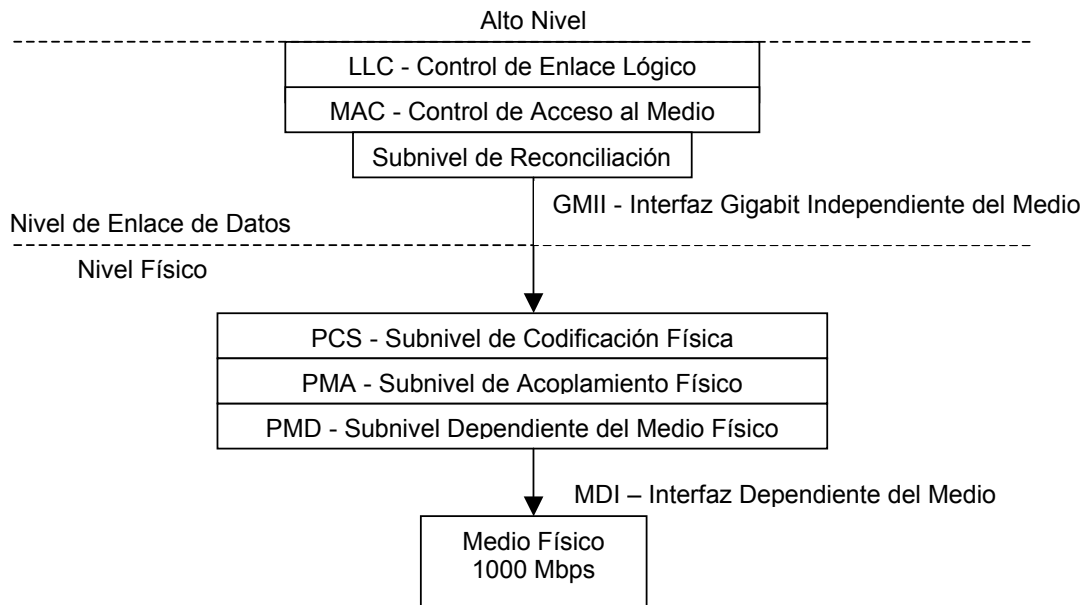


Figura 5.5. Subniveles de la Interfaz Gigabit Independiente del Medio.

#### 5.5.1 Subnivel de Codificación Física (PCS).

El Subnivel de Codificación Física (PCS) es responsable de la codificación y decodificación de señales en su camino desde y hacia el PMA. Todas las opciones del nivel físico definidas en el documento 802.3 utilizan el sistema de codificación 8B/10B, adoptada de los estándares de Canal de Fibra Óptica de ANSI. En ese sistema, cada símbolo de datos de 8 bits se representa por medio de un código de 11 bits.

La PCS ('Physical Coding Sublayer') también es responsable de generar las señales de detección de portadora, detección de colisiones y de administrar el proceso de autonegociación, utilizado para determinar a que velocidad deberá utilizar la tarjeta de red (10, 100, 1000 Mbps) y si debería trabajar en modo Full-Duplex o Half-Duplex.

#### 5.5.2 Subnivel de Acoplamiento Físico (PMA).

El Subnivel de Acoplamiento al Medio Físico (PMA) es responsable de la conversión de los grupos de códigos generados por la PCS a un formato serie que pueda transmitir por el medio de red y convertir la corriente de bits en serie que llegan de la red en grupos de código, para los niveles superiores.

#### 5.5.3 Subnivel Dependiente del Medio Físico (PMD).

El Subnivel Dependiente del Medio Físico (PMD) proporciona la interfaz entre las señales codificadas por la PCS y el medio de red física real. Es aquí donde se generan las verdaderas señales ópticas o eléctricas que se transmiten por la red y se pasan al cable por medio de la Interfaz Dependiente del Medio (MDI).

La especificación PMD ('Physical Medium Dependent') de 'Fiber Channel', actualmente permite la transmisión de 1,062 baudios en Full-Duplex. Gigabit Ethernet incrementará esta tasa de transmisión a 1,25 Gbps.

Las especificaciones del medio físico definidas en IEEE 802.3z son para fibra óptica y cable de cobre apantallado de 150 ohmios.

Debido a la necesidad de cursar un tráfico elevado, las redes de fibra óptica están empezando a aparecer; estas redes están diseñadas a partir de enlaces ópticos punto a punto ya desarrollados. En el caso de Gigabit Ethernet, se utiliza como técnica de multiplexación DWDM (WDM densa).

Los sistemas WDM utilizan longitudes de onda muy distantes entre sí, desaprovechando la capacidad de la fibra, por lo que se llega a DWDM, donde se utiliza una gran cantidad de canales ópticos separados apenas 1 nm entre sí.

## 5.6 Nivel Físico

Denominadas en su conjunto 1000Base-X, existen tres tipos de Nivel Físico para Gigabit Ethernet, definidas en el documento 802.3z, dos para cable de fibra óptica y uno para cobre. En un documento independiente, el 802.3ab del IEEE, ratificado en junio de 1999, se define otra opción para cobre. Estas tres opciones de Nivel Físico que aparecen en 802.3z, fueron adoptadas a partir de las especificaciones de Canal de Fibra X3T11 de ANSI. La utilización de un estándar existente para este elemento tan crucial de tecnología, ha acelerado enormemente el proceso de desarrollo, tanto para los estándares de Gigabit Ethernet como para los productos hardware. En general, 1000Base-X requiere la utilización de los mismos tipos de cable de fibra óptica que FDDI y 100Base-FX, pero con distancias más cortas. El segmento Gigabit Ethernet utilizando cable de fibra monomodo, es de 5 kilómetros.

Al contrario que la Ethernet estándar o Fast Ethernet, los estándares de Nivel Físico para fibra óptica de 1000Base-X no se basan en las propiedades de tipos de cable específicos, sino en las propiedades de los transceptores ópticos que generan la señal en el cable. Cada uno de los estándares de fibra óptica admite varias categorías de cable y utiliza transmisores láser de onda corta o larga.

## 5.7 1000Base-LX

1000Base-LX es adecuado para redes de soporte que abarcan distancias relativamente largas y utiliza transmisores láser de longitud de onda larga en el intervalo de 1270 y 1355 nanómetros, con cable de fibra multimodo dentro de edificios o fibra monomodo para enlaces más largos, como los que existen entre edificios en la red de un campus.

El cable de fibra multimodo con un diámetro de núcleo de 50 o 62.5 micras, admite enlaces de hasta 550 metros, mientras que la fibra monomodo de 9 micras admite enlaces de hasta 5000 metros. Ambos tipos de fibra utilizan conectores SC estándar.

### 5.8 1000Base-SX

1000Base-SX utiliza transmisores láser de longitud de onda corta en el intervalo entre los 770 y 860 nanómetros y resulta adecuado para redes de soporte más corto y cableado horizontal. Esta opción resulta más económica que 1000Base-LX, ya que sólo utiliza cable de fibra multimodo, relativamente barato, de varias calidades; los láseres que producen las transmisiones de longitud de onda corta son los mismos que se utilizan comúnmente en lectores de CD y CD-ROM. La mayor parte de los productos de Gigabit Ethernet con fibra óptica del mercado admiten el estándar 1000Base-SX

En la tabla 5.1, se muestra de manera general la especificación de las distancias entre transmisores.

Tipo de Transmisor	MMF (50 mm)		MMF (62.5 mm)		SMF (10mm)
	Ancho de Banda Modal	Distancia	Ancho de Banda modal	Distancia	
SX	400	500m*	160	220m*	N/A
	500	550m*	200	275m*	
LX	400	550m*			5 km
	500	550m*	500	550m*	(no CL)

Tabla 5.1. Especificación de las distancias entre transmisores. El asterisco indica que se requiere una inyección acondicionada.

### 5.9 Especificaciones para el Transmisor Óptico.

Para Gigabit se requiere un transmisor tipo diodo láser, ya que proporciona un gran ancho de banda, permiten velocidades de modulación muy superiores a la de los LEDs (hasta 30 Gb/s) y

su anchura de línea en ausencia de modulación es muy inferior a la de los LEDs (desde 3 nm y hasta 100 KHz).

En Gigabit Ethernet se soportarán dos estándares de láser sobre fibra: 1000Base-SX (láser de onda corta) y 1000Base-LX (láser de onda larga). La diferencia clave en el uso de tecnologías de onda larga y onda corta está en el costo y la distancia. Los láseres de onda larga son más caros, pero cubren mayores distancias. Los de onda corta, en cambio, son más baratos pero cubren menores distancias. El estándar IEEE 802.3z especifica las distancias para los siguientes casos:

- Fibra Multimodo usando láser de onda corta (SWL).
- Fibra Monomodo usando láser de onda larga (LWL).

Los parámetros que caracterizan un transmisor óptico son:

- Longitud de onda: La frecuencia (y por ello, la longitud de onda) de la luz depende del transmisor usado. Es deseable seleccionar longitudes de onda para la emisión en las que las pérdidas en la fibra sean bajas. Las pérdidas son mínimas en las ventanas de transmisión de 850, 1300 y 1550 nm.
- Potencia: El transmisor debe tener la suficiente potencia para conducir la señal óptica por la fibra; igualmente, el receptor debe tener la suficiente sensibilidad para detectar la señal óptica recibida. En general, cuanto mayor potencia se transmite, se pueden sostener mayores pérdidas por atenuación, conectores y penalizaciones del enlace. La limitación en la transmisión es el costo. La potencia transmitida menos las pérdidas en transmisión deben ser mayor o igual que la mínima potencia aceptable recibida.
- 'Rise Time'/'Fall Time': El 'Rise Time' se define como el tiempo que tarda la potencia de salida del transmisor en subir desde el 20% al 80% de su valor final cuando la entrada es un pulso de corriente. El 'Fall Time' sería lo contrario, es decir, el tiempo que tarda en bajar la potencia del 80% al 20%.
- Ruido: La existencia de ruido en un láser de semiconductor se manifiesta porque, incluso en estado estacionario, la potencia y la salida de su campo eléctrico no permanecen constantes en el tiempo, sino que sufren fluctuaciones, debidas principalmente a la emisión espontánea. Las fluctuaciones en la intensidad del láser vienen descritas por el denominado Ruido de Intensidad Relativo (RIN), mientras que las fluctuaciones en la fase emitida por el láser se denominan Ruido de Fase.
- Ancho Espectral o Anchura de Línea: Las variaciones en la fase del campo de salida provocan que la frecuencia de emisión de cada modo longitudinal del láser fluctúe y por consiguiente, que el espectro del láser tenga una cierta anchura espectral no nula, aún en ausencia de modulación.

- Relación de Extinción ('Extinction Ratio'): La Relación de Extinción se define como el margen entre la potencia óptica media para valor lógico '1' y la potencia óptica media para valor lógico '0'.

En las tablas 5.2 y 5.3, se muestran las especificaciones del estándar IEEE P802.3z para transmisores de onda corta y de onda larga.

Características	Valor
Longitud de onda (l), nm	770-860
Anchura de línea, nm	0.85
Trise/Tfall (máx; 20-80%; l > 830 nm)	0.26
Trise/Tfall (máx; 20-80%; l < 830 nm)	0.21
Potencia media emitida (máx), dBm	Menor que los límites de seguridad Clase I o máxima potencia recibida.
Potencia media emitida (mín), dBm	-9.5
Relación de extinción (mín), dB	9
RIN (máx), dB/Hz	-117

Tabla 5.2. Especificaciones para transmisor óptico 1000Base-SX (62.5 mm y 50 mm MMF)

Características	62.5 mm MMF 50 mm MMF	10 mm SMF
Longitud de onda (l), nm	1270-1355	1270-1355
Anchura de línea, nm	4	4
Trise/Tfall (máx; 20-80% del tiempo de respuesta)	0.26	0.26
Potencia media inyectada (máx), dBm	-3	-3
Potencia media inyectada (mín), dBm	-11.5	-11
Características	62.5 mm MMF 50 mm MMF	10 mm SMF
Relación de extinción (mín), dB	9	9
RIN (máx), dB/Hz	-120	-120

Tabla 5.3. Especificaciones para transmisor óptico 1000Base-LX (62.5 mm ,50 mm MMF y 10 mm SMF).

#### 5.10 Especificaciones para el Receptor Óptico.

El Receptor está compuesto por un fotodetector de alta velocidad, un amplificador y un circuito de polarización. Su salida es un par complementario positivo de puertas lógicas ECL que produce pulsos de una frecuencia de hasta 1250 MHz; además, el receptor incluye un circuito detector de señal ('Signal Detect') que indica si un cable está enviando un código 8B/10B. Su funcionamiento se basa en el hecho de que el código 8B/10B tiene su potencia concentrada a



frecuencias como 650 Mhz. De este modo, el detector ignora fuentes de luz ajenas, como la luz del sol.

En la tabla 5.4, se muestran las especificaciones del estándar IEEE P802.3z para receptores ópticos en láseres de onda corta y de onda larga.

Características	1000 BASE-SX	1000 BASE-LX
Longitud de onda (l), nm	770-860	1270-1355
Potencia media recibida (máx), dBm	0	-3
Potencia media recibida (mín), dBm	-17	-19
Pérdidas de inserción (mín), dB	12	12
SIGNAL_DETECT = Logic 1	-17.0 dB Mín	-17.0 dB Mín
SIGNAL_DETECT = Logic 0	-30.0 dB Máx	-30.0 dB Máx

Tabla 5.4. Especificaciones para receptor óptico 1000Base-SX y 1000Base-LX.

#### 5.11 Dispersión Intermodal (DMD) e Inyección Acondicionada ('Conditioned Launch').

La Dispersión Intermodal ocurre en fibras multimodo; este fenómeno consiste en que los diferentes modos que se propagan por la fibra multimodo, lo hacen con diferentes velocidades de grupo, por lo que siguen diferentes caminos, algunos son más largos que otros, así que los pulsos llegan al final de la fibra en distintos intervalos de tiempo; esta es la causa de la existencia de un límite al producto (velocidad binaria \* distancia), BL, que se puede obtener en la transmisión de datos por una fibra multimodo.

En las fibras multimodo de índice gradual, el fenómeno DMD no ocurre (idealmente). Las fibras multimodo fueron desarrolladas originalmente para fuentes LED. Los LED's no proporcionan una señal coherente (misma frecuencia y fase), esto hace que la luz atraviese diferentes caminos; si la fibra es de índice gradual, estos caminos pueden ser corregidos a pesar de las imperfecciones de la fibra. Desafortunadamente, esto no ocurre con los láseres, ya que la luz tiene alta coherencia, tiende a elegir solo unas trayectorias en la fibra y las pequeñas imperfecciones de la fibra hacen que los modos superiores se dispersen.

Una de las características de Gigabit es usar los cables de fibra ya instalados para transmitir a velocidades de Gigabit, por lo que lo anterior es inaceptable. La corporación del estándar IEEE 802.3z decidió desarrollar una solución que permitiera trabajar con Gigabit sin reducir la distancia de los enlaces ni incrementar el costo sustancialmente; el resultado fue el uso del llamado 'Conditioned Launch', el cual tiene un funcionamiento simple: según el tipo de cable, el láser difunde la luz como si fuera un LED, lanzando la potencia a través del núcleo más o menos igual para todos los modos, la dispersión intermodal puede ser minimizada.

#### 5.12 Balance de Potencia.

Como el enlace de fibra tiene pérdidas, es necesario calcularlas cuando se diseña un sistema de fibra óptica. El Balance de Potencias es una guía de estimación para las pérdidas de potencia desde el transmisor hasta el receptor. El peor caso se estima como la diferencia entre la potencia media mínima transmitida y la potencia media mínima recibida. El Balance de Potencias establece el máximo rango óptico de longitud de un enlace de fibra óptica flexible. Las pérdidas totales del medio óptico se desglosan en: pérdidas de la fibra, pérdidas por conectores o empalmes, pérdidas por elementos intermedios de distribución de la señal (acopladores en estrella, etc.) y penalizaciones de potencia (por dispersión, jitter, ruido de intensidad, etc.).

Las tablas 5.5 y 5.6, dan información del Balance de Potencia y penalizaciones para 1000BASE-SX y 1000BASE-LX respectivamente. Se puede ver que las pérdidas permitidas en la fibra y conectores son 7 dB en total.

Parámetro	1000BASE-SX			
	62.5 mm MMF		50 mm MMF	
Ancho de banda modal (MHz-km)	160	200	400	500
Pérdidas de inserción por canal (dB)	2.38	2.60	3.37	3.56
Penalizaciones de potencia del enlace (dB)	4.27	4.29	4.07	3.57
Margen (dB)	0.84	0.84	0.05	0.37
Balance de potencia total (dB)	7.5	7.5	7.5	7.5

Tabla 5.5. Balance de Potencia (dB) para el enlace en el peor caso y penalizaciones (dB) para 1000BASE-SX.

Parámetro	1000BASE-LX			10mm MMF
	62.5 mm MMF	50 mm MMF		
Ancho de banda modal (MHz-km)	500	400	500	N/A
Pérdidas de inserción por canal (dB)	2.35	2.35	2.35	4.57
Penalizaciones de potencia del enlace (dB)	3.48	5.08	3.96	3.27

Margen (dB)	1.67	0.07	1.19	0.16
Balance de potencia total (dB)	7.5	7.5	7.5	8.0

Tabla 5.6. Balance de potencia (dB) para el enlace en el peor caso y penalizaciones (dB) para 1000BASE-LX.

### 5.13 Conector Óptico.

El Conector Óptico sirve para acoplar el medio físico dependiente (PMD) al medio físico de transmisión (fibra). Para un acoplo eficiente se necesitan muy bajas tolerancias en el conector, es por ello que los conectores son de alto costo y difíciles de diseñar.

Un buen conector debería tener los siguientes requerimientos:

- Las pérdidas del conector deben ser mínimas. Esto es especialmente crítico en un sistema que tiene varios conectores intermedios.
- El conector debe resistir los cambios de temperatura, humedad y otros cambios del medio ambiente.
- El conector debe de ser fácil de usar.
- El conector debe ser duradero.

Los conectores más utilizados actualmente son del tipo SC y ST. El conector especificado para 1000BASE-SX y 1000BASE-LX es un conector SC dúplex, cuyas dimensiones e interfase se encuentran en IEC 617544 e ISO/IEC 11801. Este conector usa un mecanismo de 'Push-Pull' para el acoplamiento

### 5.14 1000Base-LH.

1000Base-LH (LH significa 'Long Haul', larga distancia) no es un estándar ratificado por el IEEE ni está en proceso de ratificación, se trata de una especificación de nivel físico desarrollada por un grupo de fabricantes de hardware, entre los que se encuentran 3Com y Cisco, que buscan una solución Gigabit Ethernet de mayor distancia, adecuada para aplicaciones de Red de Área Metropolitana (MAN). Aún no se han concretado opciones específicas de cable, ambas con fibra monomodo de 9 micras. Una de ellas, con una longitud de onda de 1310 nanómetros, está calificada para distancias entre 1 y 49 kilómetros, la otra utiliza una longitud de onda de 1550 nm para distancias entre 50 y 100 Km.

### 5.15 1000Base-CX.

Un pequeño trayecto de enlace (hasta 25 metros) de cobre (1000Base-CX) proporciona la interconexión entre dispositivos. Esto puede ser usado para conectar dispositivos cuando las distancias no sean largas, como los utilizados para conexiones dentro de un mismo armario de telecomunicaciones o centro de datos. Dichas conexiones requieren la utilización de un cable especial de pares trenzados apantallados de 150 ohmios. El estándar menciona de forma específica, que no se recomienda la utilización de cable UTP o STP. Es adecuado 1000Base-CX para conexiones entre equipos como grupos de servidores y enlaces entre conmutadores, debido a que es más barato y sencillo de instalar que la fibra óptica. Las conexiones se encuentran ubicadas normalmente dentro de un entorno controlado que no precisa las grandes distancias ni las resistencias a interferencias proporcionadas por la fibra. No ha existido demasiado interés por parte de los fabricantes de hardware en la producción de equipos 1000Base-CX, presumiblemente debido a las instalaciones de su mercado y la publicación subsiguiente del suplemento 1000Base-T, que admite cable UTP estándar. No existen productos 1000Base-CX. En la tabla 5.7 y 5.8, se muestran algunas de las características de 1000Base-CX y del transmisor para 1000Base-CX, respectivamente.

Características	Valor
Tolerancia, ppm	+ -100
Amplitud diferencial (pp):	
Máxima (peor caso pp), mV	2000
Mínima , mV	1100
Máxima (OFF), mV	170
Rise/Fall time (20-80%):	
Máximo, ps	327
Mínimo, ps	85
Skew diferencial (máx), ps	25

Tabla 5.7. Características del de la red 1000Base-CX.

Características	Valor
Tolerancia	+ -100
Sensibilidad diferencial mínima (pp), mV	400

Tensión de entrada diferencial (pp), mV	2000
Impedancia de entrada	
Rise Time, ps	85
Exception window, ps	700
Through connection, W	150+-30
Con terminación, W	150+-10
Skew diferencial, ps	175

Tabla 5.8. Características del transmisor para 1000Base-CX.

#### 5.16 1000Base-T.

Aunque no está incluido en el estándar 802.3z, unos de los objetivos originales del equipo de desarrollo de Gigabit Ethernet consistía en que pudiera trabajar con cable UTP estándar de Categoría 5 y soportar conexiones de hasta 100 metros de longitud. Esto permite actualizar las redes actuales Fast Ethernet a Gigabit Ethernet sin tirar cable nuevo o modificar la topología de la red. Se define 1000Base-T en un documento independiente denominado 802.3ab, ratificado de forma uniforme por el IEEE en junio de 1999.

Para seguir esas velocidades tan altas sobre cobre, 1000Base-T modifica la forma en que el protocolo utiliza el cable UTP; aunque diseñado para utilizar las mismas instalaciones de cable que 100Base-TX, 1000Base-T emplea los cuatro pares de hilo del cable, mientras que 100Base-TX sólo utiliza dos pares, además, los cuatro pares pueden transportar señales en ambos sentidos. Las asignaciones de señal de 1000Base-T se muestran en la tabla 5.9.

Pin	Par	Polaridad	Señal	Designación
1	1	Positiva	Bidireccional	BI_DA+
2	1	Negativa	Bidireccional	BI_DA-
3	2	Positiva	Bidireccional	BI_DB+
4	2	Positiva	Bidireccional	BI_DC+
5	3	Negativa	Bidireccional	BI_DC-
6	3	Negativa	Bidireccional	BI_DB-
7	4	Positiva	Bidireccional	BI_DD+
8	4	Negativa	Bidireccional	BI_D4D

Tabla 5.9. Asignación de señal para 1000Base-T.

1000Base-T también utiliza un esquema de señal diferente que el resto de los estándares 1000Base-X para transmisión de datos sobre cable.

Esto hace posible que cada uno de los cuatro pares transporte 250 Mbps, lo que hace un total de 1000 Mbps. Este esquema de señalización se denomina Modulación por Amplitud de Pulsos 5 PAM-5 ('Pulse Amplitude Modulation 5').

Aunque diseñado para trabajar con cable estándar de Categoría 5, tal como se define en los estándares TIA/EIA, el estándar recomienda que las nuevas redes 1000Base-T utilicen, al menos, cable categoría 5e. El cable Categoría 5e ha probado su resistencia a las pérdidas de retorno y diafonía en el extremo opuesto de igual nivel. Igual que en Fast Ethernet, las NIC y el resto de equipos 1000Base-T disponibles pueden trabajar a varias velocidades 100/1000 ó 10/100/1000 Mbps, para facilitar las actualizaciones graduales a Gigabit Ethernet. La autonegociación, opcional en Fast Ethernet, es obligatoria en Gigabit Ethernet.

### 5.17 Interfaz GBIC.

La capa GBIC sirve de interfaz entre el nivel MAC y los distintos niveles físicos que hay estandarizados (figura 5.6), consiguiéndose de esta forma la interoperabilidad entre las distintas implementaciones de Gigabit Ethernet. También permite a los administradores de red configurar cada puerto de los conmutadores de forma independiente.

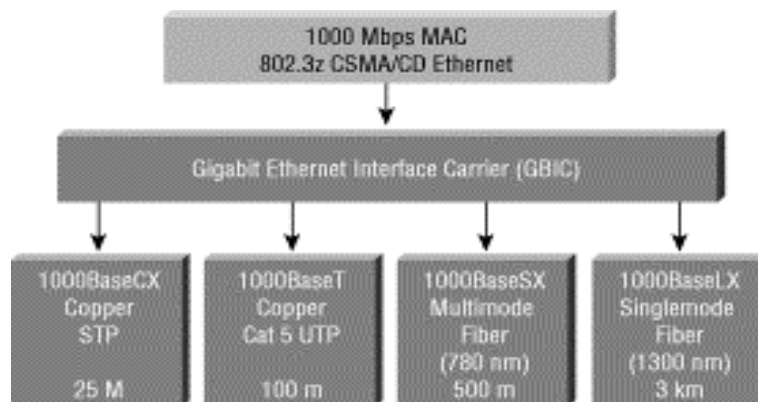


Figura 5.6. Control de Interfaz de Gigabit Ethernet.

### 5.18 Esquemas de codificación 8B/10B.

Gigabit Ethernet utiliza la codificación 8B/10B, que es más eficiente (necesita menos ancho de banda) que la codificación Manchester usada por Ethernet. La codificación 8B/10B funciona de la siguiente forma:

Se transmiten en línea símbolos de 10 bits, que dan lugar a un alfabeto formado por  $2^{10}$  palabras de 10 bits. De todas esas palabras se eligen las mejores palabras (en total  $2^8$ ), es decir, las que al transmitir las ocupen menos ancho de banda. El criterio que se sigue es que no haya muchos ceros seguidos (para no perder el sincronismo) y tampoco muchos unos seguidos (para no recalentar la electrónica). Las palabras elegidas constituyen el código de línea y son asignadas a las palabras que puede generar el usuario.

Si usamos Manchester para transmitir a una velocidad de 1Gps, necesitaríamos 2GHz de ancho de banda, en cambio si usamos 8B/10B necesitamos 1.25GHz.

La codificación ayuda a diferenciar los bits de datos de los de control, limita los errores en la transmisión y aumenta la posibilidad de que la estación receptora pueda detectar y corregir errores de la transmisión.

Un elemento muy importante que posibilita la compatibilidad entre los distintos esquemas de codificación usados por las LAN (Ethernet usa codificación Manchester, Fast Ethernet usa 8B/6T, Gigabit Ethernet usa 8B/10B) es el serializador/deserializador, que es responsable de dar soporte a múltiples esquemas de codificación, permitiendo la presentación de estos esquemas a los niveles superiores.

#### 5.19 Transmisión Half-Duplex

En este modo de operación, todas las estaciones pueden transmitir, pero no al mismo tiempo, sólo una estación cada vez para que no se produzcan colisiones. El protocolo que controla el acceso al medio es CSMA/CD.

La implementación de CSMA/CD para Gigabit Ethernet será la misma que para Ethernet y Fast Ethernet; permitirá la creación de segmentos de Gigabit Ethernet compartidos vía HUBs o conexiones Half-Duplex punto a punto.

El incremento de velocidad de Gigabit Ethernet (1Gbps) con respecto a Fast Ethernet (100Mbps) ha provocado algunos cambios en la implementación de CSMA/CD.

El protocolo CSMA/CD original consiste en que las estaciones antes de transmitir, leen el canal para saber si otra estación está transmitiendo; si así es, la estación que desea transmitir se espera a que el canal esté libre para hacerlo. Una estación que está transmitiendo (lo hace durante una cantidad de tiempo fija llamada 'Time Slot'), también está monitorizando el canal; si detecta una colisión (lo que está transmitiendo no coincide con lo que está leyendo del canal), entonces deja de transmitir y espera un tiempo aleatorio para continuar con la transmisión. Para que el protocolo funcione bien y pueda detectar colisiones, la trama debe tener un tamaño mínimo, que para Ethernet y Fast Ethernet es de 64 bytes, el 'Time Slot' (en bits) tiene que ser menor o igual que el tamaño mínimo de trama (se escogió una duración equivalente a 64 bytes).

El 'Time Slot', que es un parámetro de diseño de la red, se elige para que coincida con el retardo máximo entre dos estaciones, estando así muy relacionado con el diámetro de la red. Aumentar la velocidad de 10Mbps a 100Mbps, manteniendo igual los parámetros del protocolo, provocó que el diámetro de la red se redujera de 2Km (Ethernet) a 200m (Fast Ethernet). Por lo tanto, si no se modificara la implementación del protocolo, tendríamos un diámetro de 20m para Gigabit Ethernet. Como este alcance en una red es inadmisibile, lo que se hizo fue aumentar el

tamaño de trama hasta 512 bytes y el del 'Time Slot' también hasta 512 bytes, permitiendo así un diámetro de 2Km. Esta ampliación en la trama se lleva a cabo en el campo de relleno.

Para permitir la compatibilidad entre Gigabit Ethernet y las anteriores redes Ethernet, se incorporó una técnica llamada 'Carrier Extension' al protocolo MAC de Gigabit. Ésta técnica consiste en que si la trama a transmitir es menor que la longitud mínima de trama (512bytes), entonces se añade una secuencia de símbolos especiales ('Extended Carrier') en el campo de extensión de la trama original, con el fin de que alcance ese tamaño mínimo. El inconveniente de la utilización de ésta técnica, es que si hay que transmitir muchas tramas cortas, baja la eficiencia de la red.

Como solución a este inconveniente se añadió la técnica 'Frame Bursting' al protocolo MAC, técnica que permite aumentar la eficiencia cuando se transmiten tramas cortas, cuyo funcionamiento es el siguiente:

Tenemos una estación que ha detectado el canal libre y va a transmitir una trama, la cual puede requerir extensión o no de portadora. En el momento que empieza a transmitir se activa un contador ('Burst Timer'). Si el envío de la primera trama ha tenido éxito (sin colisión), la estación tiene la opción de transmitir tramas adicionales, siempre y cuando se cumpla que hay otra trama a transmitir y que el contador no ha llegado al final. Las tramas enviadas dentro de un 'Burst' son no extendidas. Una vez que el contador ha terminado, la estación vuelve a entrar en contienda por el canal.

El 'Packet Bursting' es una extensión de 'Carrier Extension'. 'Packet Bursting' es "Carrier Extension' más unos paquetes agregados" (Burst). Cuando una estación tiene un número de paquetes a trasmitir, el primer paquete coloca al 'Time Slot', si es necesario usando 'Carrier Extension'; los siguientes paquetes son trasmitidos unos detrás de otro, con el mínimo intervalo 'Inter-Packet' IPG ('Inter-Packet Gap') hasta que finalice el tiempo de 'Burst' (de 1500 bytes). El 'Packet Bursting' sustancialmente incrementa el 'Troughput'.

En la figura 29 A se muestra como trabaja el 'Packet Burst'.

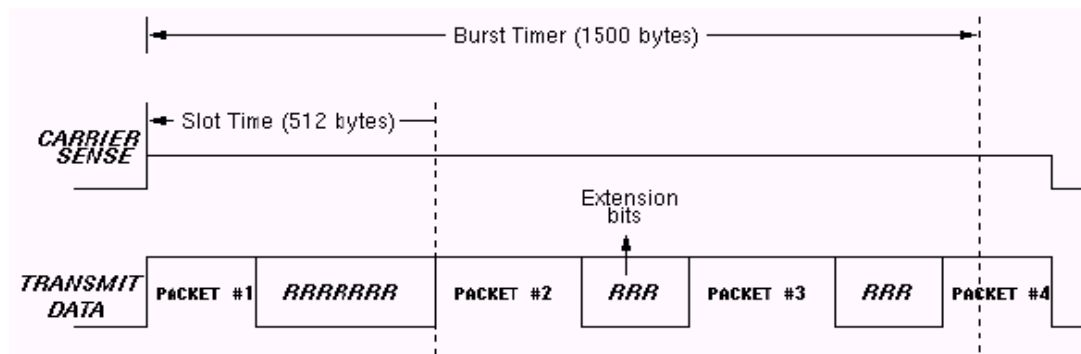


Figura 5.7. Funcionamiento de 'Packet Burst'.

El soporte para Half-Duplex en Gigabit Ethernet incluye, por tanto, el protocolo CSMA/CD y las funciones 'Frame Bursting' y 'Carrier Extension', dos funciones que no se encuentran en Ethernet y Fast Ethernet.



## 5.20 Transmisión Full-Duplex

Un enlace operando en Full-Duplex permite la transmisión y recepción simultánea de datos, lo cual permite en teoría que la eficiencia aumente al doble. Los enlaces Full-Duplex se utilizan sólo en conexiones punto a punto, con lo cual, al no tratarse de un medio compartido, ya no es necesario el uso de un protocolo que controle el acceso al medio.

Para poder trabajar en Full-Duplex, las estaciones, los enlaces y los conmutadores deben soportar el modo Full-Duplex. Cuando en un enlace Full-Duplex hay más de dos estaciones, hace falta un HUB que conmute.

En una red conmutada Full-Duplex, si muchos puertos envían tráfico a un único puerto de salida, podría ocurrir que el buffer del conmutador se sature, provocando la pérdida de tramas; a ésta situación se la conoce como "congestión en una red". La solución a este problema fue que los conmutadores emplearan técnicas de control de flujo con el fin de disminuir la congestión. En la figura 5.8, se explica la función de una red conmutada Full-Duplex.

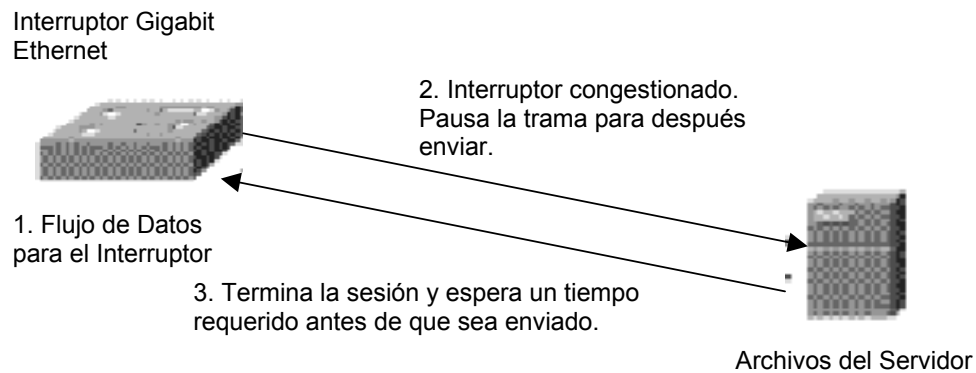


Figura 5.8. Red Conmutada Full-Duplex

## 5.21 Aplicaciones de Gigabit Ethernet

En general, las aplicaciones en que son útiles las redes de área local, se clasifican en dos tipos: Aplicaciones Ofimáticas y Aplicaciones Industriales.

Las Aplicaciones Ofimáticas, también conocidas como Redes de Propósito General, han evolucionado al mismo tiempo que la tecnología. En los años ochenta, una de las primeras aplicaciones fue la de Emulación de Terminal, la cuál consistía en conectar las terminales con menor capacidad de procesamiento a una LAN; con ello se evitaban las conexiones punto a punto de cada uno de ellos con el ordenador central.

A principios de los años noventa, se utilizaron las LAN para compartir recursos, (dispositivos caros), básicamente impresoras y dispositivos de almacenamiento secundario (discos duros). Más tarde, surgen las aplicaciones para compartir procesos, donde empieza la idea de las

arquitecturas de procesamiento distribuido tipo cliente/servidor. En esta arquitectura, es el servidor el que presenta mayor capacidad de procesamiento y almacenamiento.

Las LAN han servido para acceder a todos los recursos de la red corporativa, ya sean los corporativos, que son accesibles por todos los usuarios (aunque puede haber restricciones, como el correo electrónico, base de datos, etc.) y departamentales, que son accesibles sólo por grupos de usuarios.

Para estudiar las posibles aplicaciones y utilidad de Gigabit Ethernet, es necesario verificar si esta tecnología se va a encontrar con un mercado propio o si sólo es una solución a un problema. Esto empieza por estudiar la evolución de las redes y establecer comparaciones con otras tecnologías como ATM y FDDI.

Gigabit Ethernet mantiene la compatibilidad con el gran número de redes Ethernet a 10 Mb/s y a 100 Mb/s que hay instaladas, pero aumentando significativamente el ancho de banda disponible.

En las tablas 5.10 y 5.11, se comparan algunas de las características de tecnologías de alta velocidad en redes, así como las topologías que pueden presentar.

Característica	10Base-T Ethernet	100Base-T Fast Ethernet	1000Base-T Gigabit Ethernet
Régimen binario	10 Mb/s	100 Mb/s	1 Gb/s
Categoría 5 UTP	100 m	100 m	100 m
STP/Coaxial	500 m	100 m	25 m
Fibra Multimodo	2 Km	412 m (Half-Duplex) 2 Km (Full-Duplex)	220 m (Half-Duplex)
Fibra Monomodo	25 Km	20 Km	5 Km

Tabla 5.10. Comparación entre Redes de Alta Velocidad.

Topología	Objetivo	Modos	Medio	Aplicaciones
Conmutada	Alto throughput Larga distancia	Full-Duplex Half-Duplex	Fib.multimodo Fib.monomodo Cobre	Backbone Servidores
Compartida	Bajo costo Corta distancia	Half-Duplex	Fib.multimodo Cobre	Servidores Desktop

Tabla 5.11. Comparación entre una red Conmutada y una red Compartida.

Gigabit permite comunicaciones Half y Full-Duplex sobre varias interfaces físicas (fibra y cobre) y topologías. Este amplio rango de opciones es lo que le permite implementarse en LANs de todos los tamaños. Elegir una topología o medio físico depende de la aplicación particular de la red. Algunas de estas aplicaciones son:

- Conexiones Conmutador-Servidor.

- Backbones Corporativos (dentro y fuera de edificios) para interconexión de LANs.
- Backbones entre Campus.

## 5.22 Ancho de Banda

Como hemos dicho antes, Gigabit aumenta considerablemente el ancho de banda disponible para el usuario final. Con esto, los 'backbones' de las redes corporativas se pueden escalar, disminuyendo la congestión. Las empresas pueden transferir grandes ficheros entre servidores y clientes, servidores y otros dispositivos de Internet; de esta forma, también las aplicaciones multiprocesador cuestan menos de implementar. Aplicado a la industria en general, los fabricantes pueden transferir de forma eficiente grandes ficheros CAD/CAM y las empresas dedicadas a la venta, pueden acceder a información del cliente en bases de datos de forma más rápida; además, este aumento de ancho de banda permite a los organismos de gestión de redes conectar gestores más potentes directamente a los nodos del 'backbone'.

## 5.23 Migración

Gigabit mantiene el estándar IEEE 802.3 y el formato de trama de Ethernet, así como las posibilidades de gestión de red de IEEE 802.3. Como mostraban las tablas 31A y 31B, también opera sobre las mismas estructuras que Ethernet a 10 y 100 Mb/s, que coinciden con las empleadas por las redes ATM y FDDI.

Gracias a esto, las organizaciones pueden pasar fácilmente a usar el hardware de Gigabit, manteniendo sus aplicaciones software, sistemas operativos, aplicaciones de gestión y protocolos de red como TCP/IP, IPX.

Rara es la vez que una red se instala desmantelando totalmente la red anterior. Como Gigabit se basa en la arquitectura de Ethernet, puede distribuirse y ampliarse sin causar alteraciones a la base existente, en el caso de las redes más complejas. Además, presenta la posibilidad de conectar a los servidores de mayor capacidad de forma centralizada.

## 5.24 Gestión de Red

Gigabit utiliza los mismos principios y proporciona la misma gestión que las redes Ethernet anteriores. Los objetos de gestión, atributos y acciones, están definidos de forma idéntica en Gigabit que en las redes de 10 y 100Mb/s. Esto permite una gestión integrada de las redes 10/100/1000. De esta forma, los administradores de red proporcionan ancho de banda adicional a los usuarios sin requerir un nuevo sistema de gestión.

El costo total, uno de los criterios más importantes en la migración a nuevas redes, es menor para las redes basadas en Ethernet que para las basadas en ATM u otras tecnologías, debido a la fuerte relación de Gigabit con los estándares ya existentes.

## 5.25 Migración a Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet es Ethernet a 100 Mb/s, sólo 10 veces más rápida. Sin embargo, las aplicaciones son las mismas para las dos; además, gracias al ancho de banda, a la transmisión sobre fibra óptica monomodo y al uso de los formatos de trama de IEEE 802, es la mejor opción para integrar y migrar los 'backbones' basados en FDDI. Las aplicaciones iniciales para Gigabit Ethernet son los campus o edificios que requieren mayor ancho de banda entre sus conmutadores y 'backbones' a 10 y 100 Mb/s.

Una de las principales aplicaciones es la conexión conmutador-conmutador. Esto implica la sustitución de las conexiones a 100 Mb/s entre conmutadores por enlaces de Gigabit. En cuanto a los conmutadores, si no son modulares (admiten la posibilidad de insertar un módulo de red de Gigabit), habrán de ser sustituidos completamente.

La figura 5.9, muestra una red típica que utiliza conmutadores a 10 y 100 Mb/s, que proporcionan conexiones dedicadas y semidedicadas entre el usuario final y los servidores, usando conmutadores y repetidores. Debido a la naturaleza imprevisible del tráfico, es casi seguro que el enlace entre los dos conmutadores a 100 Mb/s sea una fuente de congestión y un candidato perfecto para un enlace de Gigabit Full-Duplex.

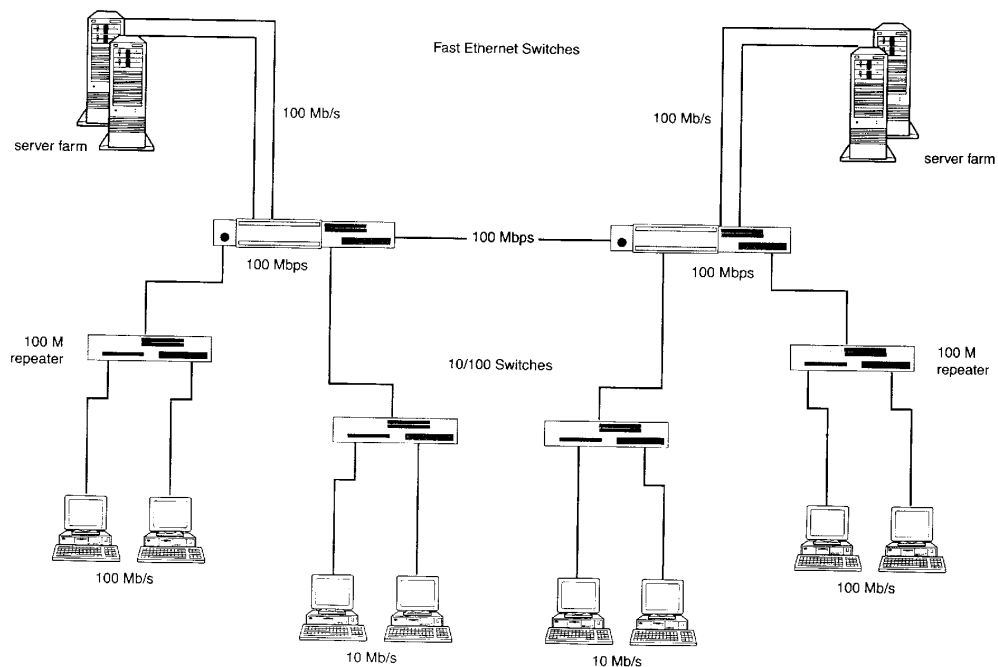


Figura 5.9. Switches Fast Ethernet.

La figura 5.10, muestra la red ya modificada, el 'backbone' soporta ahora mayor número de segmentos y dependiendo de la posición de los conmutadores, se utilizará fibra multimodo o cobre para establecer el enlace.

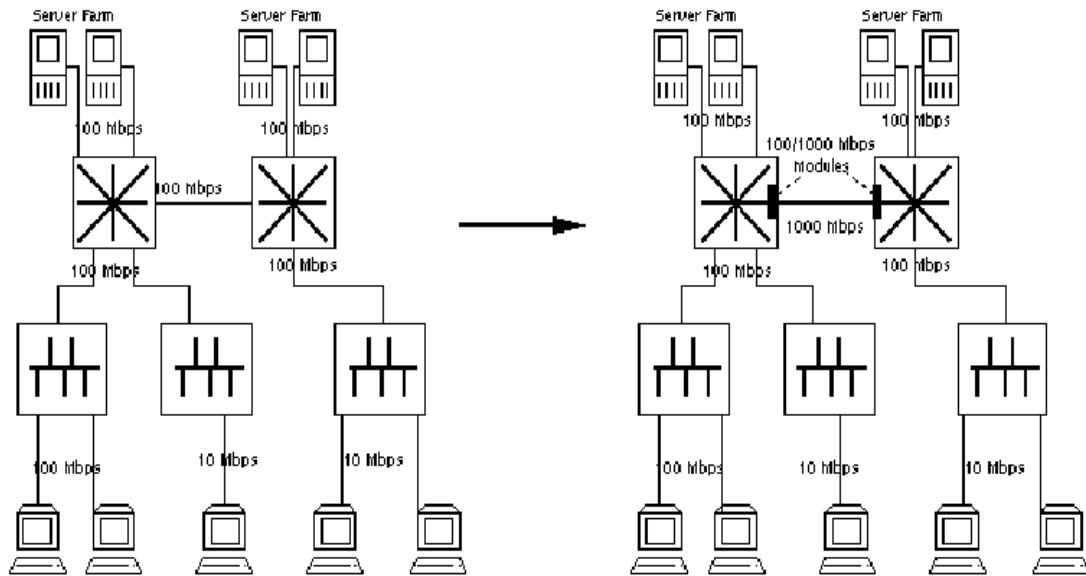


Figura 5.10. Conexión entre los switches Fast Ethernet y los switches de 100/1000 de Gigabit Ethernet.

En la figura 5.11 la mayor parte del tráfico de los usuarios finales es hacia los servidores, con lo que estas conexiones también pueden generar cuellos de botella, aquí es donde aparece una segunda aplicación de Gigabit, en los enlaces conmutador-servidor.

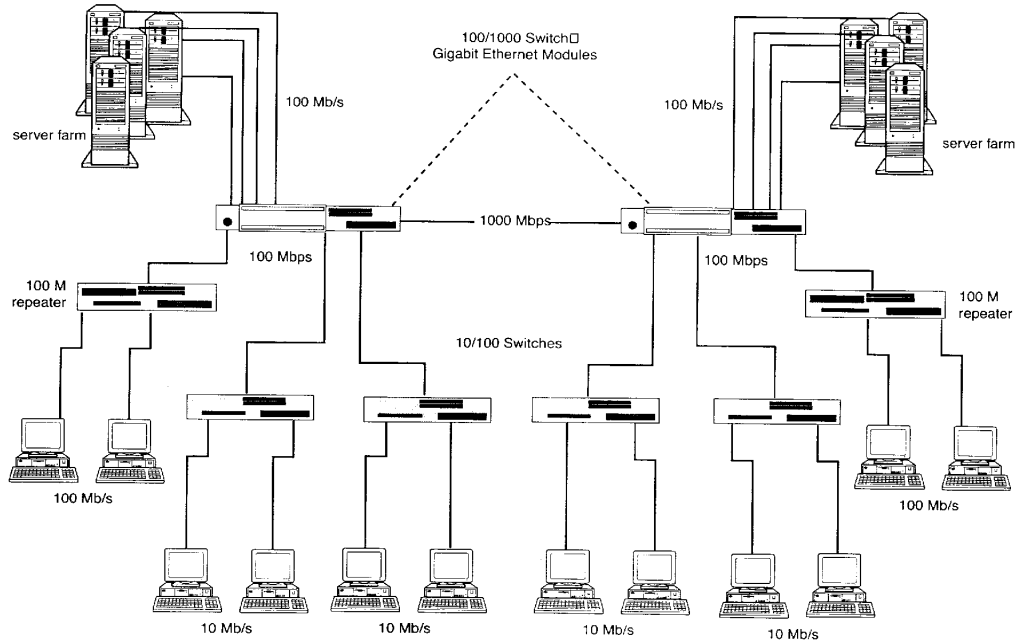


Figura 5.11. Enlace Conmutador-Servidor.

Los servidores de mayor capacidad, están conectados a los conmutadores, usando tarjetas de red de 100Base-TX. Pasar a Gigabit implica sustituir los enlaces a 100 Mb/s entre servidores y conmutadores por enlaces de Gigabit. Como antes, si los conmutadores no son modulares, deben ser sustituidos completamente.

La figura 5.12 muestra una red típica de servidor/cliente, sobre conmutadores a 10 y 100 Mb/s. Al pasar a Gigabit, la mayor capacidad de la red permite un acceso más rápido a las bases de datos de los servidores a través de la red. Las conexiones entre conmutadores y servidores pueden funcionar sobre cobre si estos dispositivos se encuentran a menos de 25 m, si no, se utiliza una conexión sobre fibra multimodo.

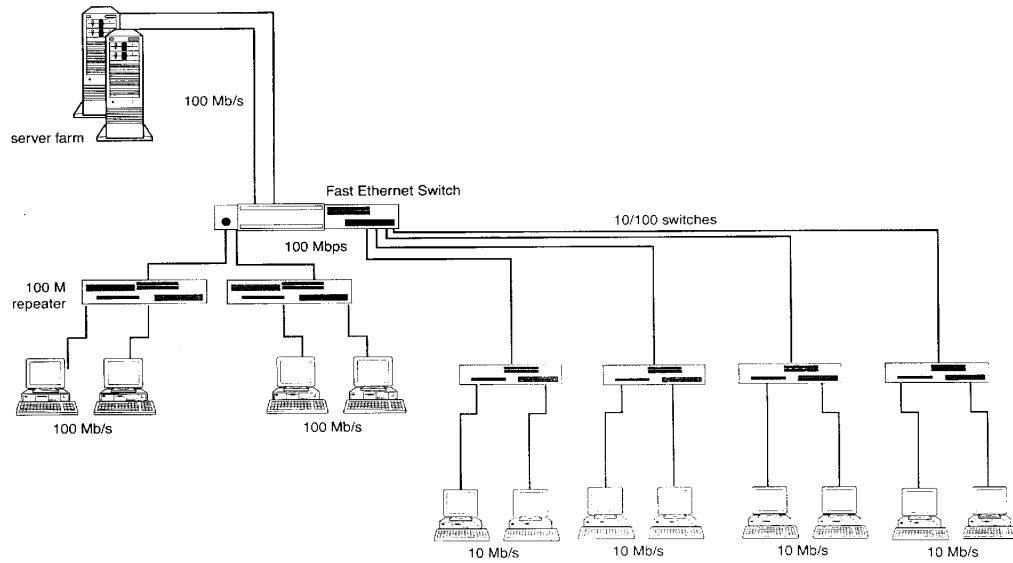


Figura 5.12. Red Típica de Servidor/Cliente.

Tal vez, la aplicación óptima de Gigabit, es su utilización en el 'backbone' de edificios. En esta situación, los enlaces de Gigabit se utilizan para conectar los conmutadores, 'routers' y dispositivos de gestión ubicados de forma centralizada en el edificio, con la estructura presente en cada planta del edificio. En los enlaces de subida del edificio, se utiliza fibra multimodo. Otro caso similar es el de los campus; en este caso se utiliza fibra monomodo en los enlaces de Gigabit, las conexiones servidor-conmutador siguen las especificaciones contadas anteriormente. En la figura 5.13, se muestra una conexión con tipo Campus y tipo Edificio

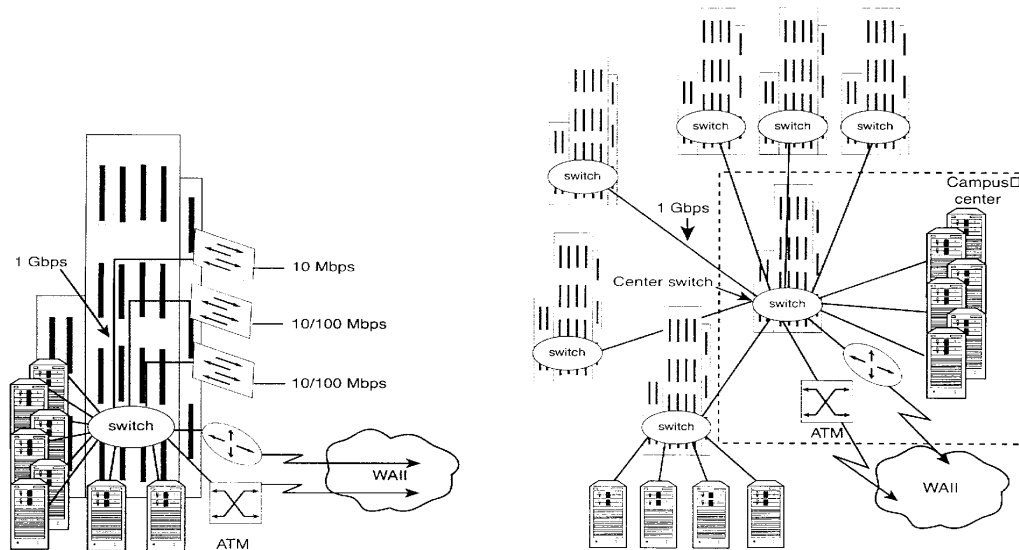


Figura 5.13. Red en Campus y en Edificios.

## 5.26 Requerimientos de las Empresas en Redes de Alta Velocidad.

La evolución de Internet de sus orígenes como transmisión de ficheros y correo electrónico hasta el estado actual, hace que la pérdida de datos sea bastante probable. Además, aplicaciones como transmisión de video y de voz, presentan requerimientos bastante estrictos en cuanto a retardos. Todo esto hace necesario la negociación de unos parámetros de calidad, QoS ('Quality of Service').

La congestión es uno de los problemas más serios en empresas, 'campus' y 'backbones', ya que el tráfico se concentra desde el extremo de la red hacia el centro, causando conflictos en determinados puntos de la red.

Los primeros 'routers' y conmutadores, utilizaban colas FIFO ('First In First Out') para manejar el tráfico entrante y saliente. Las pérdidas de paquetes se solucionaban usando complicados mecanismos de recuperación en TCP y otros protocolos de transporte.

Con el tiempo y al aumentar la velocidad de las redes, el ancho de banda y la gestión del tráfico se convirtieron en cuestiones esenciales. Al principio, las aplicaciones de Internet utilizaban un sistema basado en el campo Tipo de Servicio de IP, que comprobaban los 'routers' y conmutadores en la cabecera de IP para distinguir distintas prioridades en el tráfico, pero esta modificación se utilizó poco. A este sistema le siguieron distintas modificaciones en TCP para proporcionar control de la congestión de extremo a extremo. Con estos cambios, se igualaron las posibilidades de acceso a Internet para cualquier usuario.

Otros grupos de trabajo, trataron la gestión del tráfico alterando el propio protocolo Ethernet. Estos cambios afectaron por ejemplo, al tiempo de 'Backoff' (buscaban menor tiempo de latencia para los nodos de mayor prioridad o multimedia). Otro ejemplo es el estándar IEEE 802.3x para el control de flujo Full-Duplex, donde se permite a las estaciones congestionadas detener la transmisión del resto para poder vaciar sus buffers. Este es el sistema de control de flujo utilizado por 10 Mb/s, 100 Mb/s y Gigabit Ethernet.

La gestión del tráfico ha evolucionado hasta un estado en el que los requerimientos de QoS también son soportados por los 'routers' y conmutadores, gracias a tecnologías como el RSVP ('ReSerVation Protocol'), IEEE 802.1Q/p y control de flujo.

Proporcionar una determinada QoS, donde los retardos son predecibles y determinados (característica de las redes ATM), va a ser posible gracias a las redes basadas en paquetes. Con ATM, la combinación de pequeñas unidades de transporte (de 64 a 1500 bytes), señalización de extremo a extremo tipo circuito virtual y control de flujo, asegura el retardo incluso a través de redes muy grandes. Esto no es generalmente posible en las redes basadas en paquetes; sin embargo, protocolos como el RSVP (protocolo de señalización extremo a extremo que permite a una estación pedir la reserva de un ancho de banda garantizado a través de la red), y nuevas tecnologías de conmutación (IP switching, TAG switching), permiten la implementación en LANs de características de QoS que antes sólo eran posibles en ATM.



## Capítulo 6. Gigabit Ethernet Frente a otras Tecnologías.

### 6.1 Gigabit Ethernet Frente a otras Tecnologías

Con Gigabit Ethernet, aumentan las opciones en cuanto a tecnologías de alta velocidad para LANs (Gigabit, ATM, FDDI). La evolución de las redes de área local, implica comunicaciones entre 'campus' dispersos geográficamente, un aumento de usuarios finales, etc.; en definitiva, un aumento del tráfico que las típicas redes Ethernet a 10 Mb/s compartidas no pueden manejar. Esto ha impulsado la distribución de tecnologías más rápidas como Fast Ethernet y FDDI en los 'backbones'. Así se consiguen velocidades de 10 Mb/s en las conexiones finales y de 100 Mb/s en el 'backbone'. A finales de los noventa, la combinación del bajo costo de los adaptadores de Fast Ethernet y la mayor rapidez de las PCs, provocaron un aumento de la demanda de ancho de banda en el usuario final, que se traduce, en mayor demanda en el 'backbone'. Para satisfacer esta demanda, hay dos tecnologías compitiendo en el 'backbone', ATM y Gigabit Ethernet.

### 6.2 Cambio en redes Ethernet 100Mb/s y FDDI

FDDI es todavía una de las tecnologías de alta velocidad dominante en las infraestructuras de campus y edificios, sin embargo, muchas de estas redes tienen a la mayoría de las estaciones conectadas a través de segmentos de Ethernet conmutada o compartida, por lo que el paso a Fast o Gigabit Ethernet parece la opción más adecuada. La migración siempre es gradual, controlando el proceso y la estabilidad de la red.

Un 'backbone' de Ethernet a 100 Mb/s ó de FDDI que comprende múltiples conmutadores a 10/100, que pasa a conmutadores de 100/1000, permite conectar directamente al 'backbone' los servidores de mayor capacidad, con esto aumenta la rapidez de las conexiones, el número de segmentos conectados a la red y el número de usuarios.

### 6.3 ATM vs. Gigabit Ethernet

Para comparar Gigabit Ethernet con el Modo de Transmisión Asíncrono ATM; es necesario distinguir los campos de acción de cada una de ellas dentro de las redes de empresas. Mientras que muchas de las conexiones finales a usuario son de tipo Ethernet 10Base-T y migran hacia 100Base-T, la mayor parte de la red sigue la tecnología ATM. ATM es la base para servicios como RDSI, DSL, a parte de los propios, es decir, estas dos tecnologías no son excluyentes, se complementan una a la otra. La parte final al usuario se mantendrá basada en Ethernet, mientras que la red WAN continuará con ATM. Estas dos partes se encuentran en el 'backbone'. Para decidir cuál de las dos se utiliza en este punto, hay que considerar el costo, aplicaciones y servicios que se requieren, así como el tamaño de la red, topología y redundancia necesaria.

En la tabla 6.1, 6.2 hay algunas comparaciones entre la red Gigabit Ethernet y ATM.

Red	Protocolos LAN	Escalabilidad	WAN	QoS Multimedia
Ethernet	Sí	Sí	Emergente	Emergente
ATM	Sí	Sí	Sí	Sí

Tabla 6.1. Comparación entre Ethernet y ATM.

Características	Gigabit Ethernet	ATM
Precio/Instalación/Ancho de banda	Bajo costo	Costo moderado
QoS	RSVP, IEEE 802.1Q/p	QoS garantizado
Aplicaciones de usuario	Datos a alta velocidad, voz/video sobre IP	Datos, video y voz
Producto disponible	Finales de 1997	Principios de 1996
Aplicaciones de red	Backbones de edificios, campus.	WAN, backbones de edificios, campus.

Tabla 6.2. Comparaciones entre Gigabit Ethernet y ATM.

Estas tablas resumen las diferencias y similitudes entre ATM y Gigabit Ethernet. En cuanto al ancho de banda, Gigabit proporciona ancho de banda a bajo costo, mientras que ATM proporciona un ancho de banda similar a un costo mayor; esto se debe al tipo de servicios que presta ATM. Viendo el QoS, Gigabit se basa en protocolos no muy estables todavía, como RSVP, IEEE 802.1Q/p, etc., mientras que ATM proporciona una QoS garantizada. ATM permite la transmisión de datos, voz y video de forma integrada, mientras que Gigabit permite la transmisión de datos a alta velocidad y la transmisión de voz y video, aunque el éxito de este transporte depende del IP. En cuanto a aplicaciones, existe un solapamiento entre las dos tecnologías, la única diferencia está en la posible implementación de redes WAN.

Una de las desventajas de Gigabit Ethernet es que la madurez de sus productos es menor que la de otras redes como FDDI, ATM o Fast Ethernet. Aunque los estándares de ATM están en continua evolución, la base está bien probada y hay que tener esto en cuenta.

Entonces, ¿qué criterios se pueden seguir para decidir entre estas dos tecnologías? Lo mejor es decidir a partir de los servicios que se necesiten.

Podemos establecer una clasificación:

ATM, si se necesita:

- Una QoS garantizada.
- Infraestructura para la integración de voz, datos y tráfico.

- Acceso similar del backbone a la WAN o entre LAN-WAN.
- Escalabilidad de la red (en ATM, de 155 Mb/s a 622 Mb/s o 2.4 Mb/s).
- Topologías complejas.

Gigabit Ethernet, si se necesita:

- Migración fácil y bajo costo de instalación. Esto es lo que sucede si la red existente es Ethernet a 10 o 100 Mb/s.
- Una QoS suficiente.
- Si el tráfico de la red es datos o paquetes de voz y audio

En conclusión, ATM y Gigabit Ethernet no son un sustituto una de la otra. Cada tecnología es apropiada para un tipo de aplicaciones. En pocas palabras, Gigabit Ethernet es adecuada para las áreas en las que tecnologías como Ethernet a 10 y 100 Mb/s y FDDI no van a poder ofrecer durante mucho más tiempo el ancho de banda requerido, es decir en áreas en las que se requiere un 'throughput' elevado, la integración con redes WAN y requerimientos de QoS no son lo principal. ATM se adecua a los entornos en los que el video, voz y otras aplicaciones sensibles al retardo a través de la WAN son de mayor importancia. El caso más usual, es sin embargo, que las dos redes coexistan sin problemas, cada una en su segmento, como por ejemplo en la figura 6.1.

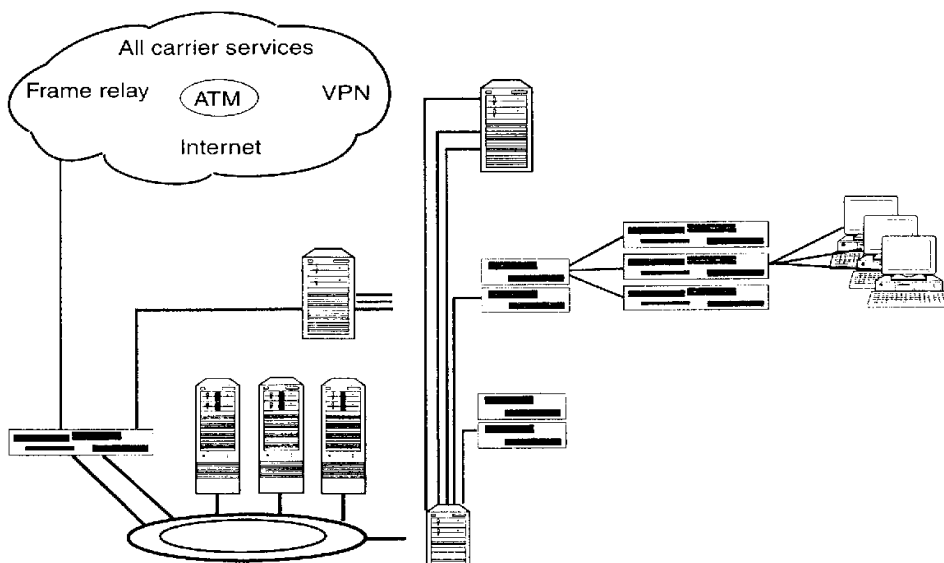


Figura 6.1. Red ATM y Red Gigabit Ethernet.

#### 6.4 Gigabit Ethernet vs. FDDI

FDDI permite 100 Mb/s sobre cable UTP de categoría 5, fibra multimodo y monomodo, la misma infraestructura que Gigabit Ethernet. Debido a sus características de acceso a la red, los dos anillos, la capacidad de cada nodo de gestión, formato de trama según IEEE 802 y alta

velocidad, FDDI se ha convertido en uno de los principales métodos para interconectar redes de 'campus' y 'backbones' de edificios. El único problema que presenta, como hemos comentado anteriormente, es que su capacidad de ancho de banda está limitada. Aquí es donde le aventaja Gigabit Ethernet.

## 6.5 10 Gigabit de Ethernet

10 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3ae) fue estandarizada en junio de 2002. Es un protocolo dúplex que sólo usa fibra óptica como medio de transmisión. Las distancias máximas de transmisión dependen del tipo de fibra usada. Con fibra monomodo, dicha distancia es de 40 Km (25 millas). Algunas discusiones entre miembros del IEEE sugieren la posibilidad de normas Ethernet para 40 Gbps, 80 Gbps e incluso, 100 Gbps. Dado que la fibra está empezando a usarse como medio de transmisión, la posibilidad de que ocurra un error en los datos durante el paso de un paquete Ethernet a través de la red es muy baja. En una red con una tasa de error baja, se pueden enviar paquetes de datos grandes. El límite superior de la cantidad de datos que pueden transportarse en un paquete Ethernet (una trama) es de 1500 bytes.

Los siguientes puntos comparan 10 Gigabit Ethernet con el resto de las variedades de Ethernet:

- El formato de la trama es el mismo, lo que permite su interoperabilidad con todas las variedades heredadas además de Fast y Gigabit Ethernet sin necesidad de conversiones de protocolo.
- El tiempo de bit es ahora de 0.1 nanosegundos. El resto de variables de tiempo se escalan adecuadamente.
- No es necesario CSMA/CD porque sólo se utilizan conexiones de fibra dúplex.
- Las subcapas IEEE 802.3 dentro de las capas OSI 1 y 2 están normalmente reservadas, con algunos añadidos para acomodar enlaces de fibra de 40 Km e interoperabilidad con tecnologías SONET/SDH.
- Posibilidad de redes Ethernet extremos-a-extremo flexibles, eficientes, fiables y de relativamente bajo costo.
- Capacidad para ejecutar TCP/IP sobre LANs, MANs y WANs. Con un método de transporte de capa 2.

La tabla 6.3, muestra los parámetros de una operación Ethernet a 10 Gb.

Parámetro	Valor
Tiempo de bit	0.1 nanosegundo
Tiempo de ranura	—*
Espacio entre tramas	96 bits**

Límite de intento de colisión	— *
Límite de retardo de colisión	— *
Tamaño de congestión de colisión	— *
Tamaño máximo de la grama sin etiquetar	1518 octetos
Tamaño mínimo de la trama	512 bits (64 octetos)
Límite de Ráfaga	— *
Tasa de dilatación del espacio entre tramas	104 bits ***

Tabla 6.3. Parámetros de una operación 10 Gigabit Ethernet.

\* Ethernet a 10 Gbps no permite operaciones semidúplex, por lo que los parámetros tiempo de bit y los relacionados con la manipulación de colisiones no se aplican.

\*\* El valor mostrado es el espacio oficial entre tramas.

\*\*\* La tasa de dilatación del espacio entre tramas sólo se aplica a las definiciones 10GBaseW.

10 Gigabit Ethernet usa el mismo formato de trama (con algunas excepciones) que las Ethernet a 10, 100 y 1000 Mbps. El incremento de velocidad implica una serie de requerimientos extra: los bits se envían en duraciones más cortas (1 nanosegundo), que ocurren más frecuentemente y que requieren una temporización más cuidadosa. Además, las transmisiones requieren frecuencias cercanas a los límites de ancho de banda del medio y se vuelven especialmente sensibles al ruido. En respuesta a estos problemas de sincronización, ancho de banda y SNR, 10 Gigabit Ethernet usa dos sistemas de codificación diferentes. La idea básica es usar códigos para representar los datos del usuario de forma que resulten eficientes para transmitir.

Los patrones de bit de la subcapa MAC se convierten a símbolos, algunos de ellos necesarios para controlar la información. Se utiliza la codificación 8B/10B (similar al concepto 4B/5B), seguida de distintos tipos de codificación en línea propios de la fibra óptica.

La mayoría de los productos 10 Gigabit Ethernet están en formato de módulos para ser añadidos a 'switches' y 'routers' de gama alta. 10 Gigabit Ethernet sólo está disponible en modo dúplex y funciona exclusivamente con fibra óptica. Por tanto, no existen colisiones y el CSMA/CD resulta innecesario.

Como las normas y productos 10 Gigabit Ethernet evolucionan, lo más importante a considerar es que la unión entre 10 Gigabit Ethernet con las capacidades LAN, SAN MAN, WAN ha permitido a los ingenieros considerar redes Ethernet extremo-a-extremo muy sofisticadas.

El único medio capaz de soportar a 10 Gigabit Ethernet es la fibra óptica y dicho soporte está disponible para fibra multimodo de 62.5 µm. Y 50 µm, así como para fibra monomodo 10 µm.

Aunque el soporte está limitado por el medio de fibra, algunas de las longitudes máximas del cable son sorprendentemente cortas. Los repetidores no están definidos para 10 Gigabit Ethernet porque el modo semidúplex no está soportado.

La tabla 6.4 muestra las implementaciones 10 Gigabit Ethernet. Las especificaciones R y W están cubiertas por la entrada adecuada.

Implementación	Longitud de Onda	Medio	Ancho de banda modal mínimo	Distancia Operativa
10GBaseLX4	1310 nm	62.5 mm MMF	500 MHz/km	De 2 a 300 metros
10GBaseLX4	1310 nm	50 mm MMF	400 MHz/km	De 2 a 240 metros
10GBaseLX4	1310 nm	50 mm MMF	500 MHz/km	De 2 a 300 metros
10GBaseLX4	1310 nm	10 mm MMF	-	De 2 a 10 Km
10GBaseS	850 nm	62.5 mm MMF	160 MHz/km	De 2 a 26 metros
10GBaseS	850 nm	62.5 mm MMF	200 MHz/km	De 2 a 33 metros
10GBaseS	850 nm	50 mm MMF	400 MHz/km	De 2 a 66 metros
10GBaseS	850 nm	50 mm MMF	500 MHz/km	De 2 a 82 metros
10GBaseS	850 nm	50 mm MMF	2000 MHz/km	De 2 a 300 metros
10GBaseL	1310 nm	10 mm SMF	-	De 2 a 10 Km
10GBaseE	1550 nm	10 mm SMF	-	De 2 a 30 Km*

Tabla 6.4. Implementaciones 10 Gigabit Ethernet.

\* La norma permite longitudes de 40 Km si la atenuación es lo suficientemente baja.

10 Gigabit Ethernet tiene bastante versatilidad y se pueden utilizar una gran diversidad de tipos de fibra y fuentes láser no sólo sobre una LAN, sino también sobre distancias MAN y WAN.

## **Conclusión.**

Al paso de los años, Ethernet ha tenido grandes transformaciones desde que se inició, siendo una red de limitaciones, hasta convertirse en tecnologías Fast y Gigabit Ethernet. Desde sus 10 Mbps iniciales, Ethernet ha sido capaz de evolucionar a 100, 1000 y ahora hasta 10000 y está presente en la mayoría de las redes corporativas de todo el mundo. Esta tecnología ofrece hoy velocidad, rendimiento y fiabilidad necesarios para soportar las nuevas necesidades que las mejores empresas exigen, todo esto sabiendo que Ethernet ha sido el presente y el futuro de las redes de Alta velocidad.

Ethernet ha sido una tecnología ampliamente aceptada que surgió como la opción más popular de la industria debido a su bajo costo y sencillez de utilización. Una vez que apareció al mercado, su evolución ha sido imparable.

En la actualidad, Ethernet se ha mantenido como la empresa dominante en las nuevas instalaciones de red y aunque Gigabit se ha extendido, la 10 Gigabit Ethernet y el IEEE, han empezado a desarrollar nuevos alcances de hasta 160 Gbps.

Hay muchas variantes hacia el futuro; por ejemplo, los medios de red serán tridimensionales (Cobre hasta 1000 Mbps, Inalámbrico hasta 100 Mbps y Fibra Óptica hasta 10000 Mbps), pero quizá haya algunos problemas con el proceso de producción y estarán inclinados hacia las fuentes de luz láser y fibra óptica monomodo.

La nueva economía exige que el acceso a la información y a las comunicaciones sea sencillo y esté disponible en cualquier lugar, en cualquier momento y para cualquier persona, estas redes deben ser, además, sencillas de instalar, de operar y han de tener las herramientas necesarias para realizar operaciones efectivas y seguras en el comercio electrónico. Deberá contener una movilidad inalámbrica para extender su conectividad de alta velocidad.

En definitiva habrán tres factores cruciales que definirán las redes corporativas futuras: alta velocidad, movilidad y sencillez.

La tecnología Ethernet está creciendo desde que se inició hace aproximadamente 30 años y su futuro es de grandes alcances.

## GLOSARIO.

- ANSI: 'American National Standards Institute', Instituto Nacional Americano de Estandarización
- ATM: 'Asynchronous Transfer Mode', Modo de Transmisión Asíncrono
- AUI: 'Attachment Unit Interface', Interfaz de Unidad Adjunta
- Backbone: Pilar.
- Rack: Bastidor.
- BER: 'Bit Error Rate', Error de Velocidad de Bit
- BLAM: 'Binary Logarithmic Arbitration Method', Método de Arbitraje Logarítmico Binario
- Data: Campo de Datos
- Destination Address: Campos de Dirección de Destino
- Source Address: Campos de Dirección de Origen
- FCS: 'Frame Check Sequence', Secuencia de Comprobación de Trama
- HUB: Concentrador
- Switch: Conmutador
- CRC: 'Cyclical Redundancy Checking', Comprobación de Redundancia Cíclica
- CSMA/CD: 'Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection', Control de Acceso al Medio con Detección de Colisiones
- DISC: 'Disconnect', Desconectar
- DM: 'Disconnect Mode', Modo de Desconectar
- DMD: 'Intermodal Dispersion', Dispersión Intermodal
- DSAP: 'Destination Service Access Point', Punto de Acceso al Servicio Destino
- DTE: 'Data Terminal Equipment', Terminal de Datos de Equipamiento
- ECMA: 'European Computer Manufacturers Association', Asociación Europea Manufacturera de Cómputo
- EIA: 'Electronic Industries Alliance', Alianza de Industrias Electrónicas
- EMI: 'Interference Electromagnetic', Interferencia Electromagnética
- FDDI: 'Fiber Distributed Data Interface', Interface de Fibra Distribuidora de Datos
- FIFO: 'First In First Out', Tráfico Saliente y Entrante
- FLP: 'Link Pulse Signals', Señal de Enlace de Pulsos
- FRMR: 'Frame Reject', Rechazo de Trama
- FSTP: 'Foiled Shielded Twister Pairs', Escudo Protector Laminado de Pares Trenzados
- FTP: 'Foiled Twisted Pairs', Lámina de Pares Trenzados
- Full-Duplex: Transmisión y Recepción de Datos de forma simultánea
- GMII: 'Gigabit Medium-Independent Interface', Interfaz Gigabit Independiente del Medio
- HSSG: 'Higher Speed Study Group', Grupo de Estudio en Alta Velocidad
- IEEE: 'Institute of Electrical and Electronics Engineers', Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
- Conditioned Launch: Inyección Acondicionada
- IPG: 'Inter-Packet Gap', Paquete Interno de Apertura
- ISO: 'International Standards Organization', Organización de Estandarización Internacional
- LCW: 'Link Code Word', Código de Enlace
- LLC: 'Logical Link Control', Control de Enlace Lógico



- Long Frame: Larga Trama
- Length: Longitud de Campo
- MAC: 'Media Access Control', Control de Acceso al Medio
- MAU: 'Medium Attachment Unit', Unidad Adjunta del Medio
- MII: 'Medium-Independent Interface', Interfaz Independiente del Medio
- NEXT: 'Near-End Cross Talk'
- NIC: 'Network Interface Card', Tarjeta de Interface de Red
- NIST: 'National Institute of Standards and Technology', Instituto Nacional de Tecnología Estandarizada
- NLP: 'Normal Link Pulse', Pulso de Enlace Normal
- OSI: 'Open Systems Interconnection', Interconexión de Sistemas Abiertos
- OUI: 'Organizationally Unique Identifier', Identificador Único Organizado
- PAM-5: 'Pulse Amplitude Modulation 5', Modulación de la Amplitud del Pulso
- PCS: 'Physical Coding Sublayer', Subnivel de Codificación Física
- PDU: 'Protocol Data Unit', Unidad de Datos del Protocolo
- PHY: 'Physical Layer Device', Dispositivo de Nivel Físico
- PLS: 'Physical Signalling', Señalización Física
- PMA: 'Physical Medium Attachment', Subnivel de Acoplamiento Físico
- PMD: 'Physical Medium Dependent', Subnivel Dependiente del Medio Físico
- Preamble: Preámbulo
- PS-NEXT: 'Power Sum NEXT', Suma de Potencia Próxima
- QoS: 'Quality of Service', Calidad de Servicio
- R: 'Ring', Toque, llamado
- REJ: 'Frame Reject', Rechazo de Trama
- RFI: 'Radio Frequency Interference', Interferencias de Radio Frecuencia
- RIN: 'Relative Noise Intensity', Ruido de Intensidad Relativo
- RNR: 'Receiver Not Ready', No Listo el Recibidor
- Routers: Enrutadores
- RR: 'Receiver Ready', Listo el Recibidor
- RSVP: 'ReSerVation Protocol', Protocolo Reservado
- Runt: Enano
- RX: Líneas de Recepción
- SABME: 'Set Asynchronous Balanced Mode Extended', Establecer Modo Asíncrono Balanceado Extendido
- Silver-Satin: Satinado Plata
- ScTP: 'Screened UTP', Proyección de Cable de Pares Trenzados
- SFD: 'Start of Frame Delimiter', Delimitador de Comienzo de Trama
- Short Frame: Trama Corta
- SNAP: 'Sub-Network Access Protocol', Protocolo de Acceso a la Subred
- SQE: 'Signal Quality Error', Error de Calidad de la Señal
- SSAP: 'Source Service Access Point', Punto de Acceso al Servicio de Origen
- STP: 'Shielded Twisted Pairs', Cable de Par Trenzado Blindado
- T: 'Tip', Punta

- Throughput: Rendimiento
- TIA: 'Telecommunications Industry Association', Asociación de la Industria de Telecomunicaciones
- Type: Tipo de Campo
- TP: 'Twister Pairs', Pares Trenzados
- TX: Líneas de Transmisión
- UA: 'Unnumbered Acknowledgmente', Asentamiento no Numerado
- UI: 'Unnumbered Information', Información no Numerada
- UTP: 'Unshielded Twister Pairs', Cable de Pares Trenzados
- XID: 'Exchange Identification', Identificación de Intercambio

## **Bibliografía.**

Cisco Systems, Inc. Academia de Networking de Cisco Systems: Guía del Primer Año. CCNA® 1, 2. Tercera Edición.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_de\\_computadoras](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_computadoras)

<http://www.idg.es/comunicaciones/impart.asp?id=177677>

<http://www.euskalnet.net/shizuka/cat5.htm>