

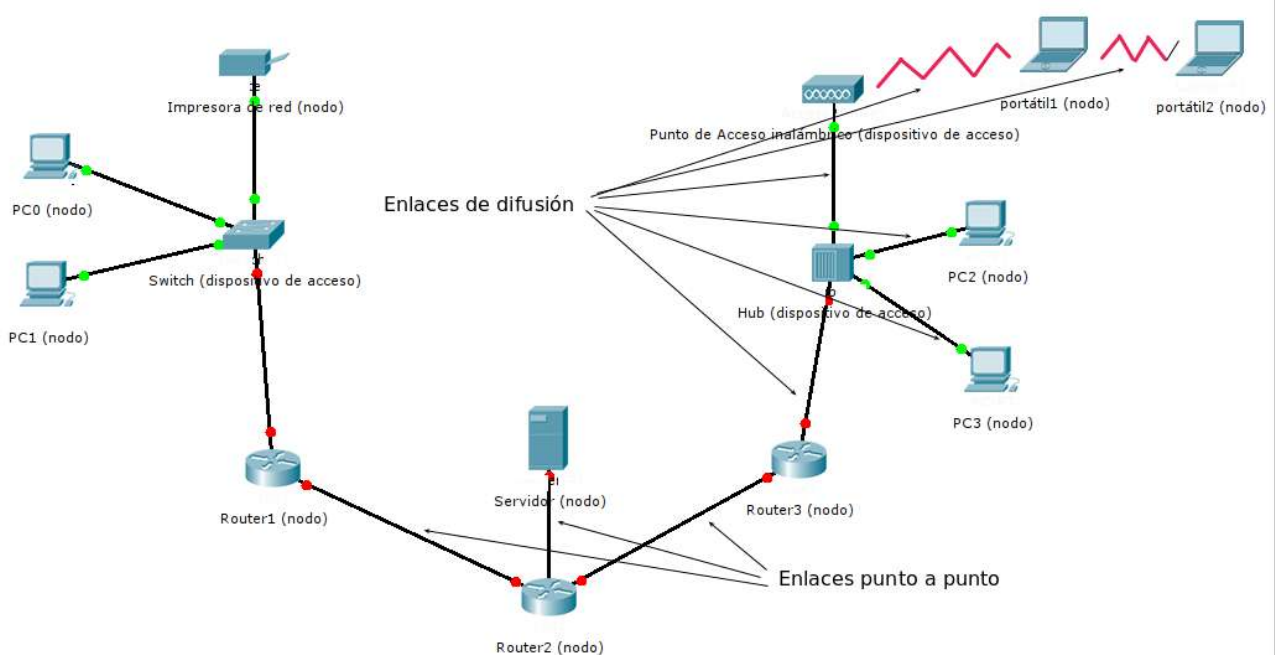
# La capa de enlace de datos

La capa de enlace de datos proporciona un medio para intercambiar datos a través de medios locales comunes.

## Elementos de la capa de enlace

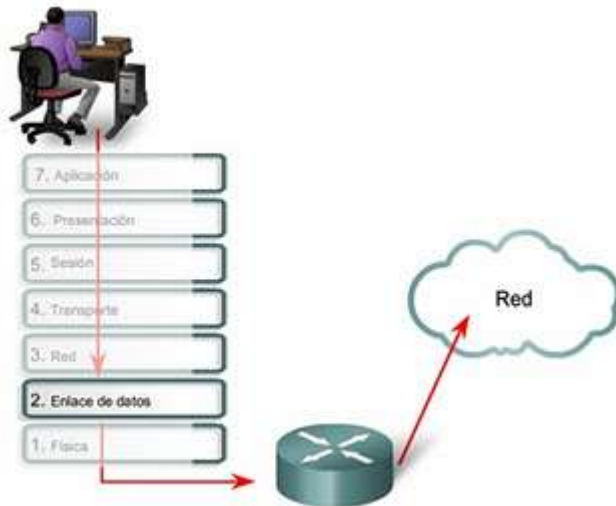
Como en cada una de las capas OSI, existen términos específicos para esta capa:

- **Trama:** El PDU de la capa de enlace de datos.
- **Dispositivos de red:** se agrupan en dos categorías:
  - **Nodos:** son dispositivos direccionables a nivel de la capa de red, es decir, tienen asociada una dirección de red.
  - **Dispositivos de acceso al medio:** son aquellos dispositivos que operan únicamente a nivel de las capas de enlace y/o física y cuya finalidad principal es ofrecer un punto de acceso a un medio de transmisión.
- **Enlace:** es el canal de transmisión que une varios dispositivos de red adyacentes entre sí. Un enlace puede contener, además del propio medio de transmisión, los dispositivos de acceso al medio a los que estén conectados los nodos. Se distinguen dos tipos de enlaces:
  - Enlaces **punto a punto:** aquellos en los que el canal es exclusivo para dos únicos nodos.
  - Enlaces de **difusión:** aquellos en los que el canal es o puede ser compartido por más de dos nodos, como es el caso de las redes inalámbricas, los buses de datos o los dispositivos conectados a un mismo hub.
- **Red** (física): dos o más nodos conectados a un medio común.

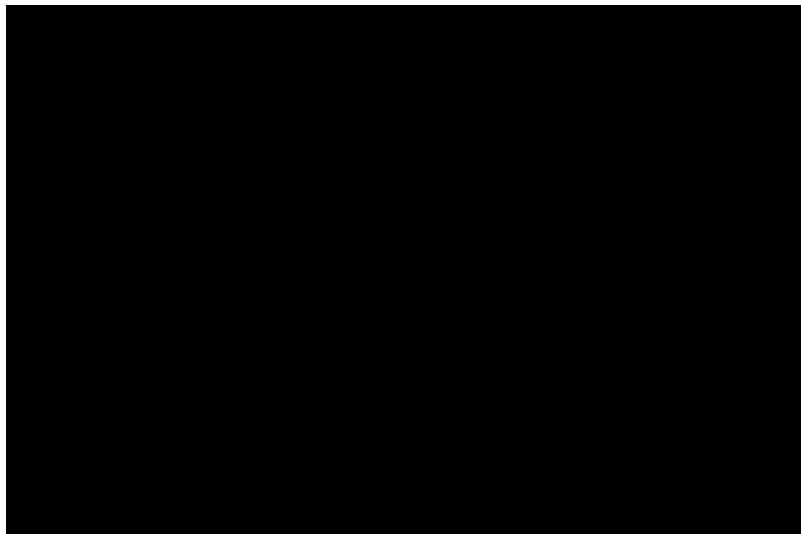


# Funciones de la capa de enlace

La función de la capa de enlace de datos de OSI es preparar los paquetes de la capa de red para ser transmitidos y controlar el acceso a los medios físicos.



La capa de enlace de datos prepara datos de red para la red física.



Los protocolos de enlace de datos llevan a cabo esta función.

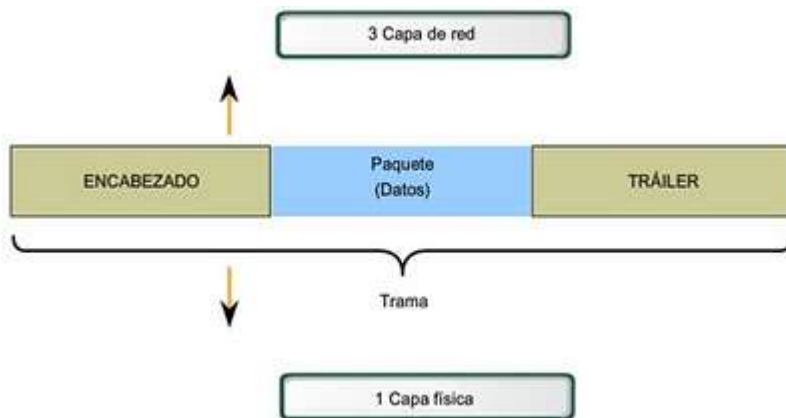
## Servicios típicos de la capa de enlace de datos

Los servicios más habituales que podemos encontrar en los protocolos del nivel de enlace son los siguientes:

### Entramado

Los protocolos de capa de enlace **encapsulan** los datos procedentes de la capa de red en una **trama** (paquete de datos). La trama consta de una **cabecera** de los datos encapsulados y, en algunos protocolos de una **cola** o **trailer** que contiene información de control agregada al final del PDU. La

cabecera y la cola contienen una serie de campos que permiten **regular** los distintos servicios de la capa de enlace.



## Métodos de acceso al medio

En las redes de área local se necesita algún método que **controle** y **regule** todos los aspectos relacionados con el acceso al enlace. Este servicio puede ser relativamente simple, para los enlaces **punto a punto**, o relativamente complejo, en el caso de los **enlaces de difusión**.

## Sincronismo

Se trata de un procedimiento que permite **sincronizar el reloj** del **receptor** con el del **emisor** para poder reconocer los bits transmitidos. A veces la sincronización es tan sencilla como enviar una cadena preestablecida de bits al inicio de cada trama.

## Direccionamiento físico

En el caso de los medios compartidos será muy importante **identificar** de forma unívoca cada uno de los **nodos** presentes. Ello se consigue mediante un identificador, la dirección física, conocida como **dirección MAC**.

## Control de flujo

Algunos protocolos del nivel de enlace llevan a cabo un control de flujo, que se encarga de ajustar la velocidad de envío de las tramas a la velocidad de procesamiento del nodo receptor, de tal forma que no se pierdan tramas por desbordamiento de su memoria intermedia.

## Detección y corrección de errores

Los protocolos del nivel de enlace suelen ofrecer algún mecanismo para la **detección** de los errores que puedan producirse durante el transporte de la trama a través del enlace. En ese caso el receptor puede detectar que una trama contiene errores y puede, dependiendo de las características del protocolo, realizar dos acciones:

- Descartar la trama.
- Solicitar la retransmisión de la trama.

Existen además, protocolos de la capa de enlace de datos que no sólo permiten detectar errores sino también corregirlos.

## Entrega fiable

Permite garantizar que se han entregado los datos. Conlleva procedimientos avanzados como la identificación de las diferentes tramas y la retransmisión de los datos dañados. Al ser un servicio lento y costoso solo se utiliza en los medios de transmisión que tienen una alta tasa de errores, como los inalámbricos.

## Multiplexación de protocolos a través del enlace

Consiste en la capacidad de enviar PDU de diferentes protocolos de la capa de red a través del mismo enlace. Para ello se **etiquetan** las tramas de algún modo **indicando el protocolo** que se está encapsulando. De esta forma el receptor puede reconocer qué transporta esa trama sin necesidad de analizar los datos encapsulados. Esto le puede permitir dar un trato distinto a cada trama en función del protocolo que transporta.

No todos los protocolos implementan todos los servicios descritos, sino que cada protocolo utiliza aquellos que le son más convenientes.

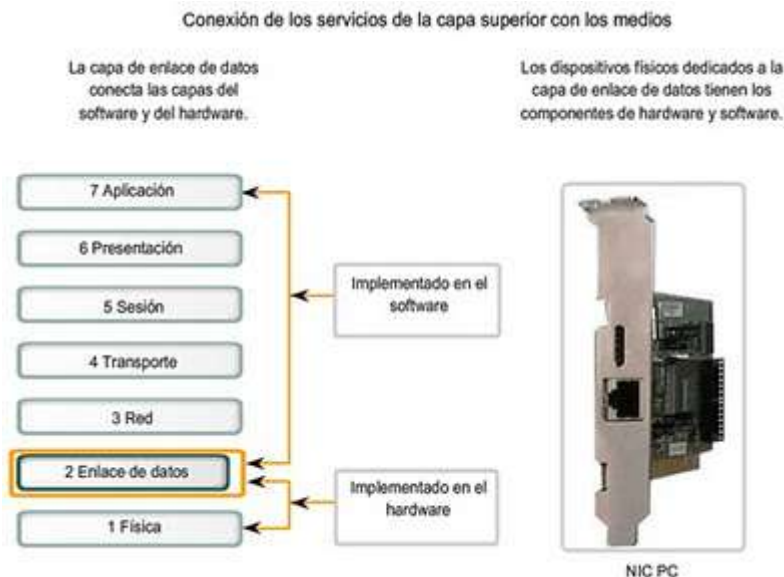
Existen protocolos simples y rápidos, pero poco fiables. que son eficientes en medios de transmisión muy fiables como la fibra óptica o los pares trenzados de cobre, y protocolos complejos y lentos, pero muy fiables, que son útiles en medios poco fiables como los inalámbricos.

## Implementación de estos servicios

La capa de enlace es la primera en la que el **hardware se encuentra con el software** y se implementa principalmente en un componente llamado **adaptador de red**.

Los primeros adaptadores de red se implementaba en una tarjeta que se insertaba en alguno de los buses de conexión externos de la placa base, son las llamadas **tarjeta de interfaz de red** (NIC, network interface card). Aunque cada vez es más frecuente encontrarla **integrada** en la propia placa base o en pequeños dispositivos USB, como es el caso de muchos adaptadores de red inalámbricos.

El software asociado con la NIC permite que la NIC realice sus funciones de intermediaria preparando los datos para la transmisión y codificando los datos como señales que deben enviarse sobre los medios asociados.



La estructura interna de un adaptador de red suele constar de los siguientes elementos funcionales:

- **Conector de red:** a través de él, el adaptador se conecta al medio físico de transmisión y envía o recibe sus señales.
- **Transceptor:** es el elemento encargado de convertir las señales en bits y los bits en señales.
- **Chip controlador:** es un chip de propósito específico que se encarga de implementar la mayor parte de los servicios de la capa de enlace (entramado, acceso al medio, sincronización, control de flujo, detección de errores...). También se le llama controlador de la capa de enlace.
- **Memoria intermedia o buffer:** pequeña memoria que almacena temporalmente las transmisiones entrantes pendientes de ser tratadas por el chip controlador.
- **Memoria ROM/Flash BIOS** o análoga: almacena la configuración por defecto y la dirección MAC de fábrica del adaptador.
- **Conexión con el bus** de la computadora o dispositivo que alberga el adaptador: a este mismo bus se encuentran conectadas directa o indirectamente la CPU y la memoria principal. Puede tratarse de un conector integrado en la placa base, una conexión PCI, PCIe, PCMCIA, USB, etc.

Aunque la mayor parte de las funciones de la capa de enlace son implementadas por el adaptador de red, otra parte, muy unida al software, es desarrollada por la CPU de la propia computadora o dispositivo. Estas funciones son:

- En el lado del emisor:
  - la recepción de los datos procedentes de la capa de red y su **traslado hacia el adaptador**
  - la incorporación de la **información de direccionamiento** de la capa de enlace
  - la **activación del hardware** del controlador
- En el lado del receptor:
  - la **respuesta a las interrupciones** procedentes del chip

- controlador (p. ej. al recibir una trama).
- la **gestión de los errores**
- el **paso de los datos** que estaban encapsulados en las tramas recibidas hacia la capa de red.

## Subcapas MAC y LLC

Para sostener una gran variedad de funciones de red, la capa de enlace de datos a menudo se divide en dos subcapas: una subcapa superior y una subcapa inferior.

- La subcapa superior o **LLC** define los procesos de software que **proveen servicios** a los protocolos de capa de red.
- La subcapa inferior o **MAC** define los procesos de **acceso a los medios** realizados por el hardware.

Existe mucha variedad con respecto a estas subcapas. ya que algunos protocolos distinguen unas de otras y otros no.