Redes de Computadores

Nivel de Transporte: TCP

Área de Ingeniería Telemática
Dpto. Automática y Computación
http://www.tlm.unavarra.es/

En clases anteriores...

- El nivel de transporte, principios
- UDP: nivel de transporte no orientado a conexión de Internet

En esta clase

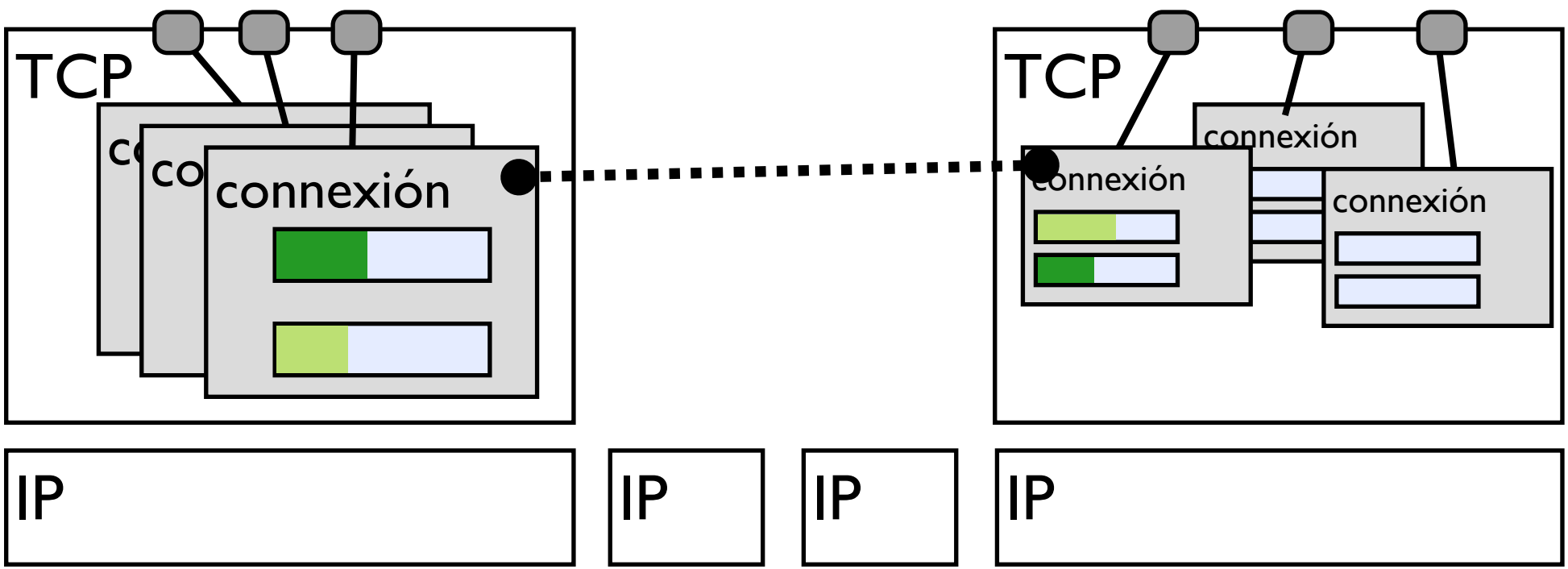
- **TCP: nivel de transporte orientado a conexión y fiable de Internet**

TCP

- Protocolo de transporte de Internet (RFC 793)
- Transporte fiable
  - Entrega garantizada
  - Entrega en orden
- Orientado a conexión
  - Stream bidireccional (como si fuera un fichero) entre los dos extremos
  - No mantiene las fronteras de los mensajes
- Con control de flujo y congestión

TCP

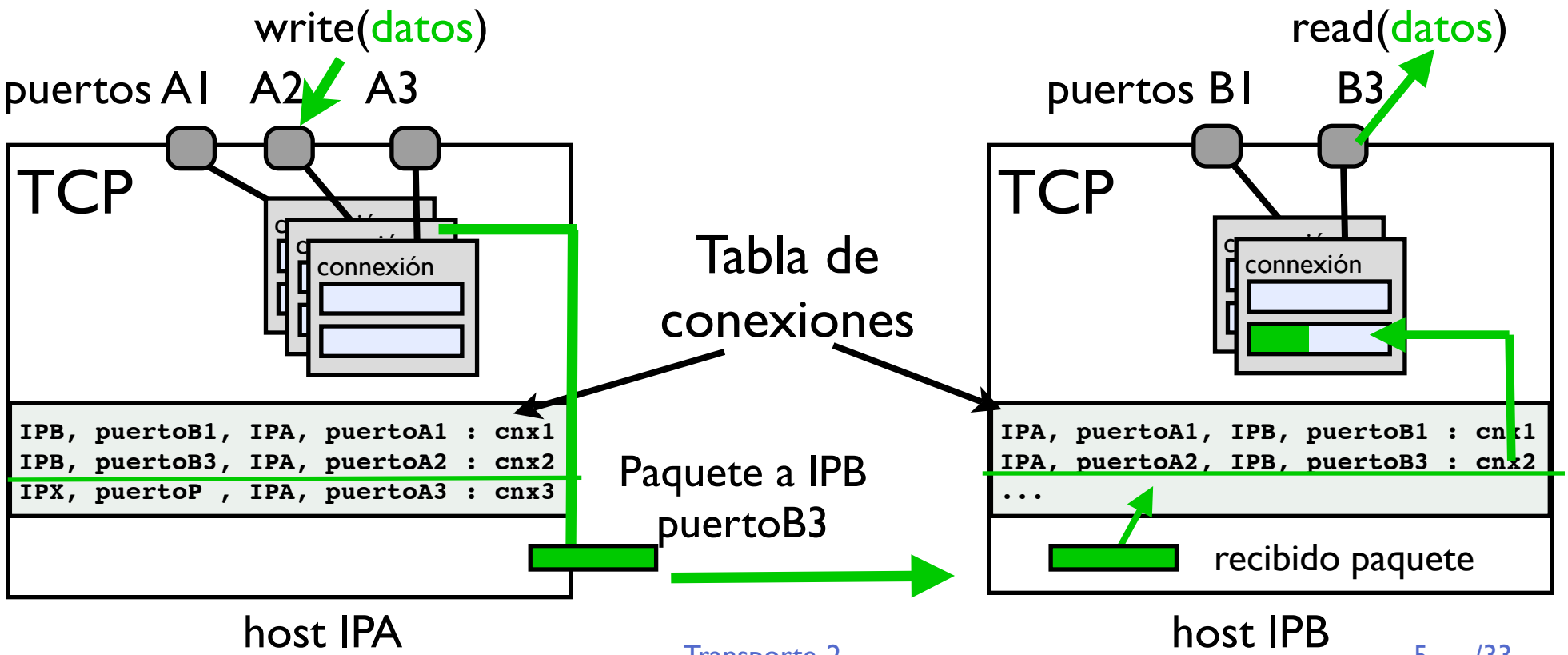
- Interfaz con el nivel de aplicación
  - Tras establecer una conexión proporciona un stream bidireccional entre sockets
  - Sin fronteras entre mensajes
  - 2 buffers por conexión
    - Escribir en el socket pone los datos en buffer de envio
    - Buffer de recepción para esperar el `read()`



TCP

- Demultiplexación de datos que llegan a TCP:
  - Se identifica al socket destino por la tupla

    `( IP origen, puerto origen, IP destino, puerto destino )`
  - La tabla de tuplas `(ip,puerto,ip,puerto)` con sus sockets de un nivel TCP es la tabla de conexiónes.
- La conexión sólo existe en los extremos TCP

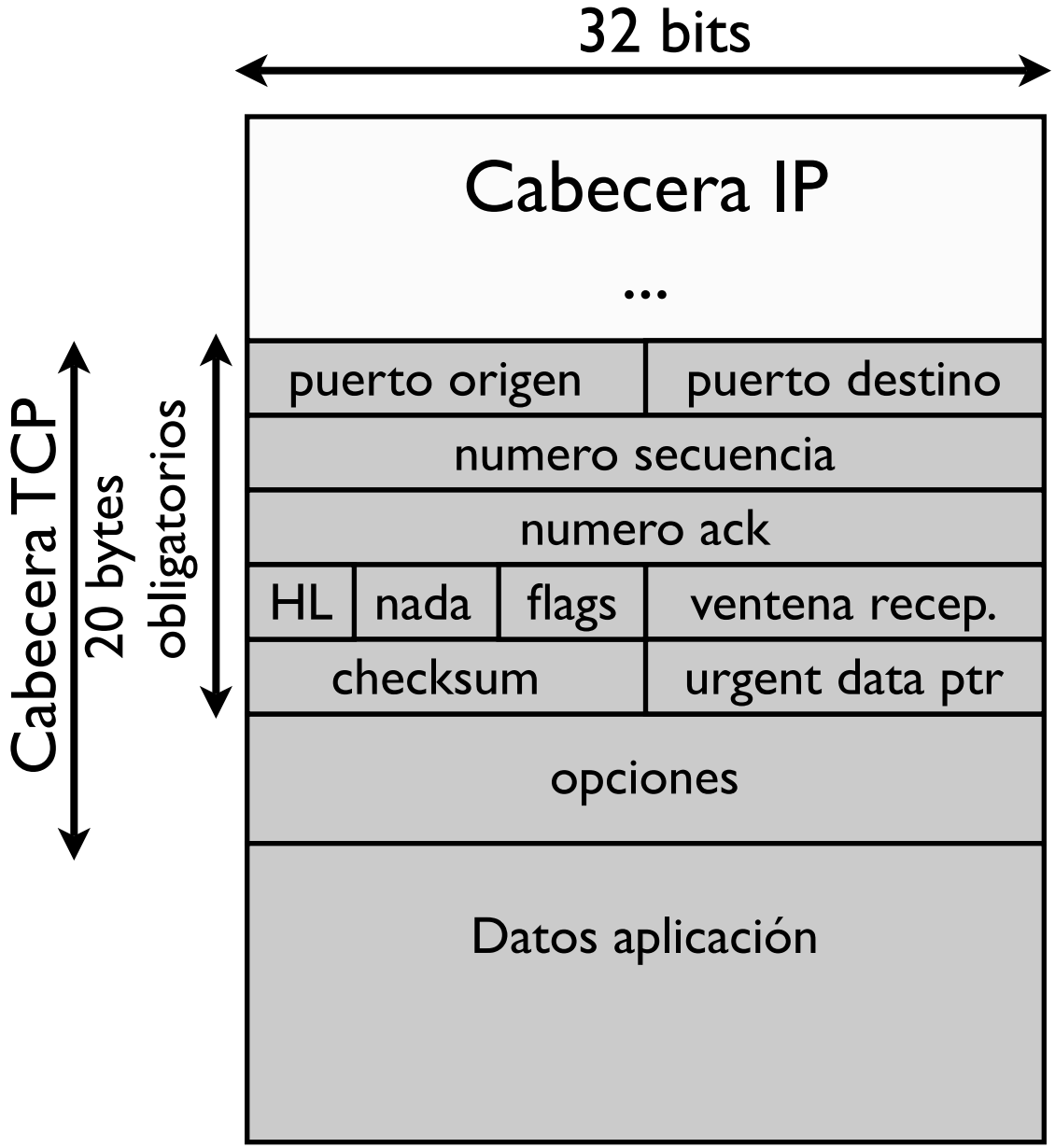


TCP

- Los buffers aislan a TCP de las operaciónes del usuario.
  - TCP hará lo posible por enviar los datos cuando pueda
  - TCP colocara los datos en el buffer de recepción cuando lleguen
- Para realizar esto TCP necesitara un conjunto de mensajes para comunicarse con el TCP del otro lado
  - Mensajes de establecimiento y cierre de conexión
  - Mensajes de datos
  - Mensajes con ACKs para confirmar los datos y obtener transporte fiable
- Veamos los mensajes del protocolo TCP

TCP

- Segmento TCP
- Cabecera de tamaño variable
  - 20 hasta 60 bytes según las opciones
- Datos del nivel de aplicación

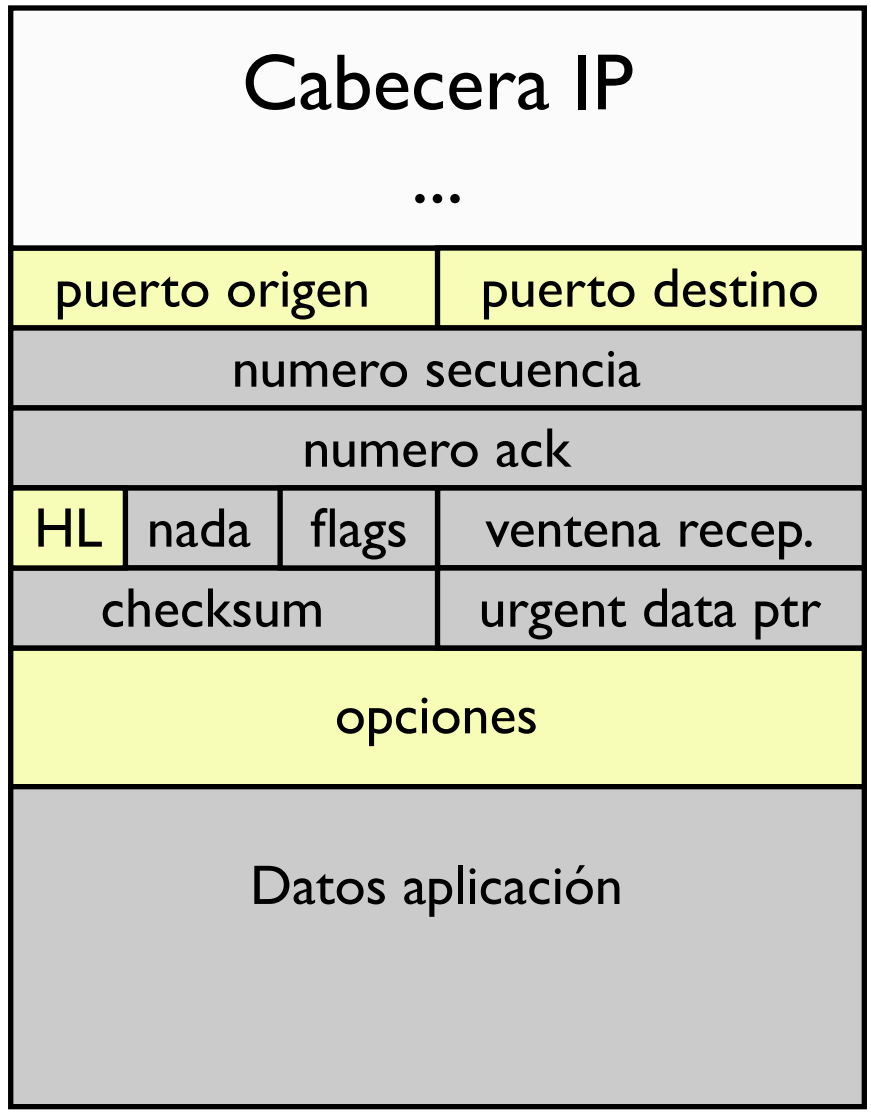


TCP

Contenido

- Datos de multiplexación
  - Puerto origen
  - Puerto destino
- HL (header length)
  - Tamaño de la cabecera (en palabras de 4 bytes)
  - 4 bits de de 5 a 15 palabras

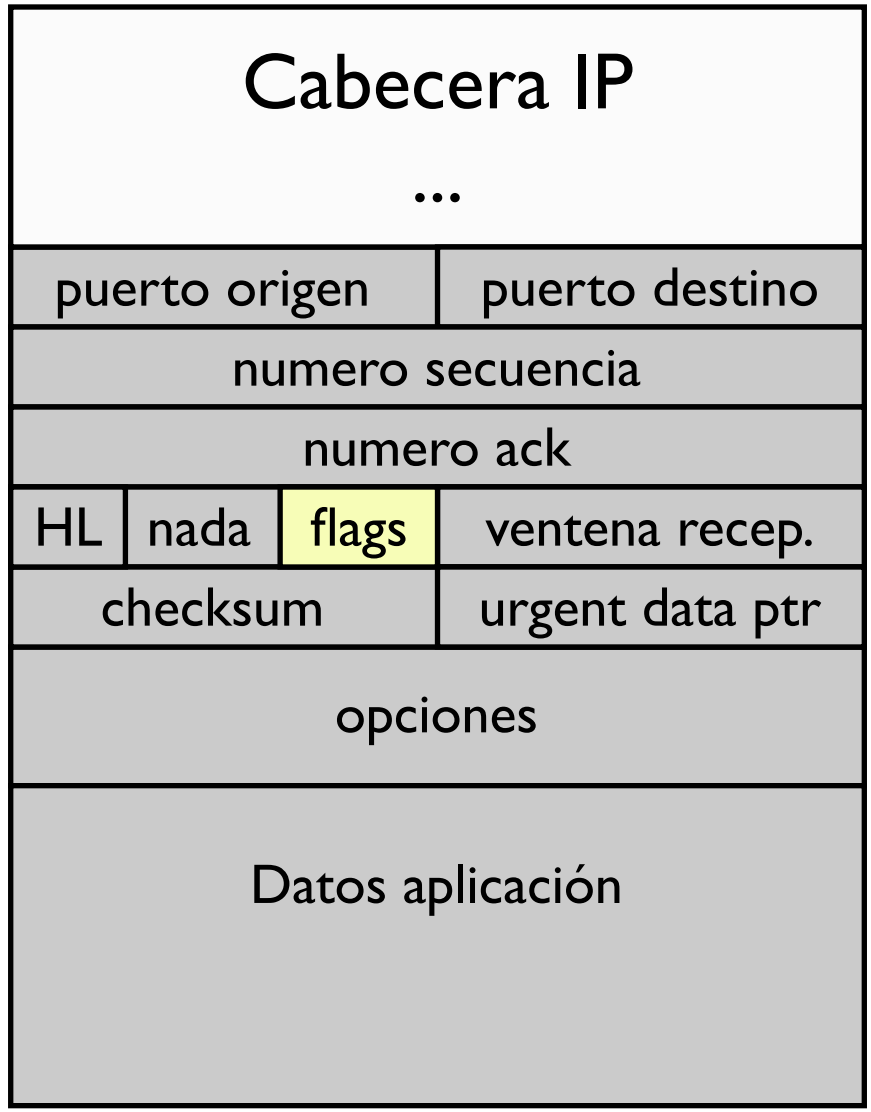
    de 20 a 60 bytes
- Opciones extras



TCP

Contenido

- FLAGs: diferentes tipos de paquetes del protocolo
  - URG urgente
  - ACK acknowledgement
  - PSH push
  - RST reset
  - SYN syn
  - FIN fin



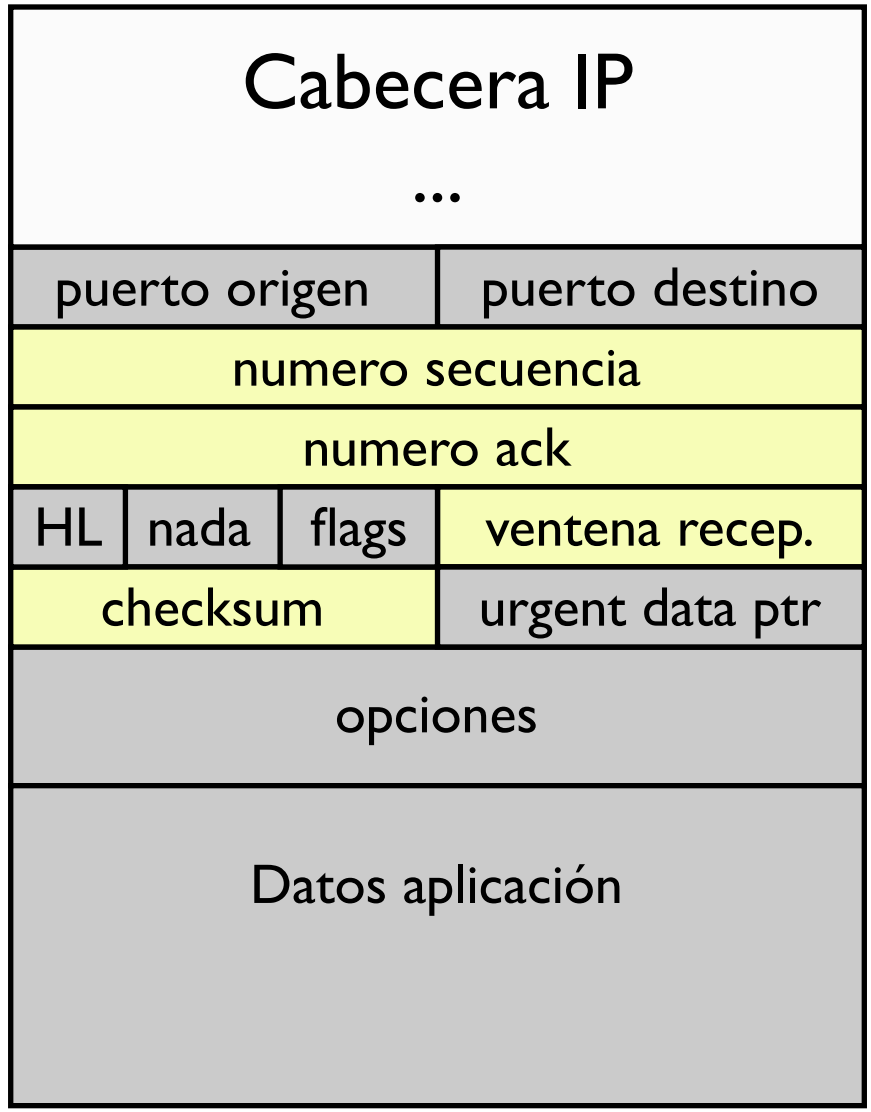
TCP

Contenido

- Datos para transporte fiable
  - Número de secuencia
  - Número de ACK
  - Checksum

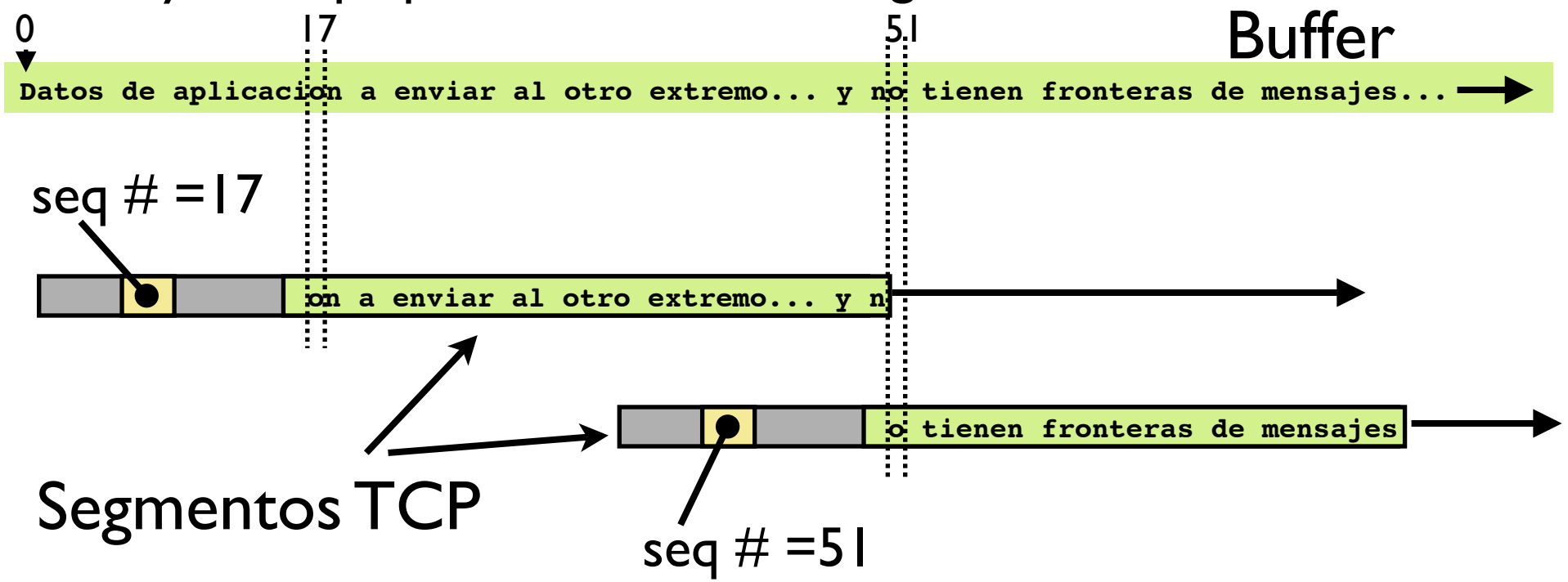
    Cabecera + datos de application + algunos datos de IP (pseudo cabecera como en UDP)
- Control de flujo
  - ventana de recepción

    permite al otro extremo mandarme una cantidad de bytes sin recibir confirmación



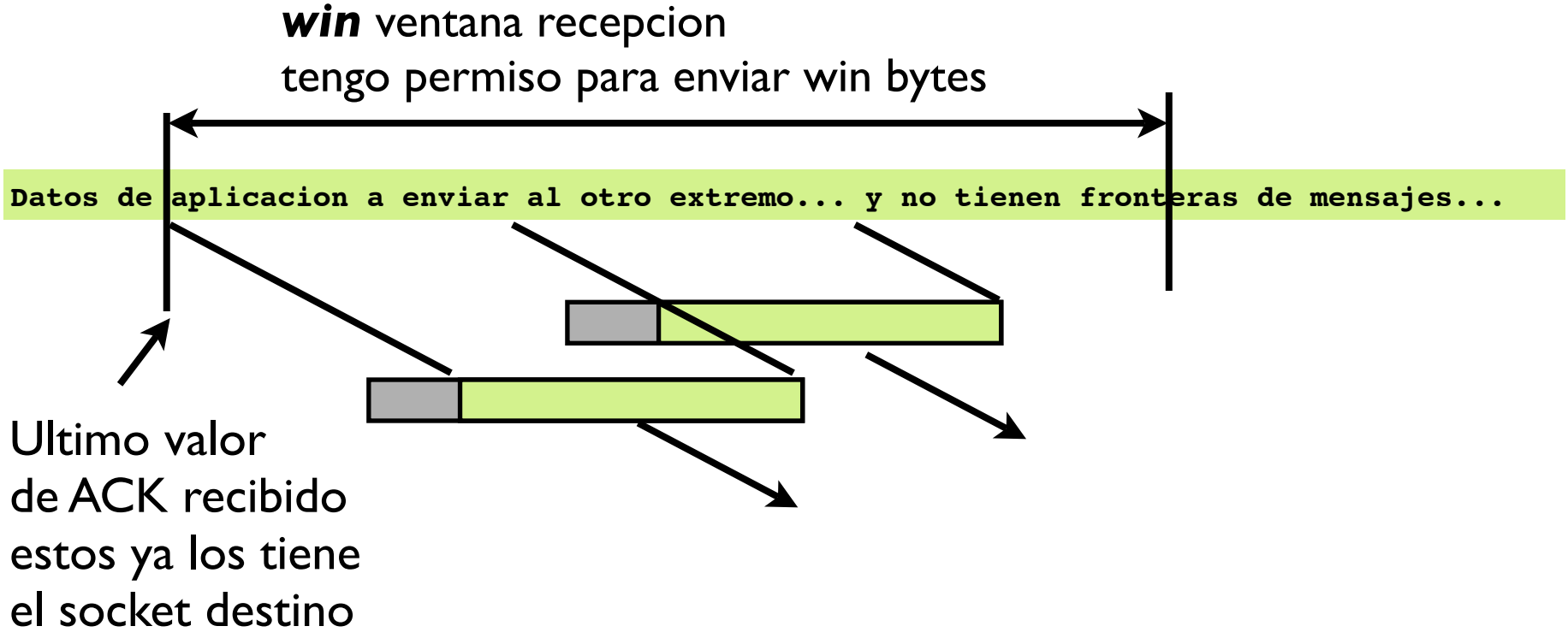
TCP: envío de datos

- Los bytes a enviar se colocan en el buffer y forman una corriente de bytes sin fronteras de paquetes
- El número de secuencia (y el numero de ACK) hacen referencia al byte concreto
  - el numero de secuencia indica cual es el numero del primer byte del paquete en la secuencia global



TCP: envío de datos

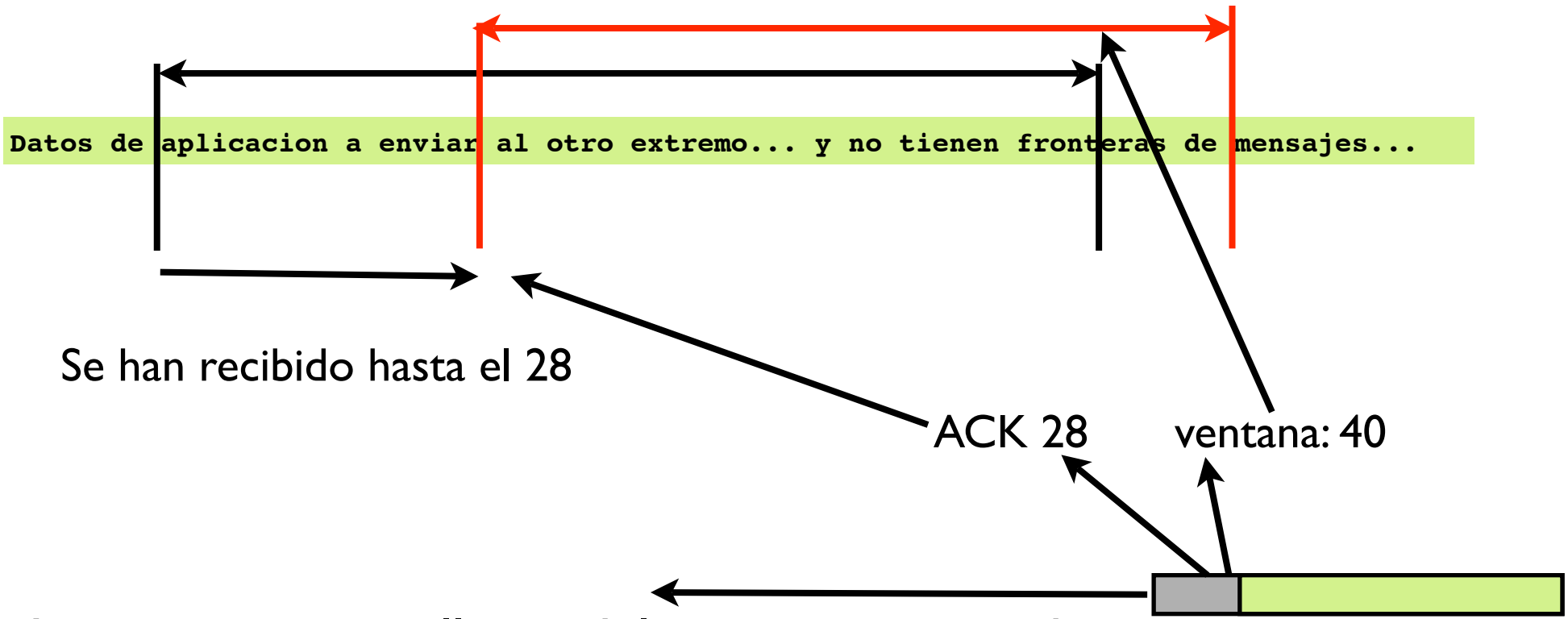
En cada momento en el receptor



Los bytes dentro de la ventana permitida se van colocando en paquetes y enviando

TCP: envío de datos

win ventana recepcion
tengo permiso para enviar estos



Los paquetes que llegan del otro extremo indican
Campo ACK: que bytes han sido ya recibidos
Campo win: cuantos bytes puedo enviar al receptor de momento

La ventana se desplaza hacia valores mayores

TCP: envío de datos

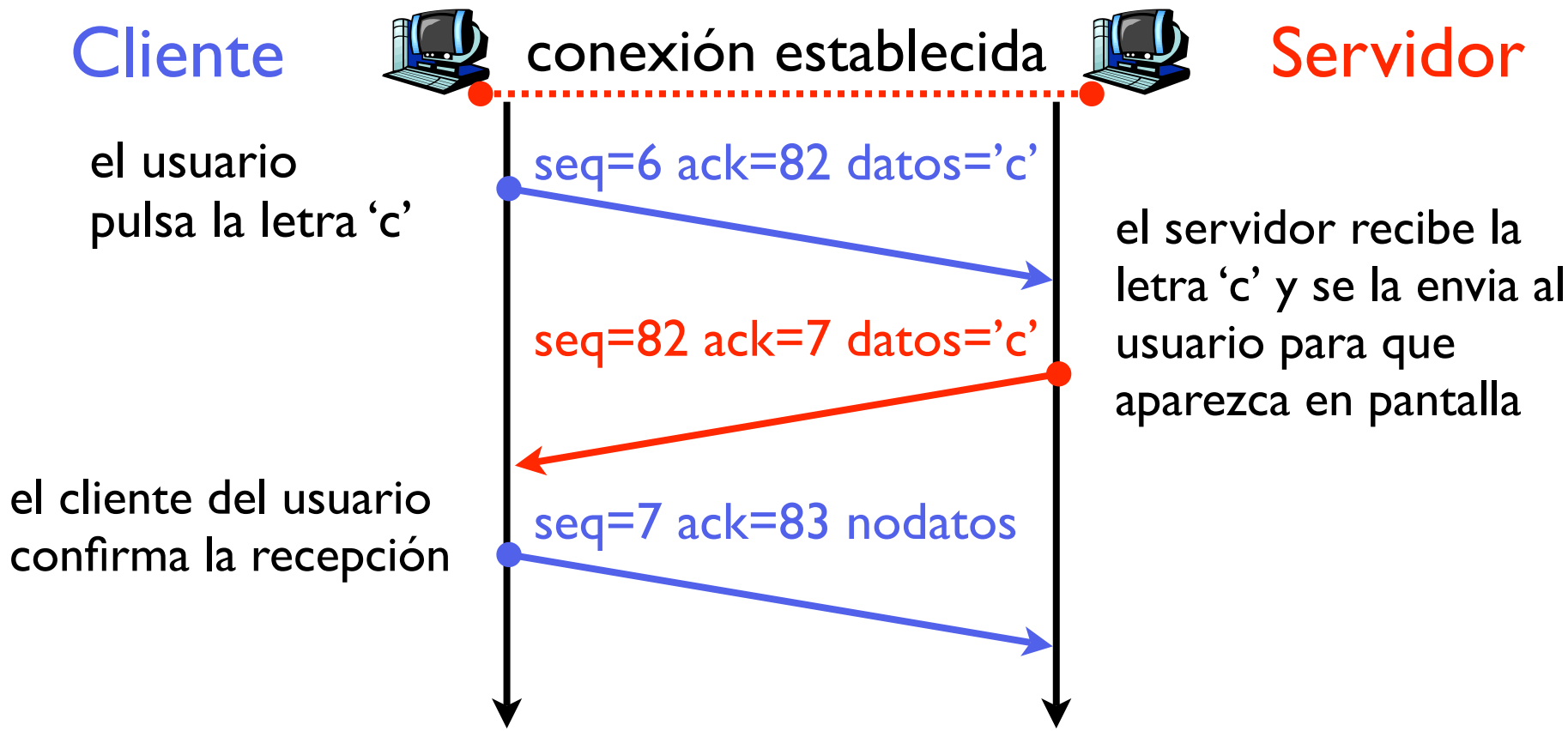
- Secuencia y ACK: campos de 32 bits
  - 4 Gb de datos para dar la vuelta pero solo podemos mandar los que indica la ventana (ventana deslizante)
  - La secuencia no empieza de 0 sino que se genera al azar al principio de cada conexión y para cada sentido
- El campo ACK
  - es valido si esta activado el flag ACK
  - indica la próxima secuencia que el receptor espera recibir

    confirma todos los datos anteriores a ese (del sentido contrario)

    Esto se llama: **cumulative ACK** o **Go back N**
- Si una conexión está transmitiendo en ambos sentidos los ACKs de un sentido van en los paquetes de datos del opuesto **piggyback**
- Si solo transmite en un sentido se enviaran paquetes sin datos solo para enviar el ACK

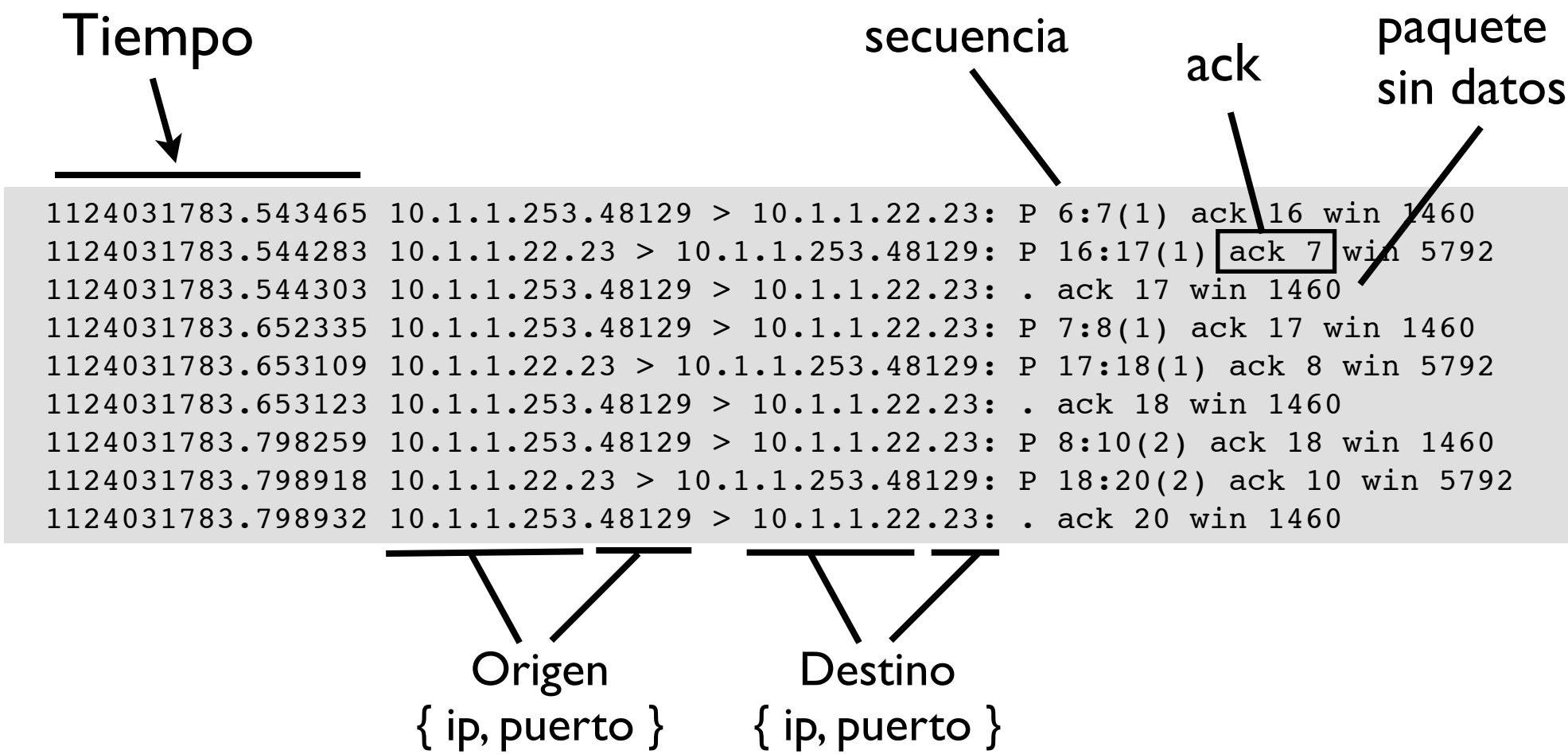
Ejemplo

- Paquetes de un telnet desde 10.1.1.253 a 10.1.1.22



Ejemplo

- Paquetes de un telnet desde 10.1.1.253 a 10.1.1.22
- Usando **`tcpdump`** para ver los paquetes

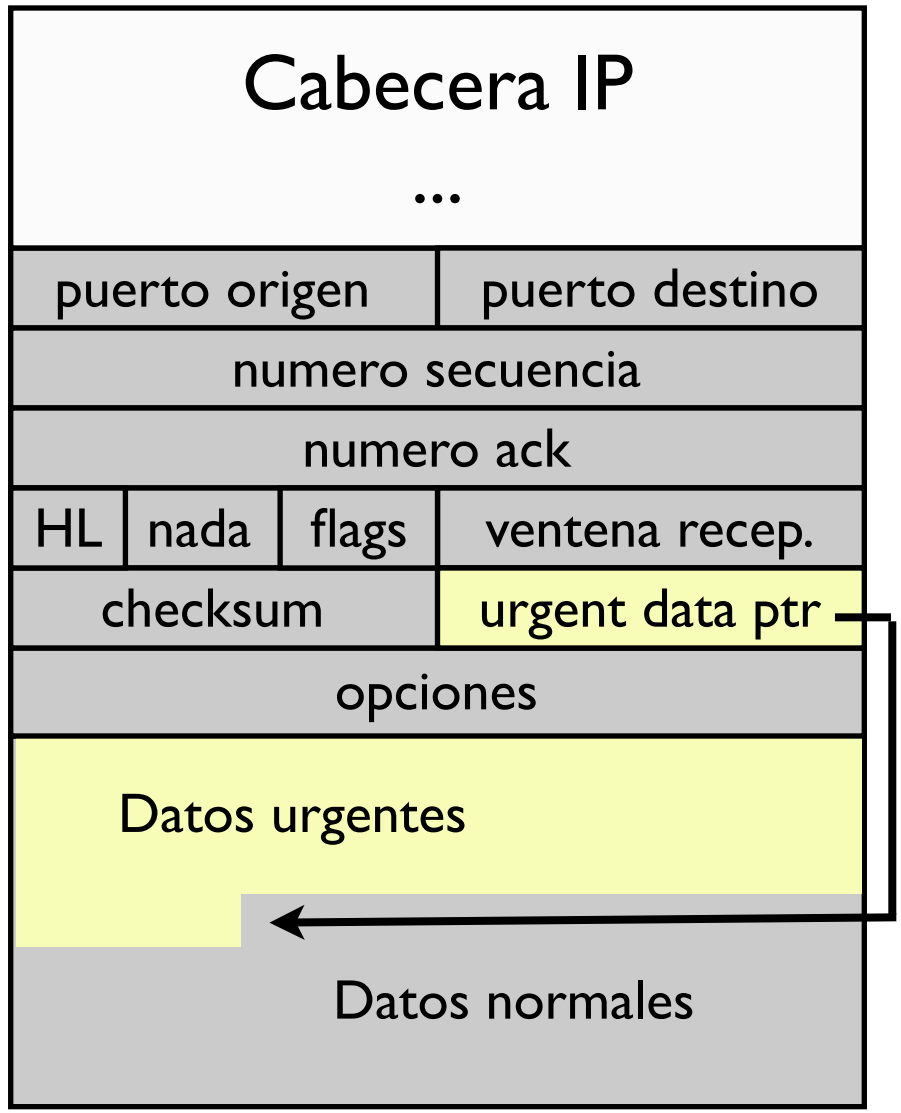


Datos urgentes

- Si URG está activado.
  - El paquete lleva datos urgentes.

    Canal de datos Out-of-band
  - El puntero urgente indica donde acaban los datos urgentes
  - Los datos normales se entregan normalmente en el buffer para la aplicación
  - Los datos urgentes se entregan aparte
- No se usa mucho

  En sockets los datos urgentes hay que pedirlos con setsockopt



Resumen

- TCP es el protocolo de transporte fiable de Internet
  - Multiplexación de procesos usando puertos
  - Más complicado y con mas overhead que UDP
  - Varios tipos de mensajes en un mismo formato de paquete
  - Fiabilidad mediante ventana deslizante, numero de secuencia y ACKs

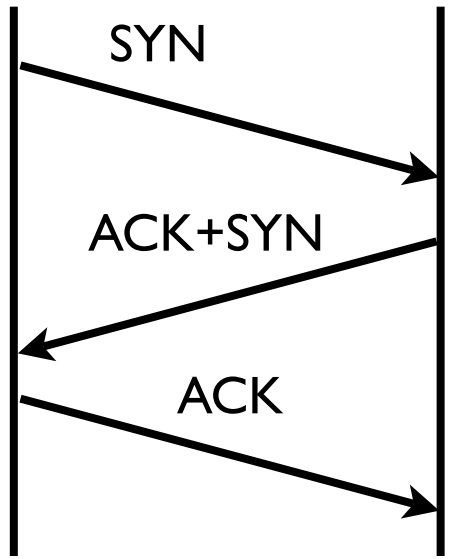
- ¿Como se establecen las conexiones TCP?

TCP: conexiones

- TCP es orientado a conexión
- Previamente a comunicarse datos entre un emisor y un receptor deben negociar un establecimiento de conexión.
  - TCP inicializa sus variables para la conexión y crea los buffers
  - Esto se hace mediante los paquetes que utilizan los flags SYN, FIN y RST
  - Protocolo para establecer la conexión
  - Protocolo para liberar la conexión

TCP: establecimiento de conexión

- Mecanismo: Three way handshake
  - Lado cliente (socket que hace connect)
    envía un paquete sin datos con el flag **SYN**
    Establece el numero de secuencia inicial
  - Lado servidor (socket que hace accept)
    responde con un paquete sin datos con **ACK y SYN**
    Establece el numero de secuencia inicial
  - Lado cliente confirma este paquete con un **ACK**
    Este paquete ya puede llevar datos
  - Al recibir el ACK el servidor puede enviar ya datos



  - Los SYNs gastan un número de secuencia para poder confirmarse con ACKs

Ejemplo

- Otra conexión web...

Los SYNs usan un número de secuencia para poder ser confirmados

```
IP ...177.53656 > ...105.80: S 3482203897:3482203897(0) win 65535
IP ...105.80 > ...177.53656: S 3356369201:3356369201(0) ack 3482203898 win 24616
IP ...177.53656 > ...105.80: . ack 3356369202 win 65535
IP ...177.53656 > ...105.80: P 3482203898:3482204138(240) ack 3356369202 win 65535
IP ...105.80 > ...177.53656: . ack 3482204138 win 24616
IP ...105.80 > ...177.53656: P 3356369202:3356369502(300) ack 3482204138 win 24616
IP ...105.80 > ...177.53656: . 3356369502:3356370950(1448) ack 3482204138 win 24616
IP ...105.80 > ...177.53656: P 3356370950:3356372398(1448) ack 3482204138 win 24616
```

SYN

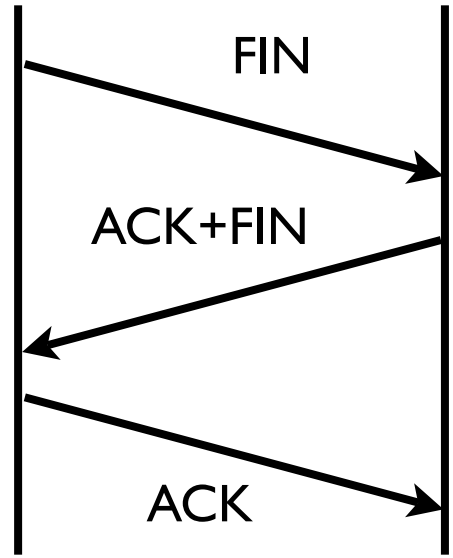
SYN +ACK

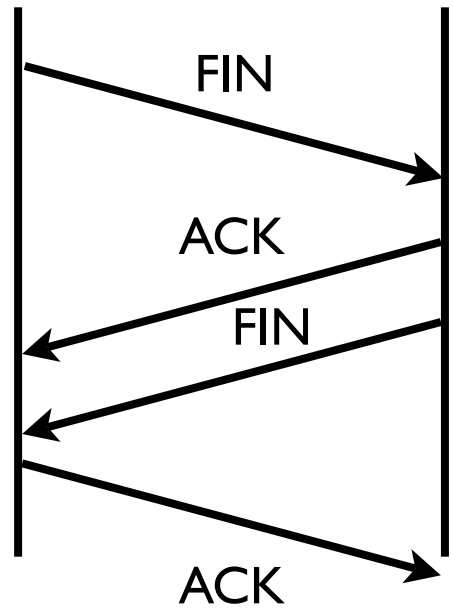
ACK

Aqui empieza la transferencia
Paquete 4

Cierre de la conexión

- Cualquiera de los dos extremos puede iniciarlo
  - Envía un paquete sin datos con el flag **FIN**. Consume también un número de secuencia
  - El otro extremo, confirma enviando un **ACK** e indica que cierra también con otro FIN. Este segundo **FIN** puede ir en el mismo paquete o en otro.
  - El extremo original confirma con un **ACK**



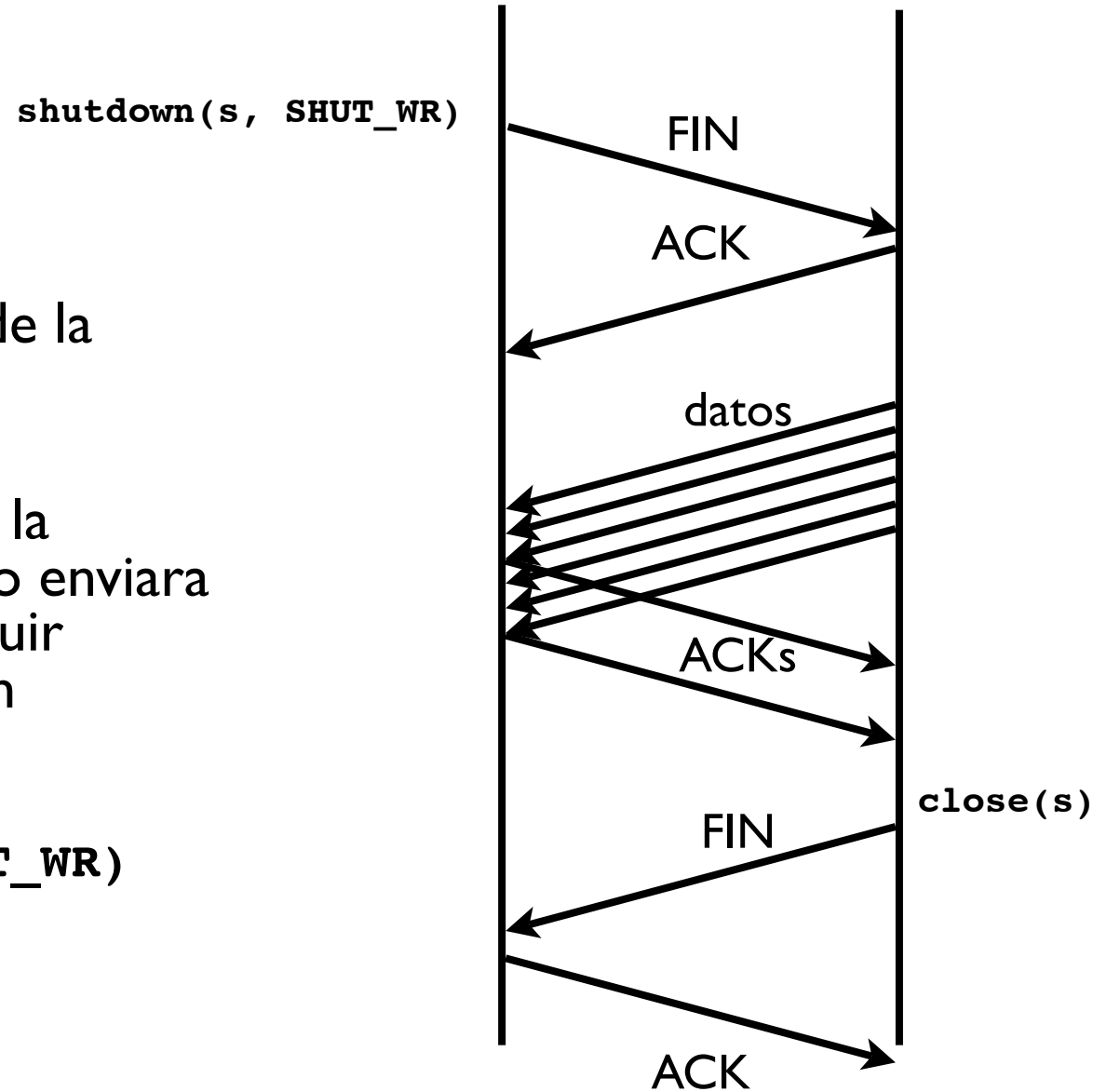


Cierre de la conexión

- Medio cierre
  - El cierre de cada sentido de la conexión es en realidad independiente
  - Un extremo puede cerrar la conexión indicando que no enviara mas datos pero puede seguir recibiendo lo que le envian

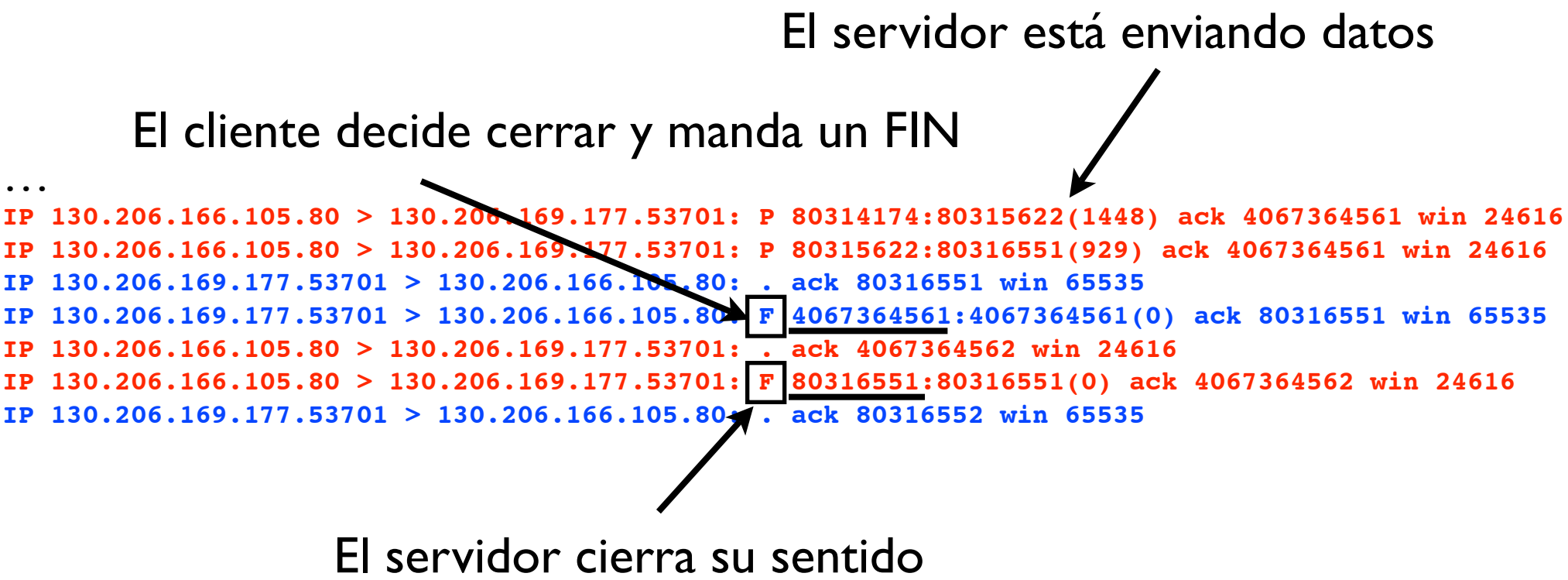
    Recuérdese la funcion:

    ```
    shutdown(socket, SHUT_WR)
    ```



Ejemplo

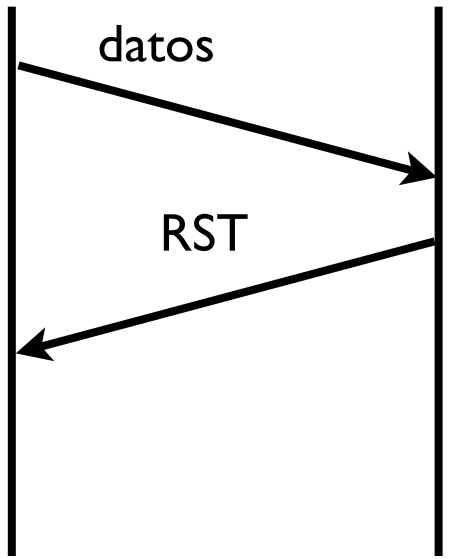
- El final de una conexión web...



TCP: abortar una conexión

- Paquete Reset (RST)
  - Se envía cuando TCP recibe un paquete que es inconsistente con su estado de la conexión

    recibir datos sin tener conexión abierta
  - Le dice al otro extremo que esa conexión no existe y que destruya toda la información de ese estado de conexión
  - También se usa para decir que no hay nadie escuchando un puerto
  - También se puede usar por el nivel de aplicación para cerrar una conexión de forma rápida (setsockopt con la opcion SO_LINGER)
  - El otro extremo no hace falta que conteste nada



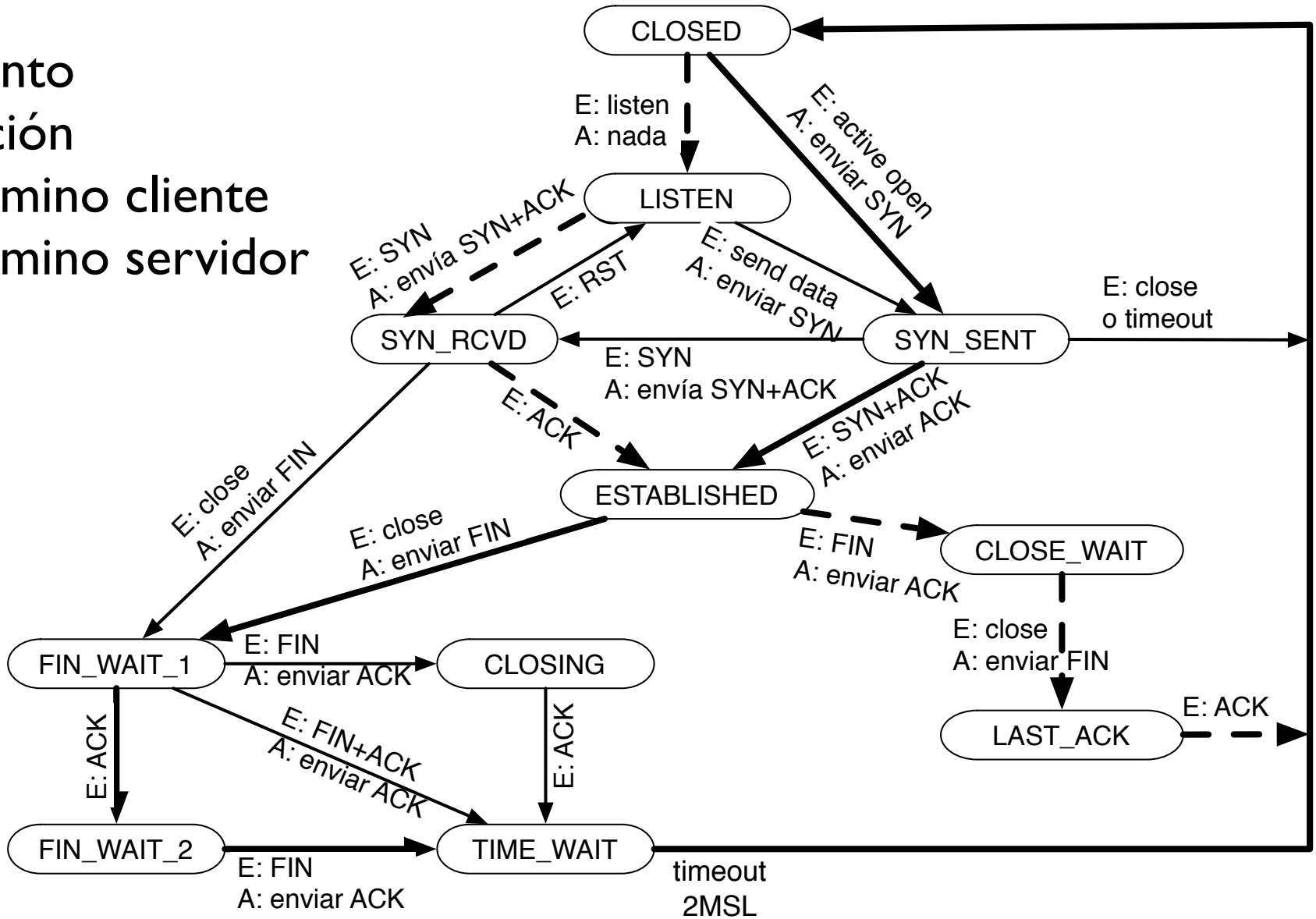
TCP: establecmimiento de conexión

- ¿Qué pasa si se pierden paquetes del establecimiento o del cierre?
  - Tienen un número de secuencia así que se pueden retransmitir. Es como si fueran un byte de datos.
  - Se utiliza retransmisión por timeout
- Retransmision de SYNs
  - **Problema**: normalmente el tiempo de espera depende de los tiempos de ida y vuelta (RTT) que se observan. Al comenzar la conexión no ha habido tiempo de hacer estimaciones del RTT.

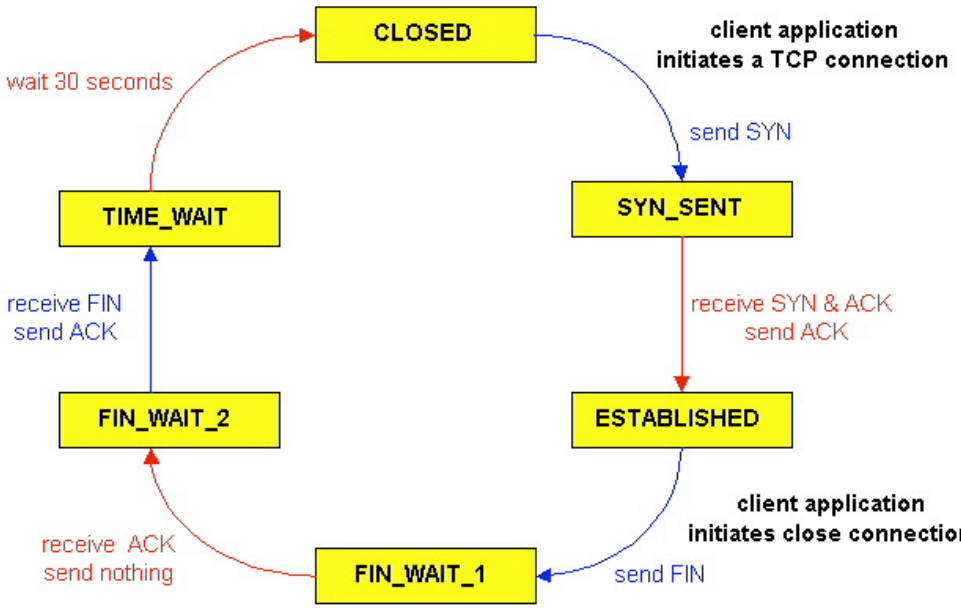
    La mayoría de las implementaciones utilizan un timeout inicial de 6 segundos. Si falla el timeout se pone a 24 segundos y se va doblando
- Retransmision de FINs
  - **Problema**: el sistema operativo no puede deshacerse del estado de la conexión inmediatamente. Tiene que mantenerlo un tiempo por si acaso hacen falta retransmisiones

TCP : Diagrama de estados

E: evento
A: acción
— camino cliente
▪▪▪ camino servidor

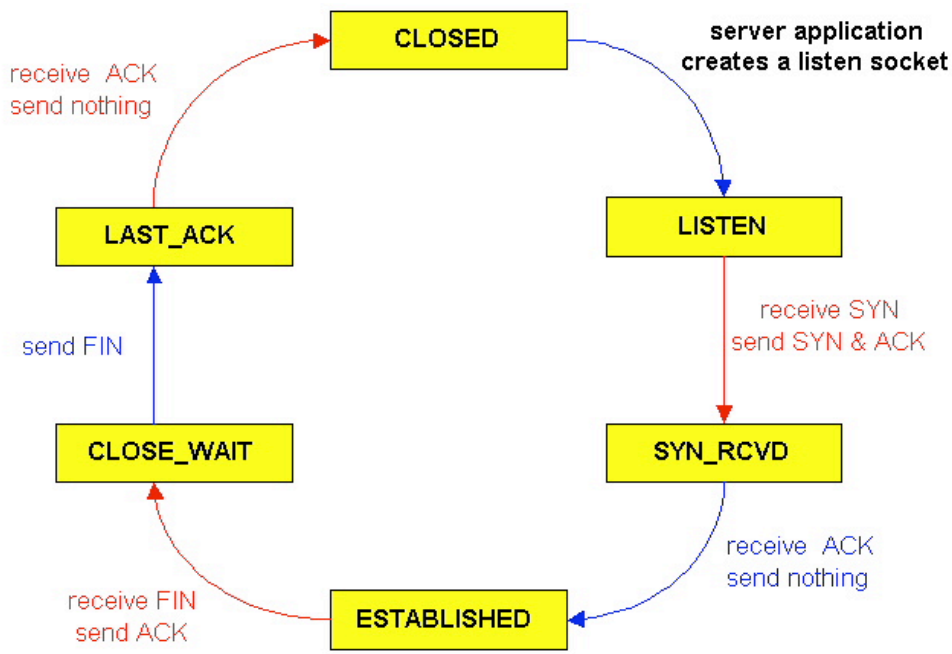


TCP estados



TCP Estados
del cliente

TCP Estados
del servidor

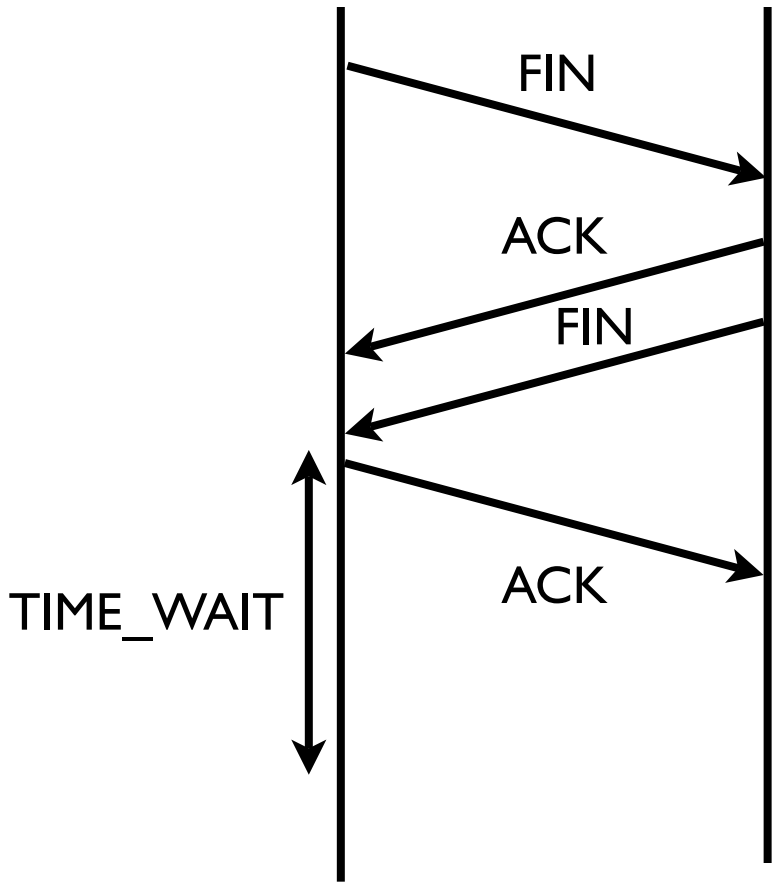


TIME_WAIT

- El extremo que ha enviado el primer FIN
  - Debe mantener el estado de la conexión un tiempo (TIME_WAIT)
  - No puede estar seguro que el otro extremo ha recibido su ACK y podría retransmitir el FIN
  - Cuanto tiempo esperar?

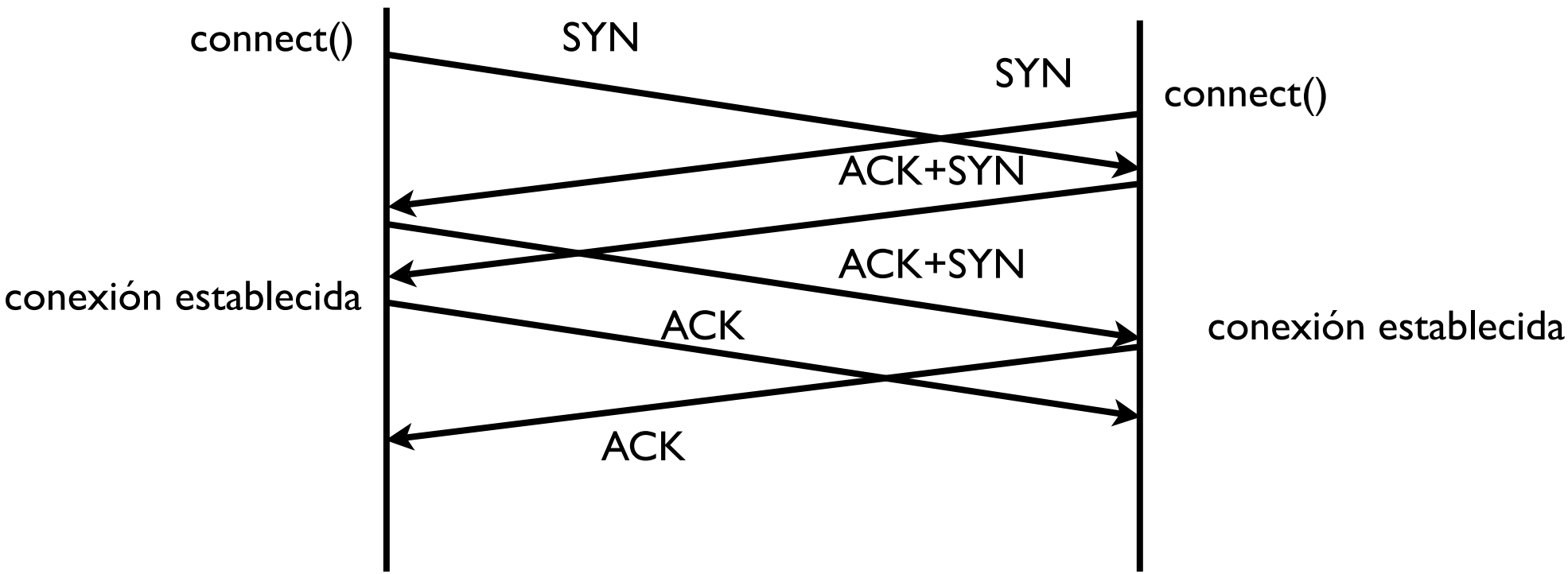
    2MSL (maximum segment lifetime)

  - Qué pasa si llega un segmento de FIN después de eso??



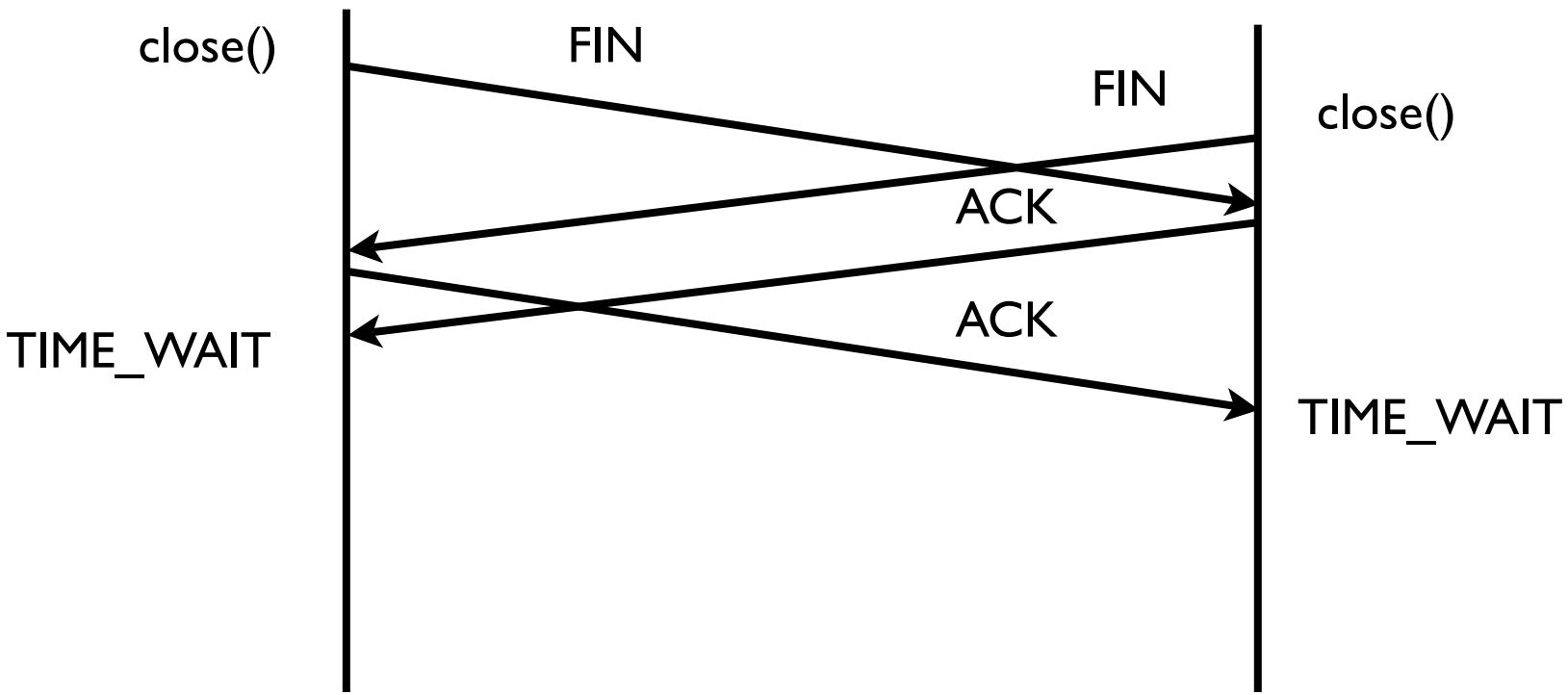
TCP: establecimiento de conexión

- Casos especiales: apertura simultánea
  - Si dos clientes inician simultaneamente una conexión entre ellos
  - Nótese que los dos tienen que usar puertos conocidos por el otro
  - Se usa muy poco



TCP: establecimiento de conexión

- Casos especiales: cierre simultáneo
  - Los dos extremos deciden cerrar a la vez
  - Los dos extremos deben esperar en TIME_WAIT para poder retransmitir el FIN



Control de flujo y congestión

- Control de flujo
  - No quiero enviar tan rápido que cause problemas al receptor [tendra buffer suficiente para guardar lo que le envío?]
  - La **ventana de recepcion** sirve para eso solo mando lo que el receptor me ha autorizado
- Control de congestión
  - No quiero enviar tan rápido que cause problemas a la red
  - Dificil no podemos saber lo que están enviando los demás
  - Podemos observar las perdidas y reaccionar bajando la velocidad cuando hay problemas... [pero esto causa mas problemas]
  - El control de congestion es un problema muy dificl de redes
  - TCP lo hace con ventanas que dependen de las perdidas pero hay mas ideas por ahi...

Conclusiones

- TCP es el protocolo de transporte fiable de Internet
  - Multiplexación de procesos usando puertos
  - Más complicado y con mas overhead que UDP
  - Varios tipos de mensajes en un mismo formato de paquete
  - Fiabilidad mediante ventana deslizante, numero de secuencia y ACKs
- Establecimiento y liberación de conexiones TCP
- Estados de una conexión

Próxima clase:

- Problemas
- Nivel de red