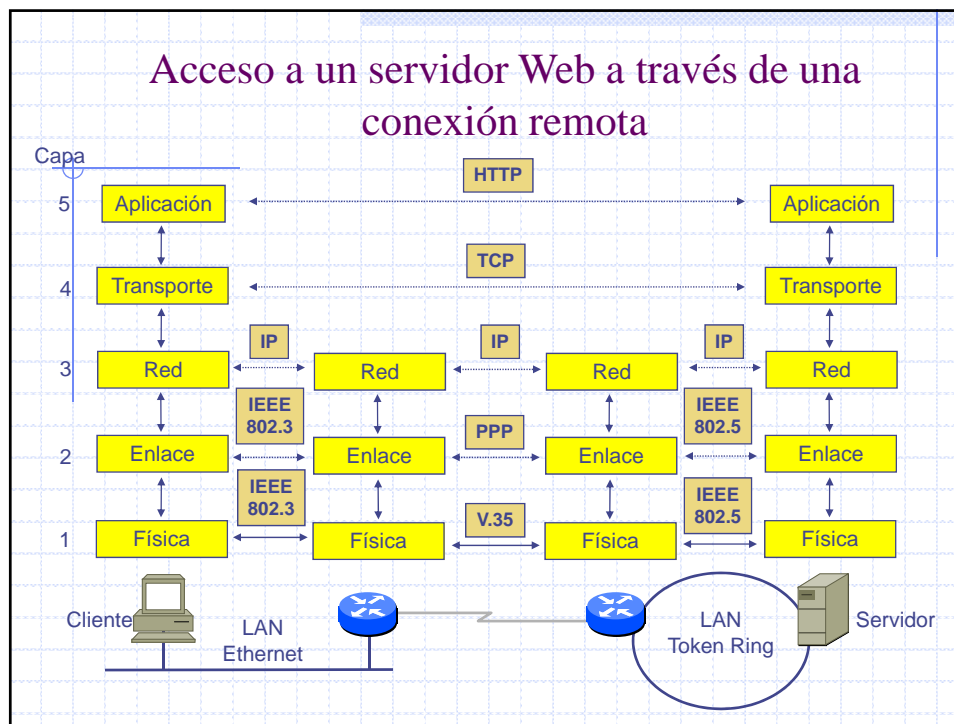


Protocolo TCP

Ing. Gilberto Sánchez Quintanilla

Introducción

- El Protocolo de Control de Transmisión (**TCP** – Transmission Control Protocol), es el protocolo de la **capa de Transporte** que proporciona un servicio de entrega **confiable** de transferencia de datos **de extremo a extremo**.
- Y ofrece un método para pasar datos encapsulados mediante TCP a un protocolo de la capa de aplicación.



Características

■ Orientado a conexión

- ♦ Antes de poder transferir los datos, dos procesos (local y remoto) deben negociar una conexión TCP mediante un proceso de establecimiento de conexión.
- ♦ Las conexiones TCP se cierran formalmente mediante el proceso de finalización de conexión TCP.

Características

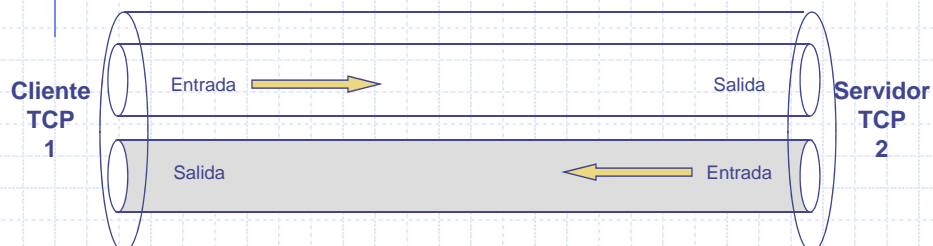
■ Full Duplex

- ♦ Para cada terminal TCP, la conexión TCP está formada por dos canales lógicos: un canal para transmitir datos (salida) y uno para recibir datos (entrada).
- ♦ Con la tecnología adecuada de la capa de Interfaz de Red, la terminal podría transmitir y recibir datos al mismo tiempo.
- ♦ El encabezado TCP contiene el número de secuencia de los datos de salida y un reconocimiento de los datos de entrada.

Características

■ Full Duplex

- ♦ Un circuito lógico bidireccional, full duplex entre dos procesos



Características

■ Fiable

- ♦ En el **transmisor**, los datos enviados en una conexión TCP están secuenciados y se espera un reconocimiento afirmativo por parte del receptor.
- ♦ Si no se recibe ningún reconocimiento, el segmento se transmite de nuevo.
- ♦ En el **receptor**, los segmentos duplicados se descartan y los segmentos que llegan fuera de secuencia se colocan en la secuencia correcta.
- ♦ Siempre se utiliza una suma de comprobación TCP para comprobar la integridad de nivel de bit del segmento TCP.

Características

■ Secuencia de bytes

- ♦ TCP reconoce los datos enviados a través de los canales de entrada y salida como una secuencia continua de bytes.
- ♦ El número de secuencia y el número de reconocimiento en cada encabezado TCP se define en límites de bytes.
- ♦ TCP no reconoce límites de mensajes o registros en la secuencia de bytes.
- ♦ El protocolo de la capa de Aplicación debe proporcionar el análisis correspondiente de la secuencia de bytes de entrada.

Características

■ Control de flujo del emisor y del receptor.

- ♦ Para evitar el envío de demasiados datos a la vez y la saturación de la red IP.
- ♦ TCP implementa control de flujo del emisor que, gradualmente, escala la cantidad de datos a la vez.
- ♦ Para evitar que el emisor envíe datos que el receptor no puede almacenar en buffer.
- ♦ TCP implementa control de flujo del receptor que indica la cantidad de espacio libre en el buffer del receptor.

Características

■ Segmentación de datos de la capa de aplicación.

- ♦ TCP segmenta los datos obtenidos a partir del proceso de la capa de Aplicación para adaptarlos a un datagrama IP enviado por el enlace de la capa de Interfaz de Red.
- ♦ Las terminales TCP intercambian el segmento de tamaño máximo que puede recibir cada uno y ajustan el tamaño máximo del segmento TCP mediante el descubrimiento de la Unidad Máxima de Transferencia de Rutas (PMTU, Path Maximum Transmission Unit)

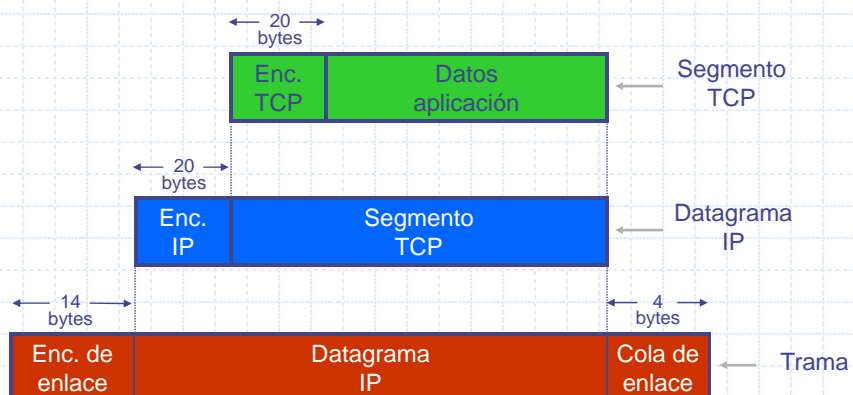
Características

■ Entrega de uno a uno

- ♦ Las conexiones de TCP son un circuito lógico punto a punto entre dos protocolos de la capa de Aplicación.
- ♦ TCP no proporciona un servicio de uno a varios.
- ♦ Normalmente, TCP se utiliza cuando el protocolo de la capa de Aplicación requiere un servicio de transferencia de datos confiable y el protocolo de Aplicación no proporciona este tipo de servicio.

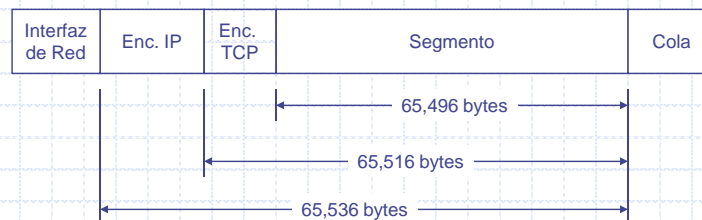
Segmento TCP

- Los segmentos TCP se envían como datagramas IP.



Segmento TCP

- ♦ Un segmento TCP, esta formado por un encabezado TCP y un segmento.
- ♦ Se encapsula con un encabezado IP con el campo protocolo con el valor 6(0x06).
- ♦ El segmento de datos puede tener un tamaño máximo de 65,496 bytes (65,536 menos 20 de encabezado IP y 20 de encabezado TCP).



Segmento TCP

- ♦ El datagrama IP resultante se encapsula con el encabezado y la cola correspondiente al de la Interfaz de Red.
- ♦ En el encabezado IP de los segmentos TCP, el campo Dirección IP de origen está configurada con la dirección de unidifusión de la interfaz de host que ha enviado el segmento TCP.
- ♦ El campo Dirección IP de destino está configurada con la dirección de unidifusión de un host específico.

Encabezado TCP

- El tamaño estándar del encabezado TCP es de 20 bytes y puede ser tan grande como 60 bytes, cuando se manejan opciones las cuales proporcionan alguna funcionalidad que no proporciona el encabezado TCP estándar.
- Los campos del encabezado TCP se definen de la siguiente manera:

Encabezado TCP



Encabezado TCP

■ Puerto Origen

- ♦ Campo de 2 bytes que indica el protocolo de la capa de aplicación de origen que envía el segmento TCP.
- ♦ La combinación de la dirección IP de origen y del puerto origen en el encabezado TCP proporcionan una dirección única y globalmente significativa desde la que se ha enviado el segmento.

Encabezado TCP

■ Puerto de destino

- ♦ Campo de 2 bytes que indica el protocolo de la capa de aplicación de destino.
- ♦ La combinación de la dirección IP de destino del encabezado IP y el puerto de destino del encabezado TCP, proporciona una dirección única y globalmente significativa a la que se envía el segmento.

Encabezado TCP

◆ Puertos TCP

- ◆ Un **puerto TCP** define una **ubicación** para la entrega de datos de una conexión TCP.
- ◆ Cada segmento TCP incluye el **puerto de origen** que indica el **proceso** de la capa de aplicación **desde el que se ha enviado** el segmento y un **puerto de destino** que indica el **proceso** de la capa de aplicación **al que se ha enviado** el segmento.

Encabezado TCP

- ◆ Existen números de puertos asignados por la IANA(Internet Assigned Numbers Authority) a protocolos específicos de la capa de aplicación.

| No. de puerto | Protocolo de la Capa de Aplicación |
|---------------|---|
| 19 | Protocolo de Transferencia de noticias de la red (NNTP) |
| 20 | Servidor FTP (canal de datos – puede ser aleatorio) |
| 21 | Servidor FTP (canal de control) |
| 23 | Servidor Telnet |
| 25 | Protocolo simple de transferencia de correo (SMTP) |
| 80 | Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP; servidor WEB) |
| 139 | Servicio de sesión de NetBIOS |
| 339 | Protocolo ligero de acceso a directorios (LDAP) |
| 445 | Bloque de mensajes del servidor (SMB, Server Message Block) |

Encabezado TCP

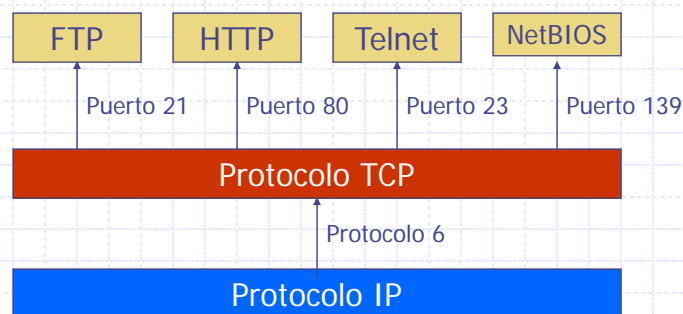
■ Puertos TCP

- ♦ Normalmente, el servidor de un protocolo de la capa de aplicación escucha en el número de puerto conocido.
- ♦ El cliente de un protocolo de la capa de aplicación utiliza el número de puerto, con mayor frecuencia, un número de puerto asignado dinámicamente.
- ♦ Estos números de puerto asignados dinámicamente se utilizan mientras dura el proceso y se conocen como efímeros o de corta duración.

Encabezado TCP

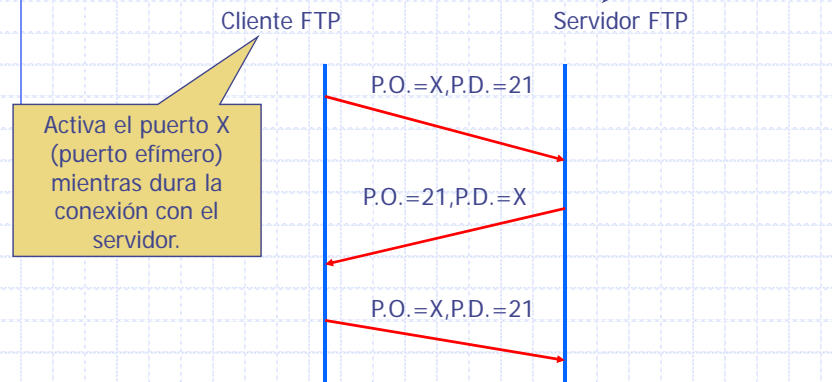
■ Puertos TCP

- ♦ De manera predeterminada, el número máximo de puerto es 5000, para los puertos bien conocidos.



Encabezado TCP

■ Puertos TCP



Encabezado TCP

■ Número de Secuencia

- ♦ Campo de 4 bytes que indica el número de secuencia, basado en **secuencias de bytes de salida del primer octeto del segmento**.
- ♦ El campo número de secuencia siempre está configurado, incluso cuando no hay datos en el segmento.
- ♦ En este caso, el campo número de secuencia se configura con el **número del siguiente octeto de la secuencia de bytes de salida**.

Encabezado TCP

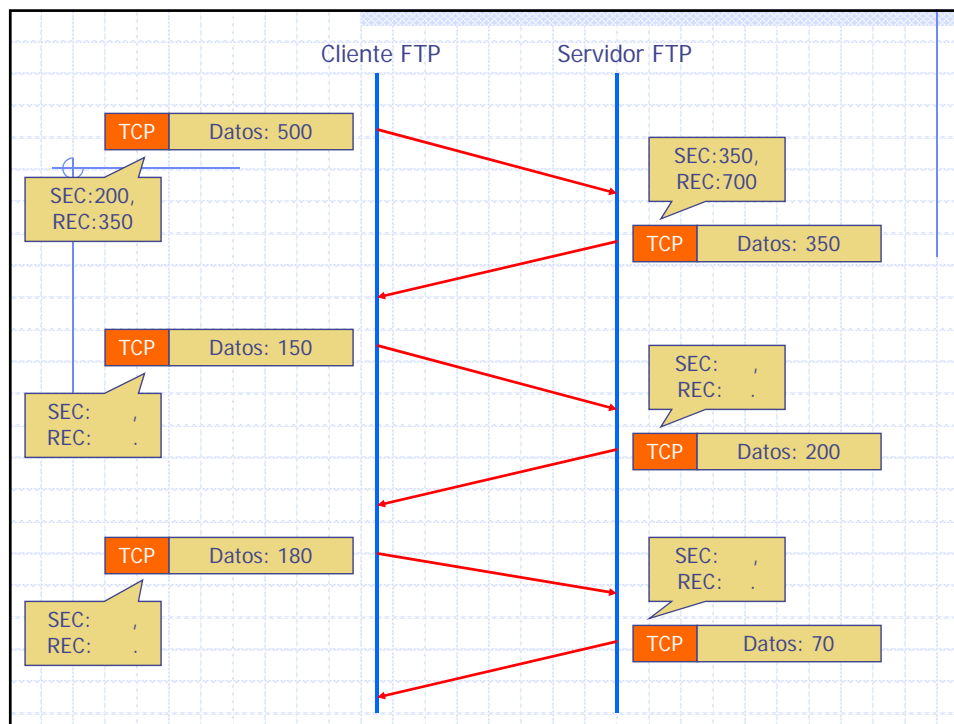
■ Número de Secuencia

- ♦ Al establecer una conexión TCP, los segmentos TCP con un valor de indicador **SYN** (Sincronización) **en 1**, define el campo Número de Secuencia con el **Numero de Secuencia Inicial** (ISN, Inicial Sequence Number).
- ♦ Esto indica que **el primer octeto** de la secuencia de bytes **de salida** enviado en la conexión es **ISN+1**.

Encabezado TCP

■ Número de Reconocimiento

- ♦ Campo de 4 bytes que indica el **número de secuencia del siguiente octeto** de la secuencia de bytes de entrada **que el receptor espera recibir**.
- ♦ El número de reconocimiento proporciona una **confirmación positiva de todos los octetos de la secuencia de bytes** de entrada, aunque sin incluir, el número de reconocimiento.
- ♦ El número de reconocimiento es significativo en todos los segmentos TCP con el indicador **ACK** (Reconocimiento) **en 1**.



Encabezado TCP

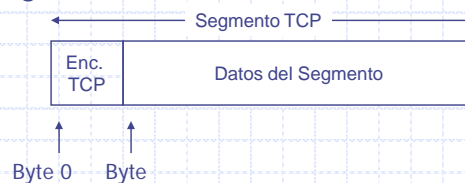
■ Desplazamiento de datos (Tamaño del encabezado TCP)

- ♦ Campo de 4 bits que indica dónde comienza el segmento TCP.
- ♦ Este campo, también tiene el tamaño del encabezado TCP.
- ♦ Como es en el caso del encabezado IP, el campo Desplazamiento de datos es el número de bloques de 4 bytes del encabezado TCP.

Encabezado TCP

■ Desplazamiento de datos (Tamaño del encabezado TCP)

- ♦ Para el encabezado TCP estándar (sin opciones), el campo Desplazamiento de datos está configurado como 5 (0x5), lo que indica que los datos del segmento empiezan en el byte 20 (5x4), empezando por el principio del segmento.



Encabezado TCP

■ Reservado

- ♦ Campo de 6 bits reservado para su futura utilización
- ♦ El emisor configura estos bits como 0.

Encabezado TCP

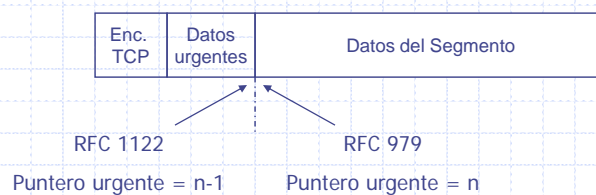
■ Indicadores

- ♦ Campo de 6 bits que indica 6 indicadores TCP.
- ♦ Los seis indicadores son:
 - ♦ URG – Urgente
 - ♦ ACK – Reconocimiento
 - ♦ PSH – (Apilar)
 - ♦ RST – Restablecer
 - ♦ SYN – Sincronía
 - ♦ FIN – Finalizar

Encabezado TCP

■ Indicador **URG**

- ♦ Indica que la parte del segmento TCP contiene datos urgentes y se debería utilizar el campo Puntero urgente para determinar la ubicación de los datos urgentes en el segmento.



Encabezado TCP

■ Puntero Urgente

- ♦ Los datos normales enviados en una conexión de TCP son datos correspondientes a los datos de la secuencia de bytes de entrada y salida.
- ♦ En algunos casos de transferencia de datos, debe existir un modo de enviar datos de control para interrumpir un proceso o informar al protocolo de la capa de aplicación de eventos asíncronos.
- ♦ Estos datos de control se denominan **datos fuera de banda**, es decir, datos que no forman parte de la secuencia de bytes de TCP.

Encabezado TCP

■ Datos urgentes

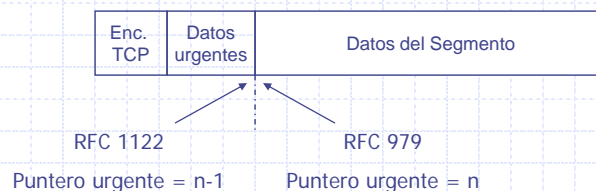
- ♦ Los datos fuera de banda para las conexiones TCP pueden implementarse de las siguientes maneras.
- ♦ **Utilizar una conexión TCP distinta para los datos fuera de banda:** La conexión TCP separada envía ordenes de control e información de estado sin combinarlas en la secuencia de datos de la conexión de datos.
- ♦ Este es el método utilizado por FTP.

Encabezado TCP

- ♦ FTP utiliza una conexión TCP en el puerto 21 para ordenes de control como **login**, **get** (descarga de archivo al cliente FTP) y **put** (carga de archivo al servidor FTP) y una conexión diferente en el puerto 20 (o aleatorio) para el envío y recepción de datos de archivos.
- ♦ **Utilizar datos urgentes.** Los datos urgentes TCP se envían en la misma conexión TCP que los datos. Los datos urgentes TCP se indican configurando el indicador urgente URG, y los datos urgentes se distinguen de los datos no urgentes mediante el campo puntero urgente.

Encabezado TCP

- ♦ Los datos urgente del segmento TCP deben procesarse antes que los datos no urgentes.
- ♦ Los datos urgentes son utilizados por el protocolo Telnet para enviar órdenes de control, aunque la ventana de recepción anunciada del servidor Telnet sea cero.



Encabezado TCP

■ Indicador **ACK**

- ♦ Indica que el campo reconocimiento contiene el siguiente octeto esperado en la conexión.
- ♦ El indicador ACK siempre esta configurado, excepto para el primer segmento de establecimiento de conexión TCP.

Encabezado TCP

■ Indicador **PSH**

- ♦ Indica que el contenido del buffer de recepción TCP debería pasar al protocolo de aplicación.
- ♦ Los datos del buffer de recepción deben estar formados por un bloque contiguo de datos a partir del extremo izquierdo del buffer.
- ♦ En otras palabras, no debe faltar ningún segmento de la secuencia de bytes hasta el segmento que contiene el indicador PSH; los datos no pueden pasar al protocolo de capa de aplicación hasta que lleguen los segmentos que faltan.

Encabezado TCP

■ Indicador **RST**

- ♦ Indica que la conexión se ha anulado.
- ♦ Para conexiones activas, un segmento TCP con el indicador RST = 1, se envía como respuesta a un segmento TCP recibido en la conexión incorrecta, provocando que la conexión no funcione.
- ♦ El envío de un segmento RST para una conexión activa finaliza la conexión, provocando la pérdida de los datos almacenados en los buffers de envío y recepción o en tránsito.

Encabezado TCP

■ Indicador **SYN**

- ♦ Indica que el segmento contiene un ISN.
- ♦ Durante el proceso de establecimiento de la conexión TCP, TCP envía un segmento TCP con el indicador SYN configurado. Cada terminal TCP reconoce la recepción del indicador SYN tratándolo como si fuera un único byte de datos.
- ♦ El campo Número de Reconocimiento para el reconocimiento del segmento SYN se configura como ISN+1.

Encabezado TCP

■ Indicador **FIN**

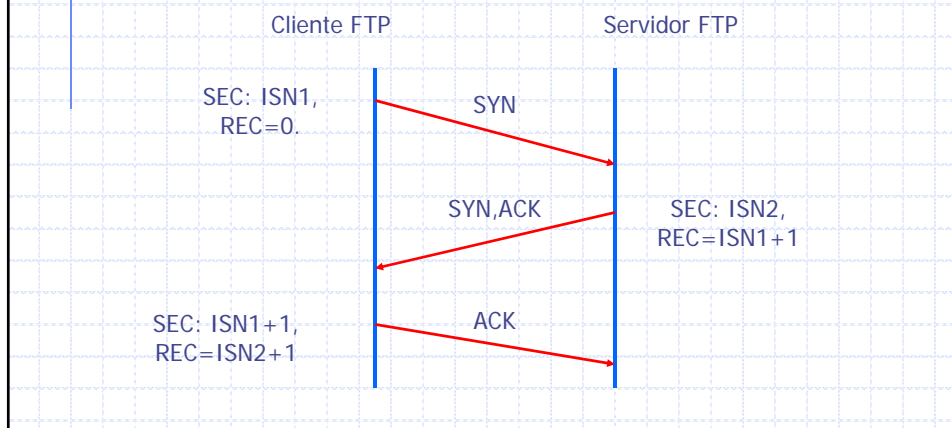
- ♦ Indica que el emisor del segmento TCP ha terminado de enviar los datos en la conexión.
- ♦ Cuando una conexión TCP finaliza correctamente, cada terminal TCP envía un segmento TCP con el indicador $FIN = 1$.
- ♦ Una terminal TCP no envía un segmento TCP con el indicador $FIN = 1$ hasta que se han enviado todos los datos pendientes a la otra terminal TCP y se han confirmado.
- ♦ Cada terminal TCP reconoce la recepción del indicador FIN tratándolo como si fuera un único byte de datos.

Conexión TCP

- Se establece mediante un protocolo de negociación en el que las dos terminales TCP acuerdan crear una conexión TCP
- Se mantiene durante un proceso periódico que asegura que las dos terminales estén activas en la conexión.
- Finalizan mediante un protocolo de negociación en el que las dos terminales TCP acuerdan cerrar la conexión.

Conexión TCP

■ Establecimiento de conexión positiva



■ Establecimiento de conexión positiva

Envío de establecimiento de conexión (SYN) e ISN1

```

0000 00 14 d1 c2 38 be 00 18 e7 33 3d c3 08 00 45 00 ....8... .3=...E.
0010 00 30 94 71 40 00 80 06 f9 8c c0 a8 02 3c 4a 7d .0.q@... .....<J}
0020 5f 68 10 52 00 50 03 c7 5a a1 00 00 00 00 70 02 _h.R.P.. Z....p.
0030 40 00 67 4b 00 00 02 04 05 b4 01 01 04 02 @.gK.... .....
```

Envío de reconocimiento = ISN1+1 (ACK). Envío de sincronía (SYN) e ISN2

```

0000 00 18 e7 33 3d c3 00 14 d1 c2 38 be 08 00 45 00 ...3=... .8...E.
0010 00 30 99 7d 00 00 36 06 7e 81 4a 7d 5f 68 c0 a8 .0.}..6. ~.J}_h..
0020 02 3c 00 50 10 52 b4 36 45 bf 03 c7 5a a2 70 12 .<.P.R.6 E...Z.p.
0030 16 58 97 0a 00 00 02 04 05 96 01 01 04 02 .X..... .....
```

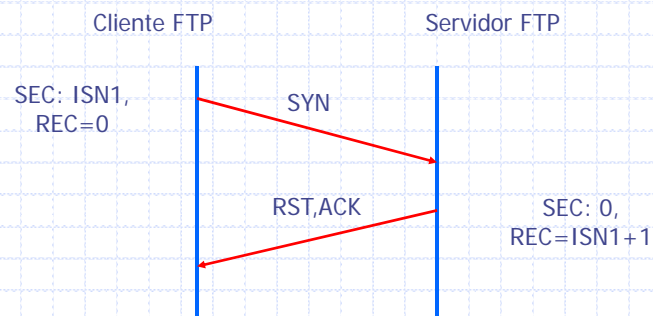
Envío de reconocimiento = ISN2+1 (ACK)

```

0000 00 14 d1 c2 38 be 00 18 e7 33 3d c3 08 00 45 00 ....8... .3=...E.
0010 00 28 94 8d 40 00 80 06 f9 78 c0 a8 02 3c 4a 7d .(..@... .x...<J}
0020 5f 68 10 52 00 50 03 c7 5a a2 b4 36 45 c0 50 10 _h.R.P.. Z..6E.P.
0030 43 08 97 00 00 00 C.....
```

Conexión TCP

■ Establecimiento de conexión negativa



■ Establecimiento de conexión negativa

Envío de establecimiento de conexión

```

0000 00 14 d1 c2 38 be 00 18 e7 33 3d c3 08 00 45 00 ....8... .3=...E.
0010 00 30 54 0e 40 00 80 06 40 e8 c0 a8 02 3c bd 82 .0T.@... @....<..
0020 e5 6a 0b 16 81 2e e9 b8 89 44 00 00 00 70 02 .j..... .D....p.
0030 40 00 de 0b 00 00 02 04 05 b4 01 01 04 02 @,..... .....
```

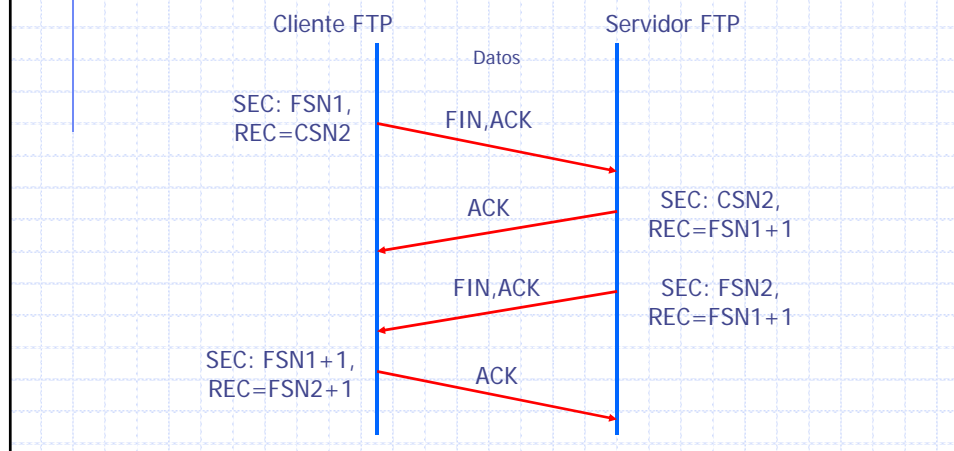
Envío de rechazo de conexión

```

0000 00 18 e7 33 3d c3 00 14 d1 c2 38 be 08 00 45 00 ...3=... ..8...E.
0010 00 3f 78 34 40 00 f8 06 a4 b2 bd 82 e5 6a c0 a8 .?x4@... .....j..
0020 02 3c 81 2e 0b 16 00 00 00 00 e9 b8 89 45 50 14 .<..... .....EP.
0030 00 00 75 8a 00 00 47 6f 20 61 77 61 79 2c 20 77 ..u...Go away, w
0040 65 27 72 65 20 6e 6f 74 20 68 6f 6d 65 e're not home
```

Conexión TCP

■ Finalización de la conexión TCP



■ Finalización de la conexión

Envío de fin de la conexión (FSN1) y del reconocimiento de datos (CSN2)

```

0000 00 18 e7 33 3d c3 00 01 f4 43 c9 19 08 00 45 00 ...3=... .C....E.
0010 00 28 47 ac 00 00 32 06 a8 11 40 e9 a9 68 94 cc .(G...2. ..@..h..
0020 19 f5 00 50 08 3a 6a 66 ac c7 42 fe d8 4a 50 11 ...P.:jf ..B..JP.
0030 24 90 b7 2f 00 00 00 00 00 00 00 00 $../.... ...

```

Envío del reconocimiento del fin de conexión (FSN1+1)

```

0000 00 01 f4 43 c9 19 00 18 e7 33 3d c3 08 00 45 00 ...C.... .3=...E.
0010 00 28 f6 18 40 00 80 06 6b a4 94 cc 19 f5 40 e9 .(..@... k.....@.
0020 a9 68 08 3a 00 50 42 fe d8 4a 6a 66 ac c8 50 10 .h.:.PB. .Jjf..P.
0030 42 0e 99 b1 00 00 B.....

```


■ Finalización de la conexión

Envío del fin de la conexión (FSN2)

```

0000 00 01 f4 43 c9 19 00 18 e7 33 3d c3 08 00 45 00 ...C.... .3=...E.
0010 00 28 f6 2a 40 00 80 06 6b 92 94 cc 19 f5 40 e9 ..(*@... k.....@.
0020 a9 68 08 3a 00 50 42 fe d8 4a 6a 66 ac c8 50 11 .h.:.PB. .Jjf..P.
0030 42 0e 99 b0 00 00                                B.....

```

Envío del reconocimiento del fin de conexión (FSN2+1)

```

0000 00 18 e7 33 3d c3 00 01 f4 43 c9 19 08 00 45 00 ...3=... .C....E.
0010 00 28 47 ae 00 00 32 06 a8 0f 40 e9 a9 68 94 cc .(G...2. ..@..h..
0020 19 f5 00 50 08 3a 6a 66 ac c8 42 fe d8 4b 50 10 ...P.:jf ..B..KP.
0030 24 90 b7 2e 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 $......

```

Encabezado TCP

■ Ventana

- ◆ Campo de 2 bytes que indica el número de bytes de espacio disponible en el buffer de recepción del emisor de este segmento.
- ◆ El buffer de recepción se utiliza para almacenar la secuencia de bytes de entrada.
- ◆ Al anunciar el tamaño de la ventana con cada segmento, un receptor TCP indica al emisor la cantidad de datos que se pueden enviar y almacenar correctamente en el buffer.

Encabezado TCP

■ Ventana

- ♦ El emisor no debería enviar mas datos de los que caben en el buffer del receptor.
- ♦ Si no hay más espacio en el buffer del receptor, se anuncia un tamaño de ventana de 0 bytes.
- ♦ Con un tamaño de ventana 0, el emisor no puede enviar más datos hasta que el tamaño de la ventana sea un valor distinto de cero.
- ♦ El anuncio de la ventana es una implementación del control de flujo del receptor.

Encabezado TCP

■ Opciones

- ♦ Se pueden agregar una o mas opciones TCP al encabezado TCP, pero debe hacerse en incrementos de 4 bytes para que el tamaño del encabezado TCP pueda indicarse con el campo Desplazamiento de datos.

Ejemplo de trama TCP

■ Analizar los campos del encabezado TCP

```

0000  00 18 e7 33 3d c3 00 01 f4 43 c9 19 08 00 45 00  ...3=... .C....E.
0010  00 a5 47 a6 00 00 32 06 a7 9a 40 e9 a9 68 94 cc  ..G...2. ...@..h..
0020  19 f5 00 50 08 3a 6a 66 ab cd 42 fe d5 80 50 18  ...P.:jf ..B...P.
0030  1e f0 4c b1 00 00 48 54 54 50 2f 31 2e 31 20 33  ..L...HT TP/1.1 3
0040  30 34 20 4e 6f 74 20 4d 6f 64 69 66 69 65 64 0d  04 Not M odified.
0050  0a 4c 61 73 74 2d 4d 6f 64 69 66 69 65 64 3a 20  .Last-Mo dified:
0060  57 65 64 2c 20 30 37 20 4a 75 6e 20 32 30 30 36  Wed, 07 Jun 2006
0070  20 31 39 3a 34 33 3a 33 32 20 47 4d 54 0d 0a 44  19:43:3 2 GMT..D
0080  61 74 65 3a 20 54 75 65 2c 20 32 38 20 4f 63 74  ate: Tue , 28 Oct
0090  20 32 30 30 38 20 32 32 3a 34 36 3a 35 33 20 47  2008 22 :46:53 G
00a0  4d 54 0d 0a 53 65 72 76 65 72 3a 20 67 77 73 0d  MT...Serv er: gws.
00b0  0a 0d 0a  ...

```

Opciones TCP

■ Se utilizan para ampliar la funcionalidad de TCP

- ◆ Negociar el tamaño máximo del segmento .
- ◆ Escalar el tamaño de la ventana.
- ◆ Realizar confirmaciones selectivas.
- ◆ Registrar marcas de fecha y hora.
- ◆ Proporcionar relleno para limites de 4 bytes.

Opciones TCP

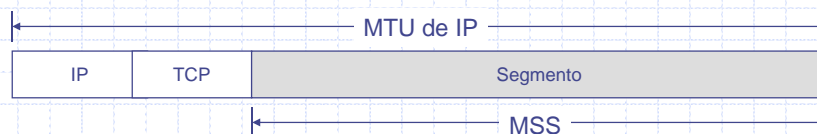
■ Lista de opciones final y Sin operación

- ♦ **Lista de opción final.** Un byte configurado como 0 (0x00), lo que indica que no hay ninguna otra opción.
- ♦ **Sin operación.** Un byte configurado como 1 (0x01), que se utiliza entre opciones TCP para una alineación de 4 bytes. No es utilizada.

Opciones TCP

■ Tamaño máximo de segmento (MSS)

- ♦ Es el segmento más largo que se puede enviar en la conexión.
- ♦ Para obtener el MSS, se debe tomar el MTU de IP y restar el tamaño del encabezado IP y del encabezado TCP (sin opciones).



Opciones TCP

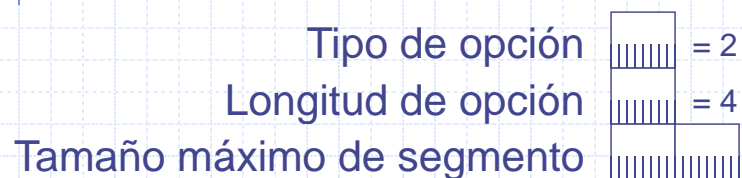
■ Tamaño máximo de segmento

- ♦ Se utiliza para comunicar el MSS de un receptor.
- ♦ La opción MSS TCP sólo se incluyen en segmentos TCP con el indicador SYN configurado durante el proceso de establecimiento de conexión TCP.

Opciones TCP

■ Tamaño máximo de segmento

- ♦ Los campos de la opción MSS se definen de la siguiente manera



Opciones TCP

■ Tamaño máximo de segmento

Envío de establecimiento de conexión (SYN) e ISN1

```

0000 00 14 d1 c2 38 be 00 18 e7 33 3d c3 08 00 45 00  ....8... .3=...E.
0010 00 30 94 71 40 00 80 06 f9 8c c0 a8 02 3c 4a 7d  .0.q@... .....<J}
0020 5f 68 10 52 00 50 03 c7 5a a1 00 00 00 00 70 02  _h.R.P.. Z.....p.
0030 40 00 67 4b 00 00 02 04 05 b4 01 01 04 02  @.gK.... .....

```

Sin operación:
Realiza la alineación
para bloques de 4
bytes.

Opciones TCP

■ Confirmación selectiva

- ♦ Confirma selectivamente los bloques de datos no contiguos que se han recibido.
- ♦ Cuando el emisor recibe una confirmación selectiva, puede retransmitir los bloques perdidos, evitando que el emisor espere hasta que haya transcurrido el tiempo de espera de retransmisión para los segmentos no confirmados y que retransmita segmentos que han llegado correctamente.

Opciones TCP

■ SACK-Permitida

Tipo de opción = 4
Longitud de opción = 2

```

0000 00 60 97 02 6d 3d 00 60 97 02 6e 8f 08 00 45 00  .`..m=.`...n...E.
0010 00 30 28 ea 40 00 80 06 4f fb c0 a8 00 91 c0 a8  .0(.@... O.....
0020 00 01 04 8a 00 15 ea 22 4d 2c 00 00 00 00 70 02  ..... " M,....p.
0030 40 00 85 4e 00 00 02 04 05 b4 01 01 04 02      @..N....
  
```

Opciones TCP

■ Opción SACK

- ♦ Se envía cuando es necesario en segmentos de la conexión abierta con el indicador ACK configurado.

Tipo de opción = 5
Longitud de opción = 16

| | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Extremo izq. del 1er. bloque | Extremo der. del 1er. bloque | Extremo izq. del 2do. bloque | Extremo der. del 2do. bloque |
| Extremo izq. del 2do. bloque | Extremo der. del 2do. bloque | Extremo izq. del 3do. bloque | Extremo der. del 3do. bloque |
| Extremo izq. del 3do. bloque | Extremo der. del 3do. bloque | Extremo izq. del 4do. bloque | Extremo der. del 4do. bloque |
| Extremo izq. del 4do. bloque | Extremo der. del 4do. bloque | Extremo izq. del 5do. bloque | Extremo der. del 5do. bloque |

...

Opciones TCP

■ Opción SACK

```

0000  8c 04 c8 bd a3 82 00 00 50 7d 83 80 08 00 45 00  . . . . . P} . . . . E.
0010  00 40 fa 0d 40 00 80 06 c2 2a 9d 36 15 fd ac 1f  . @ . . . . . * . 6 . . .
0020  df 2c 04 da 00 8b 00 0e 1e 6d 03 48 0c 7a b0 10  . , . . . . . m . H . z . .
0030  7f ff 43 6e 00 00 01 01 08 0a 00 00 29 04 00 07  . . Cn . . . . . ) . . .
0040  a6 3f 01 01 05 0a 03 48 12 22 03 48 23 1a      . ? . . . . H . " . H # .

```