Tema 4
Sockets: Un interfaz con TCP/IP

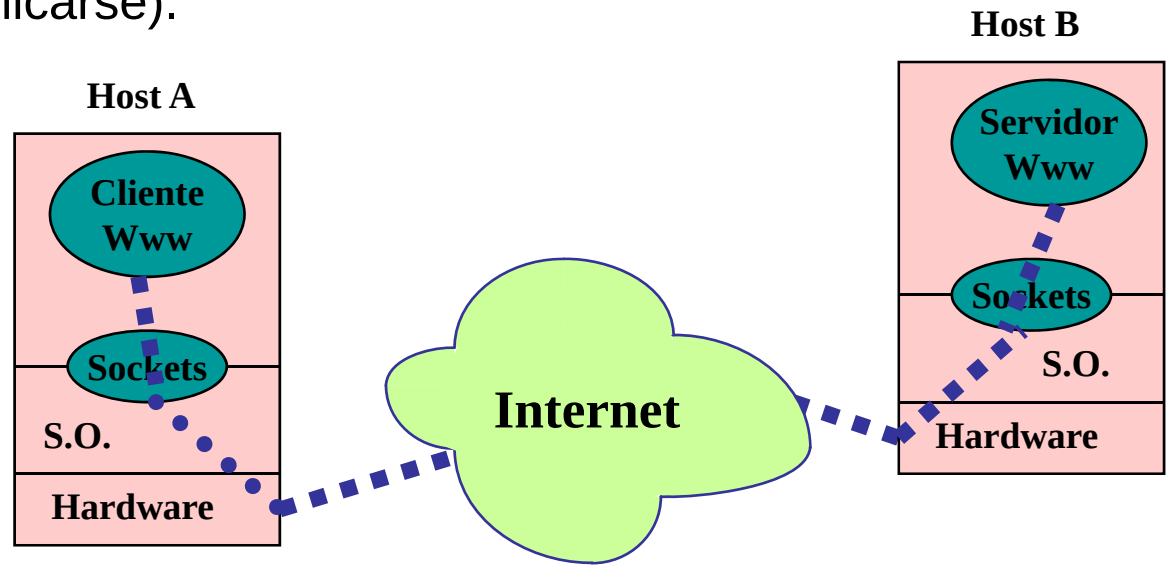
Capítulos:

- **Introducción. Conceptos básicos.**
- **Dirección de un socket.**
- **Llamadas básicas de los sockets.**
- **Diferencias entre BSD-Sockets y WinSockets.**
- **Asignación de puertos a procesos.**
- **Atributos de los sockets.**

Bibliografía
[COM06] “Internetworking with TCP/IP”, Cap. 21

Las aplicaciones en Internet.

- Utilizan los **servicios** de **TCP/IP**.
  - Servicio **con conexión**: TCP.
  - Servicio **sin conexión**: UDP.
- Diseño basado en el **modelo cliente-servidor**.
  - Por cada aplicación tendremos el proceso del cliente y el del servidor (ambos utilizan el interfaz de los *sockets* para comunicarse).



Las aplicaciones en Internet

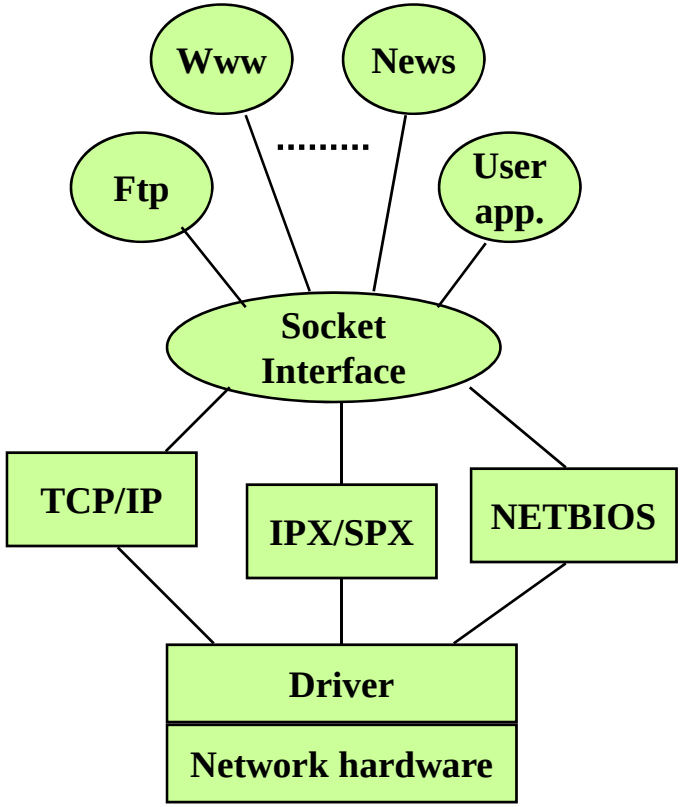
- El **cliente** suele ser usado por el usuario, el cual dirige las peticiones de servicio hacia el servidor seleccionado.
  - Ej.: Clientes WWW: NetScape, IExplorer, Mozilla, etc...

- El **servidor** debe permanecer siempre en marcha esperando las peticiones de servicio de los clientes en un puerto bien-conocido.
  - Ej.: Servidores WWW: IIS (NT y W2000), NCSA, Apache, etc.

Introducción. Conceptos básicos

- Orígenes:
  - Introducir TCP/IP en un sistema BSD UNIX (~1980).
  - Necesidad de un interfaz entre las aplicaciones y una arquitectura de red.
- Sockets: Un interfaz genérico.
  - Interfaz estándar.
  - Portabilidad de aplicaciones.
  - Diferentes pilas de protocolos.

Define una librería de primitivas que acceden a los servicios de las pilas de protocolos de un host.



Introducción. Conceptos básicos

- Aunque el interfaz de los sockets fue escrito inicialmente para máquinas UNIX, hoy en día se ha llevado a otros S.O's (Mac, MsWin, OS2, etc.).

- En todos ellos se describe un interfaz "básico" idéntico al original de UNIX*,
  - Las mismas primitivas con los mismos parámetros.
  - Tipos y estructuras de datos idénticos.

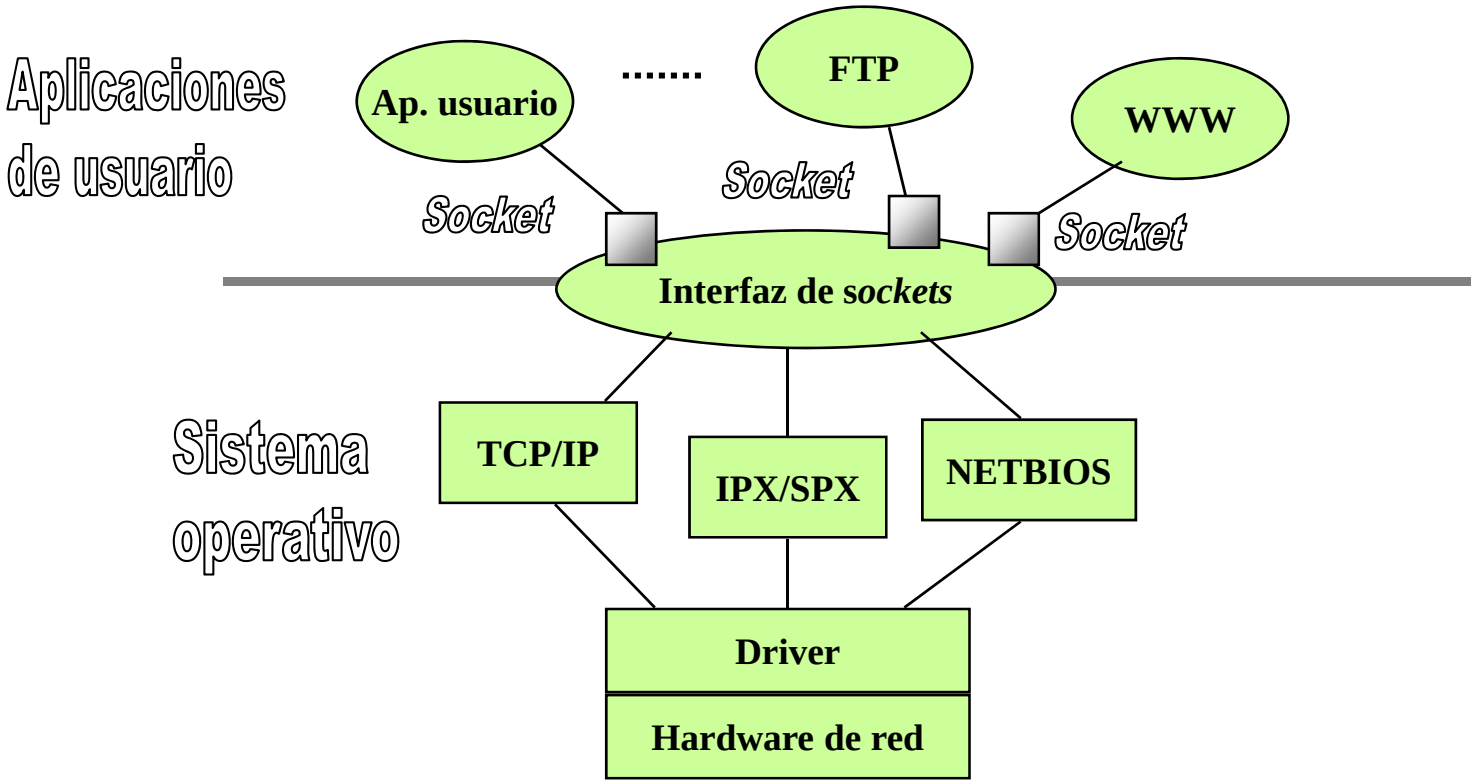
  favoreciendo la portabilidad de aplicaciones.

- En lo que sigue, trabajaremos sobre un sistema UNIX con la pila de protocolos TCP/IP.

(*) Con algunas excepciones

¿Qué es un socket ?

- Es un punto de acceso (SAP) que una aplicación puede crear para acceder a los servicios de comunicación que ofrecen la pilas de protocolos.



Dirección de un socket

- Definición:
  - Estructura de datos que permite a las aplicaciones definir una dirección (*endpoint*) única en Internet.
  - Para comunicarse con otras aplicaciones, es necesario definir la dirección del socket que se va a utilizar.

- Formato genérico de una dirección de socket.

```
#include <sys/socket.h>

struct sockaddr {
  u_short  sa_family;       /* Tipo de dir. */
  char     sa_data[14]; /* Valor de la dir. */
}
```

Dirección de un socket TCP/IP

- Para cada familia de protocolos se define un formato de dirección de socket específico. En concreto, para TCP/IP:

```
#include <netinet/in.h>

struct sockaddr_in {
      u_short    sin_family;      /* AF_INET */
      u_short    sin_port;        /* Nº puerto */
      struct in_addr   sin_addr;  /* Dir. IP */
      char       sin_zero[8];
}

struct in_addr {
      u_long     s_addr;     /* Direc. IP */
}
```

Llamadas básicas de los sockets

- **SOCKET**
  - Primitiva que crea un socket con el fin de utilizar los servicios de un determinado protocolo de una familia de protocolos residente en el host.

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

int socket (int family, int type, int protocol);

Family: AF_INET, AF_UNIX, AF_XNS, AF_APPLETALK, etc.
Type: SOCK_STREAM (TCP), SOCK_DGRAM (UDP), SOCK_RAW (ICMP,IP).
Protocol: IP_PROTO_TCP, IP_PROTO_UDP, IP_PROTO_ICMP,
            IP_PROTO_RAW.
```

Llamada SOCKET

- La primitiva socket devuelve un entero positivo que corresponde al **descriptor del socket** creado.
  - En caso de **error**, devuelve "**-1**" y en la variable global "**errno**" se describe el tipo de error (común a todas las llamadas del interfaz)
- El descriptor de socket que devuelve esta llamada, se utilizará al hacer una operación sobre él (enviar datos, establecer una conexión TCP, etc…), distinguiéndolo de otros sockets.

- Ejemplo de uso:

```
int sd;  /* variable que guardará el descriptor del socket */

sd = socket (AF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
```

Llamada BIND

- Asigna una dirección local a un socket recién creado (llamada socket).
- Antes de utilizar un socket es necesario asignarle una dirección que lo identifique.

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

int bind (int sockfd, struct sockaddr* myaddr, int addrlen);

sockfd: Descriptor de socket al que vamos a asignar una dirección.
myaddr: Puntero a una estructura donde se guarda la dirección.
addrlen: Tamaño (en bytes) de la dirección de socket (INET = 16 ).
```

Llamada BIND

- Los servidores definirán una dirección de socket en la que figure su puerto bien-conocido.
- Los clientes pueden especificar uno, aunque normalmente relegan la elección de puerto al sistema
- Ejemplo de uso:

```
int sd, err;
sockaddr_in  myaddr;  /* variable de tipo dirección de socket INET */

sd = socket (AF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
myaddr.sin_family = AF_INET;
myaddr.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
myaddr.sin_port = 0;
err = bind (sd, (struct sockaddr *) &myaddr, sizeof(myaddr));
```

Llamada CONNECT

- Los clientes la utilizan para establecer una conexión (asociación) con un servidor.
  - Devuelve un entero indicando el resultado de la operación.
    - "-1": Error en el intento de conexión (*errno*).
    - "0" : Conexión establecida.

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

int connect (int sd, struct sockaddr* destaddr, int addrlen);

sd: Descriptor de socket sobre el que realizaremos la conexión.
destaddr: Dirección de socket del servidor.
addrlen: Tamaño (en bytes) de la dirección de socket (INET = 16 ).
```

Llamada CONNECT

- Conexión o asociación:

{Protocolo, IP origen, Puerto origen, IP destino, Puerto destino}

- Características de la llamada CONNECT
  - Realiza internamente un BIND del socket.
  - Obligatoria para clientes TCP.
  - Puede usarse con sockets de tipo SOCK_DGRAM estableciendo una asociación entre cliente y servidor.
    - UDP no realiza acción alguna.
    - Tras el *connect*, se pueden enviar los datos sin identificar el destino (asociación establecida).
    - Sólo se aceptarán datagramas de la dirección indicada.

Llamada CONNECT

- Ejemplo de uso:

```
#define  host “158.42.53.99”  /* Dir IP del servidor */
#define  port 7 /* Puerto donde se encuentra el servidor de ECHO */

int sd, err;
struct sockaddr_in  servaddr;

sd = socket (AF_INET, SOCK_STREAM, 0);

servaddr.sin_family = AF_INET;
servaddr.sin_addr.s_addr = inet_aton(host);
servaddr.sin_port = htons(port);

err = connect (sd, (struct sockaddr *) &servaddr, sizeof(servaddr));

if (err < 0)  {
  printf (”Can´t connect to %: %s \n",host,sys_errlist[errno]);
  exit (-1);
}
```

Llamada LISTEN

- Pasa el socket a modo pasivo, dispuesto a encolar peticiones de conexión.
  - Se suele usar después de SOCKET y BIND, y justo antes de ACCEPT (servidores).
  - Sólo para sockets de tipo SOCK_STREAM (TCP).

```
#include <sys/socket.h>

int listen (int sd, int nconn);

sd: Descriptor de socket en el que aceptaremos peticiones
     de conexión.
nconn: Tamaño de la cola donde se almacenan las peticiones
       de conexión entrantes (Normalmente 5).
```

Llamada ACCEPT

- Espera la llegada de una petición de conexión sobre el socket previamente inicializado.
  - Sólo para servidores TCP.
  - Se usa tras SOCKET, BIND y LISTEN.

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

int accept (int sd, struct sockaddr *addr, int *addrlen);

sd: Descriptor de socket donde esperaremos peticiones de conexión.
addr: Devuelve la dirección del cliente.
addrlen: Tamaño en bytes de la dirección del cliente.

accept devuelve un entero, que en caso de éxito, corresponde
al descriptor de un nuevo socket asociado a la conexión
establecida.
```

Características de la llamada ACCEPT.

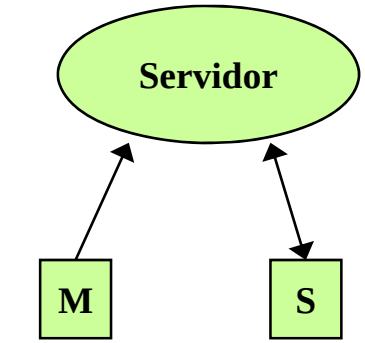
- Cuando se invoca, bloquea el programa hasta que llegue una petición de conexión sobre el *socket*.
- Si se tienen peticiones encoladas (*LISTEN*) intenta establecer una conexión con la primera.
- El *socket* que se pasa como argumento (***socket* maestro**) no tiene definida una asociación, mientras que el **nuevo *socket*** que devuelve *ACCEPT* sí que tiene definida la asociación entre ambos procesos.

Socket maestro: { TCP, IP fuente, Puerto fuente, *, * }

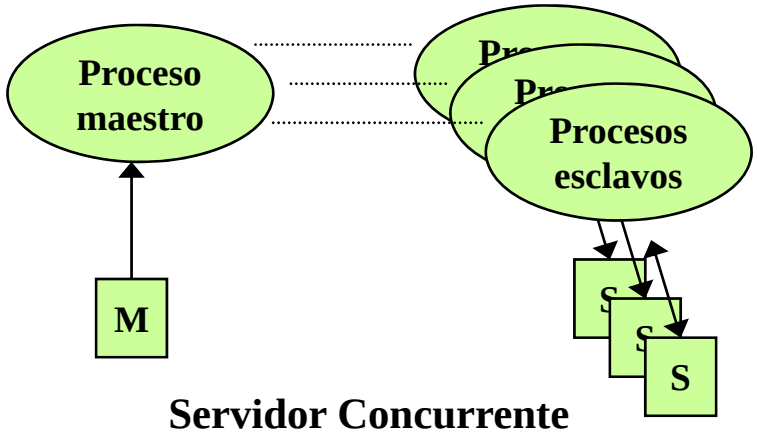
Nuevo socket: { TCP, IP fuente, Puerto fuente, IP dest., Puerto dest. }

Características de la llamada ACCEPT

- Si el servidor es :
  - ***Iterativo***, tras atender una conexión de cliente, la cierra y vuelve a esperar una nueva conexión sobre el *socket* maestro.
  - ***Concurrente***, creará un nuevo proceso por cada conexión que se establezca (pasándole el nuevo *socket*), mientras que utiliza el *socket* maestro para recibir nuevas peticiones de conexión.



Servidor Iterativo



Servidor Concurrente

Ejemplo de uso de ACCEPT

```
#define  port 7   /* Puerto bien-conocido del servicio de ECHO */

int sd, newsd, err, addrlen;
struct sockaddr_in  servaddr, cliaddr;

sd = socket (AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
servaddr.sin_family = AF_INET;
servaddr.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
servaddr.sin_port = htons(port);
err = bind (sd, (struct sockaddr *) &servaddr, sizeof(servaddr));
err = listen (sd, 5);
for (;;) {
  newsd = accept (sd, (struct sockaddr *) &cliaddr, &addrlen);
  if (newsd < 0) err_exit (“Error estableciendo la conexión”);
  if (fork () == 0) {  (* Nuevo proceso *)
     close (sd);
     echo (newsd);  (* Función que realiza el servicio de ECHO *)
     exit (0);
  }
  close (newsd);      (* Proceso padre *)
}
```

Llamadas de transferencia de datos

- Existen un conjunto de llamadas que se usan para el envío y recepción de datos a través de un socket:
  - Recepción: **read**, **recv**, y **recvfrom**
  - Transmisión: **write**, **send** y **sendto**
- Estas llamadas devuelven:
  - El **número de octetos** que realmente se han **leído** o **escrito**.
  - Devuelven un “-1” cuando se produce un error.
  - Las **lecturas read** y **recv** devuelven un **cero** cuando se encuentra con la **marca fin de fichero** (cierre conexión remota).
- Las lecturas eliminan la información del buffer interno del socket, pasándola al buffer de la aplicación.
- Son “bloqueantes”: No devuelven el control hasta que no se ha completado la operación.
  - Es posible modificar este comportamiento en recepción con la función de carga PUSH de TCP.

READ y WRITE

- Características de **read** y **write**
  - Son las llamadas al sistema clásicas.
  - Se utilizan sobre sockets “conectados”.
    - No es necesario indicar la dirección del otro extremo

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

int read (int sd, char *buff, size_t count);
int write (int sd, char *buff, size_t count);

sd: Descriptor de socket sobre el que vamos a leer/escribir.
buff: Buffer donde están los datos a enviar/recibir.
count: Número de octetos que queremos leer/escribir.
```

SEND y RECV

- Características muy similares a las anteriores.
  - Se usan para realizar envíos o lecturas de datos con condiciones especiales.

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

int send (int sd, void *buff, int count, int flags);
int recv (int sd, void *buff, int count, int flags);

sd, buff y count: Mismo significado que Read y Write.
flags: Indican un envío o recepción especial. Así:
   0 : Envío normal (equivalente a Read/Write).
   MSG_OOB: Envío de datos urgentes.
   MSG_PEEK: Para recoger datos sin eliminarlos del buffer
```

SENDTO y RECVFROM

- Se utilizan sobre sockets “no conectados” (UDP).
  - Es necesario especificar la dirección del otro extremo.

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

int recvfrom (int sd, void *buff, int len, int flags, struct
              sockaddr *from, int *fromlen);
int sendto (int sd, void *buff, int len, int flags, struct
              sockaddr *to, int tolen);

sd, buff, count y flags: Mismo significado que las anteriores.
from/to : Direcciones de socket del otro extremo.
fromlen/tolen: Tamaño en bytes de la dirección de socket.
```

CLOSE

- Elimina un socket.
  - Si el socket es de tipo *SOCK_STREAM*, se insta a TCP para iniciar el cierre de conexión.
    - Si todavía quedan datos por enviar en los buffers, TCP trata de enviarlos antes de indicar el cierre.
  - En cualquier caso, elimina el socket y todos los recursos asociados: Buffers, puerto asignado, etc.

```
#include <sys/unistd.h>

int close (int sd);

sd: Descriptor de socket que queremos eliminar.
```

SHUTDOWN

- Sólo para sockets de tipo SOCK_STREAM.
- Realiza un cierre de conexión más detallado:
  - En un determinado sentido o en ambos.
  - No elimina el socket.

```
#include <sys/socket.h>

int shutdown (int sd, int howto);

sd: Descriptor de socket que queremos cerrar.
howto:
        "0" se cierra el stream de entrada.
        "1" se cierra el stream de salida.
        "2" se cierran los dos streams.
```

BSDSock y WinSockets: Diferencias

- Inicialización: WSAStartup(...) y WSACleanUp()
- Tipo SOCKET.
- Constantes predefinidas
  - INVALID_SOCKET y SOCKET_ERROR
- Obtención de error: WSAGetLastErr ()
- Algunas primitivas cambian su nombre:
  - Closesocket() en vez de close().
  - Ioctlsocket() en vez de ioctl().
- Otras no existen:
  - read y write (en su lugar send y recv)

Asignación de puertos a procesos.

- Las aplicaciones tienen dos alternativas:
  - Solicitar la asignación de un puerto específico al (asignación estática).
    - La usan los servidores (puertos bien-conocidos).
  - Pedir un puerto libre al sistema operativo (asignación dinámica).
    - En general, la usan los clientes (BIND, port = 0)
    - El sistema operativo dispone de un espacio de direcciones de puerto que asigna dinámicamente a los procesos que utilizan esta alternativa.

- Se disponen de 64K direcciones de puerto

Atributos de los sockets

- Son un conjunto de parámetros asociados a un socket que definen su comportamiento.
- Los atributos se agrupan en clases.
- Las aplicaciones pueden consultar o modificar los atributos de un socket a través de las llamadas:
  - **Getsockopt**() y **Setsockopt**().

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

int getsockopt (int sd, int class, int optname,
void *optval, int *optlen);

int setsockopt (int sd, int class, int optname,
void *optval, int optlen);
```

Atributos de los sockets

Clase	Nombre	Descripción	Get	Set	Bool
IPPROTO_IP	IP_OPTIONS	*Opciones de la cabecera IP*	Si	Si	No
IPPROTO_TCP	TCP_MAXSEG	*Tamaño máximo del segmento TCP*	Si	No	No
	TCP_NODELAY	*Envíos de segmentos sin retraso.*	Si	Si	Si
SOL_SOCKET	SO_BROADCAST	*Permite el envío de difusiones*	Si	Si	Si
	SO_DEBUG	*Activa la recogida de datos estadísticos*	Si	Si	Si
	SO_ERROR	*Entrega el último código de error.*	Si	No	No
	SO_KEEPALIVE	*Mecanismo que mantiene la conexión.*	Si	Si	Si
	SO_LINGER	*Alternativa en el cierre de conexión.*	Si	Si	No
	SO_RCVBUF	*Tamaño del buffer de recepción.*	Si	Si	No
	SO_SNDBUF	*Tamaño del buffer de transmisión.*	Si	Si	No
	SO_TYPE	*Indica el tipo de socket.*	Si	No	No
	SO_REUSEADDR	*Permite reutilizar direcciones de puerto.*	Si	Si	Si
	SO_OOBINLINE	*Deja los datos urgentes en el buffer principal.*	Si	Si	Si