

# Fundamentos de los Sistemas Operativos

Departamento de Informática de Sistemas y Computadores (DISCA)

Universitat Politècnica de València



## **Práctica 6** **Llamadas UNIX para archivos** **Versión 2.3**

### **Contenido**

1. Objetivos.....	2
2. Manejo de archivos en Unix .....	2
3. Apertura y cierre de archivos .....	3
3.1 Ejercicio 1: Descriptores de archivo, llamada open() .....	3
3.2 Ejercicio 2: Descriptor de la salida estándar, llamada close() .....	4
4. Herencia de descriptores de archivos .....	5
4.1 Ejercicio 3: Proceso padre e hijo comparten archivo .....	5
5. Redireccionamiento: llamada dup2 .....	6
5.1 Ejercicio 4: Redirección de la salida estándar a archivo .....	7
5.2 Ejercicio 5: Redirección de la salida estándar a archivo .....	8
5.3 Ejercicio 6: Redirección de la entrada estándar desde archivo.....	8
6. Creación de Tubos: pipe().....	9
6.1 Ejercicio 7: Comunicación de dos procesos mediante pipe().....	9
6.2 Ejercicio 8 (Opcional): Dos tubos con tres procesos .....	11
7. Anexo: sintaxis de llamadas al sistema .....	12
7.1 Llamadas open() y close () .....	12
7.2 Llamadas read () y write().....	12
7.3 Llamada pipe() .....	13
7.4 Llamadas dup y dup2.....	13

## 1. Objetivos

El sistema de archivos Unix presenta una interfaz única para el manejo de dispositivos y archivos. Las llamadas al sistema relacionadas con archivos son de amplio uso en la programación de aplicaciones. La presente práctica se orienta principalmente al uso de las mismas para la comunicación entre procesos y el redireccionamiento de la E/S. En concreto los objetivos de la práctica son:

- Trabajar las llamadas Unix para el manejo de archivos: open, close, read, write, pipe y dup2.
- Estudiar el mecanismo de redireccionamiento de la E/S a archivos regulares y tubos (pipe).
- Comprender el mecanismo de herencia que permite la comunicación entre procesos.

## 2. Manejo de archivos en Unix

El manejo de archivos en UNIX sigue el modelo de sesión. Para trabajar con archivos primero hay que abrirlo con la llamada open(). La función open() devuelve un descriptor de archivo (*file descriptor*), que es un número entero positivo que identificará al archivo en futuras operaciones. Este valor es la posición de la tabla de descriptors del proceso que contiene el puntero a la tabla de aperturas del sistema. Finalmente hay que cerrar el archivo, con la llamada close(), para liberar los recursos asignados al archivo.

Unix utiliza la misma interfaz para trabajar con archivos que con dispositivos de E/S. Los descriptors 0, 1 y 2 están establecidos para los dispositivos de E/S estándar, se heredan de procesos padre a hijos a través del mecanismo de herencia. El descriptor 0 corresponde a la entrada estándar (por defecto el teclado), el descriptor 1 a la salida estándar (por defecto la pantalla) y el descriptor 2 al dispositivo de visualización de errores (la pantalla también). La utilización de descriptors permite al sistema ser mucho más eficiente en el trabajo con archivos que si se utilizase el nombre propuesto por el usuario.

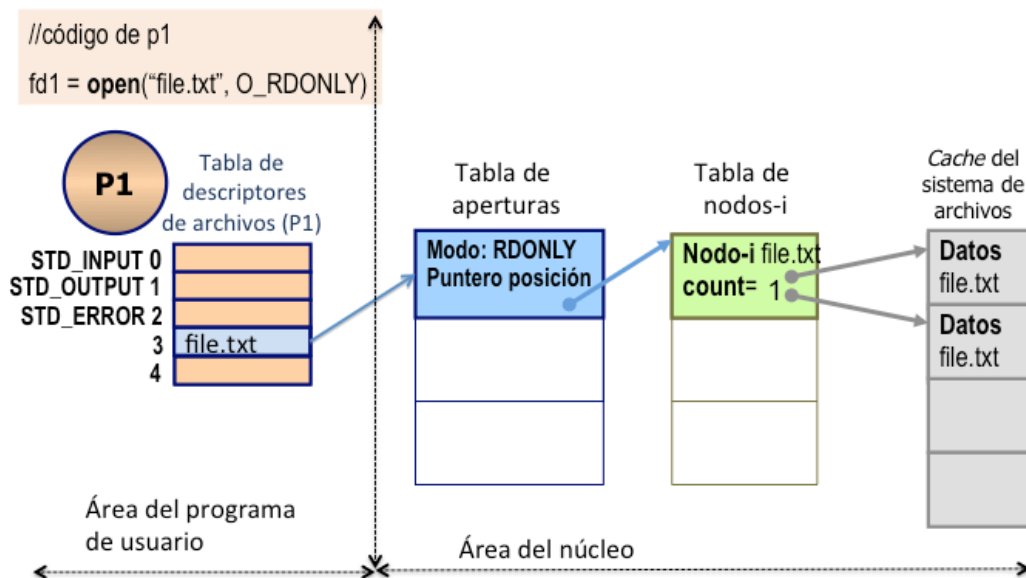


Figura 1: Tabla de descriptors de archivo para un proceso, después de realizar la llamada open()

Unix accede a los archivos de forma secuencial, aunque se puede realizar un acceso directo utilizando la llamada lseek(). Cada apertura de archivo dispone de un puntero de posición que se incrementa con cada lectura o escritura un número de bytes igual al número de bytes leídos o escritos. La llamada lseek() permite posicionar el puntero en una determinada posición del archivo.

### 3. Apertura y cierre de archivos

La figura 1 representa gráficamente el efecto de realizar una llamada `open()`. En Unix los procesos reciben la tabla de descriptors a través del mecanismo de herencia, donde los descriptors 0, 1 y 2 corresponden a la entrada estándar, salida estándar y salida de error (STDIN, STDOUT, STDERR) respectivamente. Unix utiliza la llamada `open()` para asignar un descriptor de archivo a un archivo o dispositivo físico.

#### 3.1 Ejercicio 1: Descriptores de archivo, llamada `open()`

El contenido del archivo *descriptor.c* proporcionado con el material de prácticas es el siguiente:

```
// descriptor.c
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

int main (int argc, char *argv[]) {
    int fda, fdb;

    if (argc!=2) {
        fprintf(stderr, "Required read/write file \n");
        exit(-1);
    }

    if ((fda=open(argv[1], O_RDONLY))<0)
        fprintf(stderr, "Open failed \n");
    else
        fprintf(stderr, "Read %s descriptor = %d \n", argv[1], fda);

    if ((fdb=open(argv[1], O_WRONLY))<0)
        fprintf(stderr, "Open failed \n");
    else
        fprintf(stderr, "Write %s descriptor = %d \n", argv[1], fdb);
    return(0);
}
```

Para ejecutar *descriptor.c* ponga como parámetro el nombre del archivo a abrir. Compile y ejecútelo.

```
$gcc descriptor.c -o descriptor
$./descriptor descriptor.c
```

**Cuestión 1:** Analice el código y el resultado de la ejecución y responda a la siguientes cuestiones:

1. ¿Qué variables corresponden a los descriptors de archivo en el código propuesto? fda y fdb
2. Justifique el número asignado por el sistema a la variable fda fda tiene el valor de 3 ya que la tabla de descriptor de archivos solo tiene disponible agujeros a partir de posición 3.
3. Justifique el número asignado por el sistema a la variable fdb fdb tiene el valor de 4 porque es el siguiente agujero vacío en la tabla y no se ha realizado ningún close.

### 3.2 Ejercicio 2: Descriptor de la salida estándar, llamada close()

La llamada `close(fd)` libera el descriptor `fd` de la tabla de descriptors. En este ejercicio hay que confirmar que el descriptor de la salida estándar y por tanto de la terminal corresponde al descriptor número 1. Para ello trabaje con el código de *descriptor\_output.c* suministrado con el material de prácticas.

```
// descriptor_output.c
#include <fcntl.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>

int main (int argc, char *argv[])
{
    char *men1="men1: Writing in descriptor 1 (std_output)\n";
    char *men2="men2: Writing in descriptor 2 (std_error)\n";
    char *men3="men3: Writing in descriptor 1 (std_output)\n";
    char *men4="men4: Writing in descriptor 2 (std_error)\n";
    char *men5="men5: Writing in descriptor 1 (std_output)\n";
    char *men6="men6: Writing in descriptor 2 (std_error)\n";

    write(1,men1, strlen(men1));
    write(2,men2, strlen(men2));
    close(1);
    write(1,men3, strlen(men3));
    write(2,men4, strlen(men4));
    close(2);
    write(1,men5, strlen(men5));
    write(2,men6, strlen(men6));
    return(0);
}
```

Compile *descriptor\_output.c* y ejecútelo.

```
$gcc descriptor_output.c -o descriptor_out
$./descriptor_out
```

**Cuestión 2:** Analice el código y el resultado de la ejecución y responda a las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué mensajes se imprimen en la pantalla?

men1: Writing in descriptor 1 (std\_output)  
men2: Writing in descriptor 1 (std\_error)  
men4: Writing in descriptor 1 (std\_error)

2. Justifique por qué no se imprimen cada uno de los mensajes que faltan

No se escribe men3 ni men5 ya que se ha realizado la llamada `close(1)`, y no escribe men6 por la llamada `close(2)`

3. Rellene la tabla de descriptors de archivos abiertos correspondiente a dicho proceso antes del `return(0)`

0	std_in
1	
2	
3	
4	

## 4. Herencia de descriptores de archivos

Cuando un proceso realiza una llamada `fork()`, el proceso hijo creado hereda gran cantidad de atributos de su padre, como el directorio de trabajo, atributos de planificación, ... y la tabla de descriptores de archivos abiertos. Debido a dicha herencia los procesos comparten el puntero de posición de lectura/escritura de los archivos abiertos antes de la llamada `fork()`.

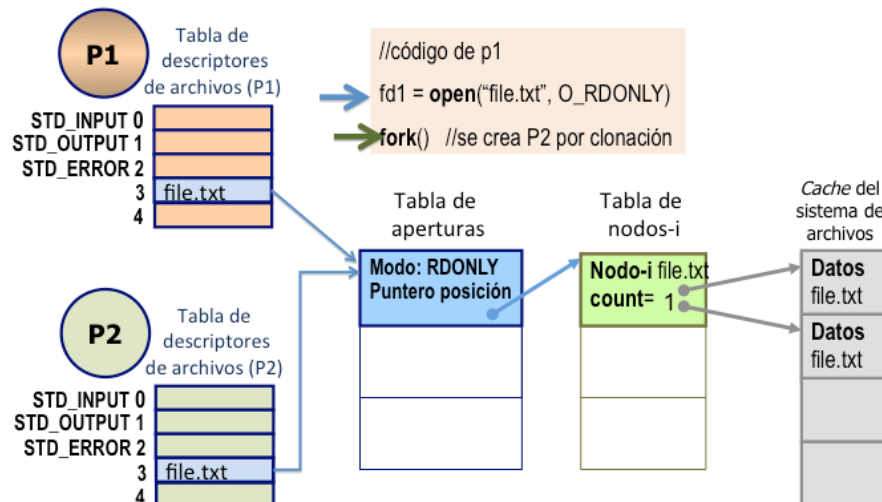


Figura 2: Herencia de la tabla de descriptores de archivos abiertos y su relación con la tabla de aperturas, y las estructuras del sistema.

### 4.1 Ejercicio 3: Proceso padre e hijo comparten archivo

En este ejercicio, el objetivo es estudiar la compartición de archivos por medio de la herencia de descriptores. En concreto, el código de `share_file.c`, que encontrará entre el material de prácticas, utiliza el fichero "messages.txt" para la comunicación entre los procesos padre e hijo.

```
// share_file.c
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>

int main (int argc, char *argv[]) {
    int fd;
    pid_t pid;
    mode_t fd_mode=S_IRWXU; //file permissions
    char *parent_message = "parent message \n";
    char *child_message = "child message \n";

    fd=open("messages.txt",O_RDWR | O_CREAT,fd_mode);
    write(fd,parent_message,strlen(parent_message));

    pid=fork();
    if (pid==0) {
        write(fd, child_message,strlen(child_message));
        close(fd);
        exit(0);
    }
    wait(NULL);
    write(fd, parent_message,strlen(parent_message));
    close(fd);
    return(0);
}
```

Compile *share\_file.c* , ejecútelo y muestre el contenido del archivo *mensajes.txt*.

```
$gcc share_file.c -o share
$./share
$ cat messages.txt
```

**Cuestión 3:** Analice el código y el resultado de la ejecución y responda a las siguientes cuestiones:

1. ¿Cuál es el contenido del archivo *messages.txt*?

```
parent message
child message
parent message
```

2. Tanto el proceso padre como el hijo han escrito su mensaje en el archivo *messages.txt*.

¿Qué mecanismos/llamadas lo han hecho posible?

write ya que el hijo hereda la tabla del padre y escriben en el mismo fichero

3. Rellene la tabla de descriptores de archivos abiertos correspondiente al proceso padre e hijo antes de ejecutar `close(fd)`;

0	std_in
1	std_out
2	std_err
3	messages.txt
4	

0	std_in
1	std_out
2	std_err
3	messages.txt
4	

## 5. Redireccionamiento: llamada `dup2`

La redirección de la entrada estándar permite a un proceso “leer” datos de un origen distinto del terminal a través del descriptor 0. Por ejemplo:

```
$ mailx fso10 < mensaje
```

El mensaje a enviar por la aplicación `mailx` se encuentra en el archivo `mensaje`. La redirección de la salida estándar permite a un proceso “escribir” datos en un destino distinto del terminal, a través del descriptor

1. Por ejemplo:

```
$ echo hola > f1.txt
```

El resultado de la orden `echo` se escribe en el fichero `f1.txt`. La redirección de la salida estándar de errores permite a un proceso “escribir” los mensajes de error en un destino distinto del terminal, a través del descriptor 2. Por ejemplo:

```
$ gcc programa1.c -o programa 2 > errores
```

donde los errores de compilación (orden `gcc`) del fichero `programa1.c` se escriben en el fichero `errores`. El redireccionamiento de la entrada, salida o salida de error estándar en Unix se realiza invocando la llamada `dup2`.

```
#include <unistd.h>
int dup2(int oldfd, int newfd);
```

`Dup2` cierra el descriptor `newfd` y copia el puntero asociado al descriptor `oldfd` en `newfd`. En el anexo de esta práctica se describe con detalle la llamada `dup2`.

## 5.1 Ejercicio 4: Redirección de la salida estándar a archivo

En este ejercicio se practica como utilizar la llamada `dup2()` para conseguir que todo lo que se escribe sobre la salida estándar sea redireccionado a un archivo. Para ello deberá utilizar el código proporcionado con la práctica en el archivo `redir_output.c` y mostrado a continuación.

```
// redir_output.c
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>

int main (int argc, char *argv[]) {
    int fd;
    char *arch= "output.txt";
    mode_t fd_mode = S_IRWXU; // file permissions

    fd = open(arch, O_RDWR | O_CREAT, fd_mode);
    if (dup2(fd, STDOUT_FILENO) == -1)
    { printf("Error calling dup2\n");
      exit(-1);
    }

    fprintf(stdout, "out: Output redirected\n");
    fprintf(stderr, "error: not redirected\n");
    fprintf(stderr, "Check file %s\n", arch);
    close(fd);
    return(0);
}
```

Compile `redir_output.c`, ejecútelo y muestre el contenido del archivo `output.txt`.

```
$gcc redir_output.c -o redir_out
$./redir_out
$more output.txt
```

**Cuestión 4:** Analice el código y el resultado de la ejecución y responda a las siguientes cuestiones:

1. Justifique, utilizando las instrucciones del código, el contenido del fichero <code>output.txt</code> La salida es "out: Output redirected", ya que con la llamada <code>dup2</code> realizamos <code>close</code> de 1 y duplicamos el contenido de <code>fd</code> que corresponde a <code>output.txt</code> y al escribir en 1 se redireccionará a <code>output.txt</code> .	
2. Justifique por qué la llamada <code>open()</code> se ha invocado con los flags " <code>O_RDWR O_CREAT</code> " <code>O_RDWR</code> modo lectura y escritura <code>O_CREAT</code> si el fichero no existe, lo crea con los permisos indicando el <code>mode</code>	
3. Rellene la tabla de descriptores de archivos abiertos correspondiente al proceso, justo antes del " <code>if(dup...)</code> "	
0	std_in
1	std_out
2	std_err
3	output.txt
4	

4. Rellene la tabla de descriptores de archivos abiertos correspondiente al proceso antes de ejecutar `return(0)`

0	std_in
1	output.txt
2	std_err
3	output.txt
4	

## 5.2 Ejercicio 5: Redirección de la salida estándar a archivo

La tabla de descriptores de archivos abiertos de un proceso no cambia al ejecutar la llamada `exec()`, por lo que el proceso conserva los archivos abiertos y las redirecciones que se hubieran realizado previas al `exec()`. El objetivo de este ejercicio es escribir un programa denominado *ls\_redir.c* que al ejecutarlo ejecute a su vez la orden “`ls -la`”, redireccionando la salida al archivo *ls\_salida.txt*. El resultado final debe ser equivalente a la siguiente orden del shell:

```
$ls -la >ls_salida.txt
```

Para ello copie *redir\_output.c* en *ls\_redir.c*. Edite *ls\_redir.c* y añada en él la llamada `execl()` en el lugar adecuado, asegurándose de que la salida se redirecciona a *ls\_salida.txt*.

```
execl("/bin/ls", "ls", "-la", NULL)
```

Compile *ls\_redir.c*, ejecútelo y muestre el contenido del archivo *ls\_salida.txt*.

```
$gcc ls_redir.c -o ls_redir
$./ls_redir
$more ls_salida.txt
```

**Cuestión 5:** Analice el código y el resultado de la ejecución y responda a la siguiente cuestión:

Tras la ejecución justifique dónde se ha almacenado el contenido del directorio actual. Se ha almacenado en *ls\_salida.txt* ya que se ha agregado la llamada `execl` después de la ejecución de `dup2` por lo que la salida de `ls` será redireccionada a ese fichero.

## 5.3 Ejercicio 6: Redirección de la entrada estándar desde archivo

Escriba un programa denominado *cat\_redir.c* que al ejecutarlo ejecute la orden `cat` redireccionando la entrada al fichero *ls\_salida.txt*, igual que si fuese la orden del shell:

```
$cat <ls_salida.txt
```

Para ello copie *ls\_redir.c* en *cat\_redir.c*. Edite *cat\_redir.c* y modifíquelo. Asegúrese de que el archivo *ls\_salida.txt* sólo se abre para lectura al invocar la llamada `open()`.

Compile *cat\_redir.c* y ejecútelo. Asegúrese de que existe el archivo *ls\_salida.txt*.

```
$gcc cat_redir.c -o cat_redir
$./cat_redir
```



**Cuestión 6:** Analice el código y el resultado de la ejecución y responda

¿Qué ha sido necesario modificar en el código del ejercicio5 para llevar a cabo el ejercicio 6?

## 6. Creación de Tubos: pipe()

En Unix los tubos son un mecanismo de comunicación entre procesos. Un tubo es un archivo sin nombre con dos descriptores, uno de lectura y otro de escritura. Estos dos descriptores permiten utilizar punteros de posición de lectura y escritura diferenciados, de manera que el puntero de lectura únicamente avanza cuando se realizan operaciones de lectura y el de escritura cuando se realizan operaciones de escritura. En UNIX la llamada a sistema para crear un tubo es pipe() (ver anexo):

```
int pipe(int fildes[2])
```

La llamada pipe() crea un buffer con un esquema FIFO de gestión del buffer. Con el descriptor fildes[0] se accede para lectura (entrada) y con fildes[1] para escritura (salida). Los tubos no poseen ningún nombre externo, por lo que sólo pueden ser utilizados mediante sus descriptores por el proceso que lo crea y por los procesos hijos que hereden de éste la tabla de descriptores con fork(). Los procesos deben compartir el tubo y redireccionar su entrada o salida al tubo. Por ejemplo:

```
$ ls | grep txt
```

Esta línea de órdenes visualizará por la salida estándar los nombres de archivos del directorio actual que contengan la cadena txt.

### 6.1 Ejercicio 7: Comunicación de dos procesos mediante pipe()

El objetivo de este ejercicio es desarrollar un programa que sea equivalente a la ejecución de la siguiente línea de órdenes en el Shell:

```
$ ls -la | wc -l
```

Como muestra la figura-3 la orden ls debe redireccionar su salida al tubo, mientras que la orden wc debe redireccionar su entrada para leer del tubo y su salida al archivo *salida.txt*.

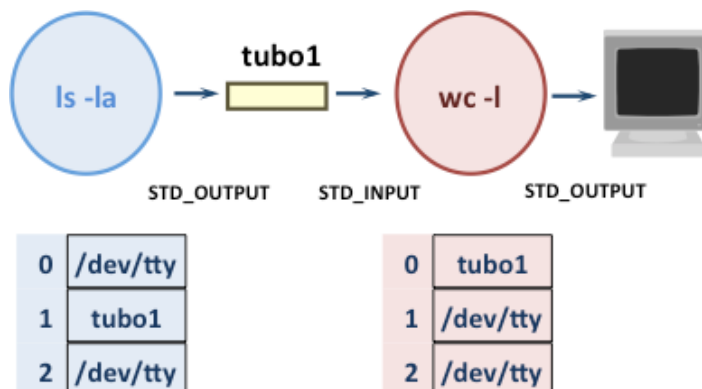


Figura 3: Esquema de redireccionamiento con tubo que hay que implementar en el ejercicio 7.

Por tanto el alumno deberá desarrollar un código donde se realicen las siguientes acciones:

1. El proceso padre crea un tubo
2. Se crea un proceso hijo
  - a. Hijo redirecciona al tubo y cierra descriptores
  - b. Hijo cambia su imagen de memoria para ejecutar orden ls
3. Se crea otro proceso hijo
  - a. Hijo redirecciona del tubo y cierra descriptores
  - b. Hijo cambia su imagen de memoria para ejecutar orden wc
4. Proceso padre cierra descriptores y espera a sus hijos.

A modo de código guía se proporciona el archivo `a_pipe.c` el cual contiene líneas de comentarios que el alumno debe reemplazar por instrucciones y llamadas para terminar el ejercicio

```
// a_pipe.c
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main (int argc, char *argv[]) {
    int i;
    char* arguments1 [] = { "ls", "-la", 0 };
    char* arguments2 [] = { "wc", "-l", 0 };
    int fildes[2];
    pid_t pid;
    //Parent process creates a pipe
    if ((pipe(fildes)==-1)){
        fprintf(stderr, "Pipe failure \n");
        exit(-1);
    }
    for (i=0;i<2;i++){
        pid=fork(); //Creates a child process
        if ((pid==0) && (i==0))
        {
            // Child process redirects its output to the pipe

            // Child process closes pipe descriptors

            // Child process changes its memory image
            if (execvp("ls",arguments1)<0){
                fprintf(stderr, "ls not found \n");
                exit(-1);
            }
        }
        else if ((pid==0) && (i==1)){

            // Child process redirects its input to the pipe

            // Child process closes pipe descriptors

            // Child process changes its memory image
            if (execvp("wc",arguments2)<0){
                fprintf(stderr, "wc not found \n");
                exit(-1);
            }
        }
    }
}
```

```

// Parent process closes pipe descriptors
close(fildes[0]);
close(fildes[1]);
for (i=0;i<2;i++) wait(NULL);
return(0);
}

```

Antes de ejecutar su programa *a\_pipe* modificado compruebe cuál es el resultado de las órdenes del shell que trata de implementar. Posteriormente ejecute el programa y compruebe que el resultado es el mismo. Compile *a\_pipe.c* , ejecútelo.

```

$gcc a_pipe.c -o a_pipe
$ls -la | wc -l
$./a_pipe

```

**Cuestión 7:** Analice el código y el resultado de la ejecución y responda

1. ¿Qué muestra el proceso en la salida estándar?

Muestra el resultado de *ls -la | wc -l*.

## 6.2 Ejercicio 8 (Opcional): Dos tubos con tres procesos

Basándose en el esquema seguido en el ejercicio 7, desarrolle un programa denominado *dos\_tubos.c* que ejecute la siguiente línea de órdenes:

```
$ ls -la | grep ejemplo | wc -l > result.txt
```

La estructura de redirecciones necesaria es la que se muestra en la figura 4.

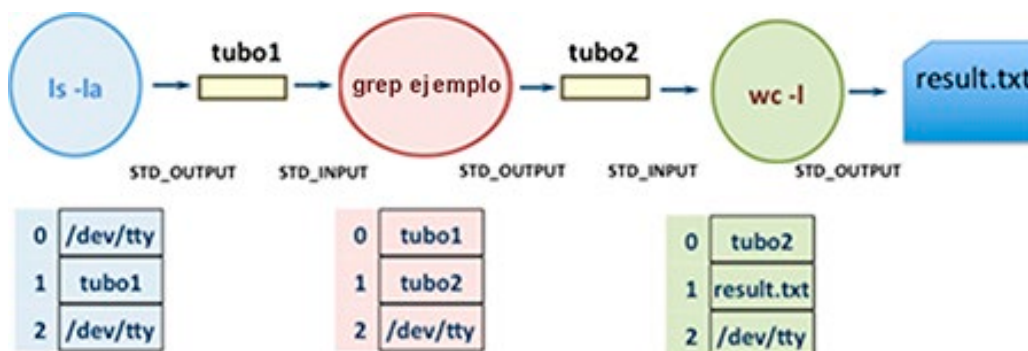


Figura 4: Esquema de redireccionamiento y tubos que hay que implementar en el ejercicio 8

## 7. Anexo: sintaxis de llamadas al sistema

### 7.1 Llamadas open() y close ()

La llamada open() de Unix

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
int open(const char *pathname, int flags [,mode_t mode]);
```

#### Descripción

La llamada open abre el fichero designado por pathname y devuelve el descriptor de fichero asociado.

pathname apunta al nombre de un fichero.

flags se utiliza para indicar el modo de apertura del fichero. Dicho modo se construye combinando los siguientes valores:

O\_RDONLY: modo lectura.

O\_WRONLY: modo escritura.

O\_RDWR: modo lectura y escritura.

O\_CREAT: si el fichero no existe, lo crea con los permisos indicados en mode.

O\_EXCL: si está puesto O\_CREAT y el fichero existe, la llamada da error.

O\_APPEND: el fichero se abre y el offset apunta al final del mismo. Siempre que se escriba en el fichero se hará al final del mismo.

mode es opcional y permite especificar los permisos que se desea que tenga el fichero en caso de que se esté creando.

#### Retorno

>0; Retorna un número positivo que corresponde al descriptor del fichero si tiene éxito

-1; si hay error.

La llamada close() de Unix

```
#include <unistd.h>
int close(int fd);
```

#### Descripción

La llamada close libera una posición de la tabla de descriptores de ficheros

#### Retorno

0 : Retorna 0 si no hay error

-1 : si hay algún error.

### 7.2 Llamadas read () y write()

La llamada read() de Unix

```
#include <unistd.h>
ssize_t read(int fd, void *buf, size_t count);
```

#### Descripción

La llamada read lee un número de bytes dado por count del fichero al que hace referencia el descriptor de fichero fd y los coloca a partir de la dirección de memoria apuntada por buf.

#### Retorno

>0 : si éxito. Retorna el número de bytes leídos

0 : si encuentra el final del fichero

-1 : si hay error.

La llamada write() de Unix.

```
#include <unistd.h>
ssize_t write(int fd, const void *buf, size_t count);
```

#### Descripción

La llamada write escribe un número de bytes dado por count en el fichero cuyo file descriptor viene dado por fd. Los bytes a escribir deben encontrarse a partir de la posición de memoria indicada en buf.

#### Retorno

- >0 : si éxito. Retorna el número de bytes escrito
- 1 : si hay un error

### 7.3 Llamada pipe()

La llamada pipe() de Unix

```
#include <unistd.h>
int pipe(int fildes[2]);
```

#### Descripción

Crea un canal de comunicación. El parámetro fildes al retorno contiene dos descriptors de fichero, fildes[0] contiene el descriptor de lectura y fildes[1] el de escritura.

La operación de lectura en fildes[0] accede a los datos escritos mediante fildes[1] como en una cola FIFO (primero en llegar, primero en servirse).

#### Retorno

- 0 : si no hay error
- 1 : si hay algún error.

### 7.4 Llamadas dup y dup2

Las llamadas dup() y dup2() de Unix

```
#include <unistd.h>
int dup (int oldfd);
int dup2(int oldfd, int newfd);
```

#### Descripción

Duplica un descriptor de fichero.

dup duplica el descriptor oldfd sobre la primera entrada de la tabla de descriptors del proceso que esté vacía.

dup2 duplica el descriptor oldfd sobre el descriptor newfd. En el caso en que éste ya hiciera referencia a un fichero, lo cierra antes de duplicar.

#### Retorno

- 0 : Ambas devuelven el valor del nuevo descriptor de archivo
- 1 : en caso de error