



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y ANÁLISIS NUMÉRICO

## ASIGNATURA ***SISTEMAS OPERATIVOS***

2º DE GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

PRÁCTICA 2  
***3 sesiones prácticas***

Hilos

Juan Carlos Fernández Caballero  
[jfcaballero@uco.es](mailto:jfcaballero@uco.es)

## Índice de contenido

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Objetivo de la práctica.....   | 3  |
| 2     | Recomendaciones.....   | 3  |
| 3     | Conceptos teóricos.....  | 3  |
| 3.1   | Diferencia entre procesos y hebras.....                                    | 3  |
| 3.2   | ¿Uso de hebras o de procesos?.....   | 5  |
| 3.3   | Biblioteca de C para el uso de hebras y normas de compilación.....         | 6  |
| 3.4   | Servicios POSIX para la gestión de hebras.....                             | 7  |
| 3.4.1 | Creación y ejecución de una hebra ( <i>pthread_create()</i> ).....         | 7  |
| 3.4.2 | Espera a la finalización de una hebra ( <i>pthread_join()</i> ).....       | 8  |
| 3.4.3 | Finalizar una hebra y devolver resultados ( <i>pthread_exit()</i> ).....   | 9  |
| 3.4.4 | Obtener la información de una hebra ( <i>pthread_self()</i> ).....         | 11 |
| 3.4.5 | Señal a una hebra desde el proceso llamador ( <i>pthread_kill()</i> )..... | 11 |
| 4     | Ejercicios prácticos.....  | 12 |
| 4.1   | Ejercicio1.....  | 12 |
| 4.2   | Ejercicio2.....  | 12 |
| 4.3   | Ejercicio3.....  | 12 |
| 4.4   | Ejercicio4.....  | 12 |

## 1 Objetivo de la práctica

La presente práctica persigue instruir al alumnado con la creación y gestión de **hilos** en sistemas que implementan el estándar POSIX<sup>1</sup>. Los hilos se conocen también como **procesos ligeros** o **hebras**.

En una primera parte aparece una introducción teórica sobre hilos, siendo en la segunda parte de la misma cuando, mediante programación en C con *glibc*, se practicarán los conceptos aprendidos, utilizando las rutinas de interfaz del sistema que proporciona a los programadores la biblioteca *pthread*, basada también en el estándar POSIX.

## 2 Recomendaciones

El lector debe completar las nociones dadas en las siguientes secciones con consultas bibliográficas, tanto en la Web como en la biblioteca de la Universidad, ya que uno de los objetivos de las prácticas es potenciar la capacidad autodidacta y de análisis de un problema.

Es recomendable también que, aparte de los ejercicios prácticos que se proponen, pruebe y modifique otros que encuentre en la Web (se dispone de una gran cantidad de problemas resueltos en C sobre esta temática), ya que al final de curso deberá acometer un examen práctico en ordenador como parte de la evaluación de la asignatura.

Al igual que se le instruyó en las asignaturas de Metodología de la Programación, es recomendable que siga unas normas y estilo de programación claro y consistente. No olvide tampoco comentar los aspectos más importantes de sus programas y añadir información de cabecera a sus funciones como práctica habitual de un programador (nombre, parámetros de entrada, parámetros de salida, objetivo, etc).

No olvide que debe consultar siempre que lo necesite el estándar *POSIX* en:

<http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/>

y la librería GNU C (*glibc*) en:

<http://www.gnu.org/software/libc/libc.html>

## 3 Conceptos teóricos

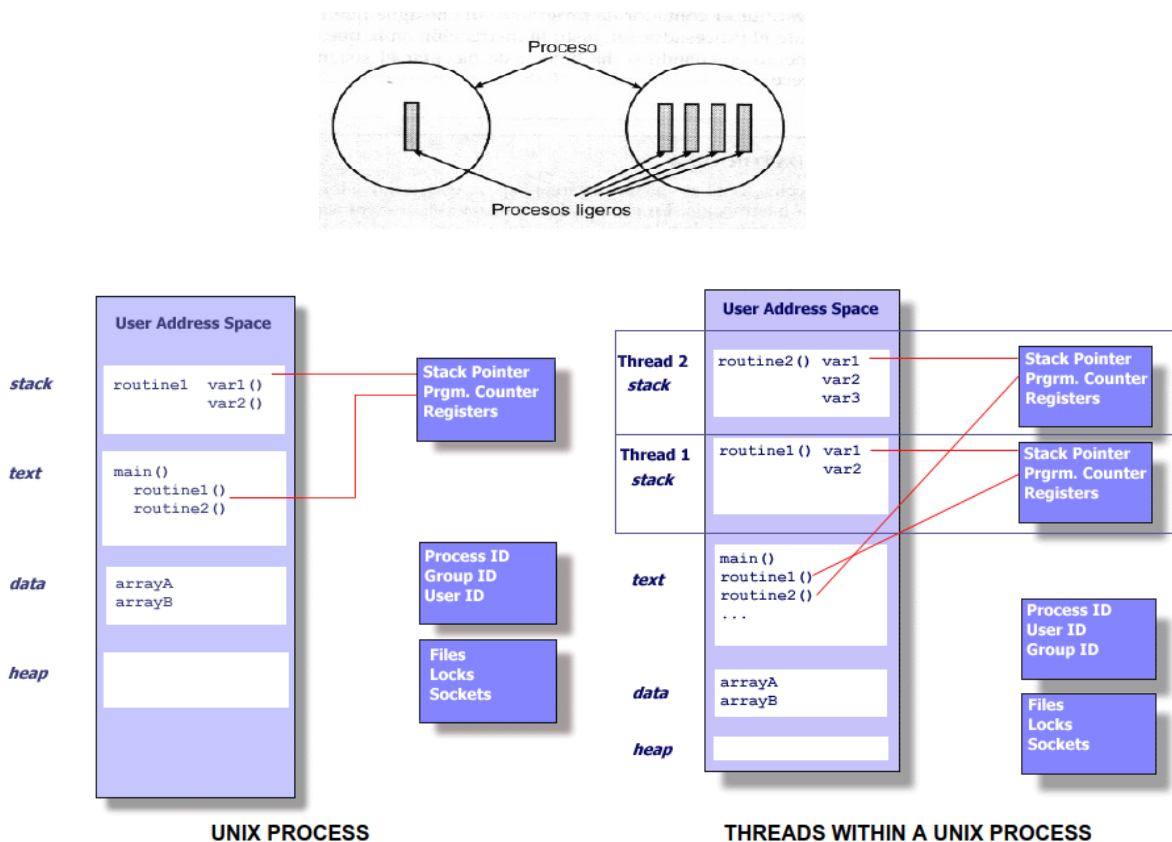
### 3.1 Diferencia entre procesos y hebras

Un **proceso** es un programa en ejecución que se ejecuta en secuencia, no más de una instrucción a la vez. Como ya se estudió, se pueden crear procesos nuevos mediante la llamada a *fork()*. Estos nuevos procesos son idénticos al proceso padre que hizo la llamada (ya que son una copia del mismo), excepto en que se alojan en zonas o espacios de memoria distintos. Al ser copias tienen las mismas variables con los mismos nombres pero distintas instancias, por lo que si un

<sup>1</sup> <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=POSIX&oldid=53746603>

proceso hijo realiza una modificación en una variable, ésta no se ve afectada en el proceso padre u otros procesos. Por tanto, los procesos no comparten memoria ni se comunican entre si a no ser que utilicemos mecanismos de **intercomunicación de procesos (IPC – InterProcess Communication)**, como pueden ser el **paso de mensajes con tuberías y colas**, la **memoria compartida**, **señales**, o **sockets**.

Una **hebra, hilo o proceso ligero (thread en inglés)** es un **flujo de control perteneciente a un proceso**. A diferencia de un proceso, **un thread puede compartir memoria con otros threads que pertenezcan al mismo proceso**. Desde el punto de vista de la programación, una hebra se define como una función cuya ejecución se puede lanzar en paralelo con otras. El hilo de ejecución primario o proceso ligero primario se correspondería con el *main()*. Un proceso puede tener por tanto, una o varias hebras, tal y como se refleja en las siguientes figuras.



Cada hebra o hilo dentro de un proceso tiene determinada **información propia que NO comparte** con el resto de hebras que nacen del mismo proceso, algunas de las más destacadas son:

- Un estado de ejecución por hilo (Ejecutando, Listo, Bloqueado).
- Un contexto o BCP propio del hilo, al igual que los procesos.
- Un contador de programa independiente, PC.
- Una pila de ejecución (*stack*).
- Un espacio de almacenamiento para variables locales.

Con respecto a la **información que SI comparte** con otras hebras procedentes del mismo proceso, alguna de las más destacadas son:

- **Mismo espacio de memoria reservado para el proceso (montículo).** El espacio de memoria del montículo corresponde al proceso y a todas las hebras que engloba ese proceso. Esto hace imprescindible el uso de mecanismos como los semáforos o *mutex* (EXclusión MUTua), que evitan que dos *threads* accedan a la vez a la misma estructura de datos (se estudiarán en las siguientes prácticas). Así mismo, un fallo de terminación en un hilo puede hacer fallar a todos los demás hilos del mismo proceso.
- **Variables globales.** Las hebras de un mismo proceso se pueden comunicar mediante variables globales, pero hay que tener extremado cuidado con su programación.
- **Variables de entorno del proceso** (PATH, LANG, TERM, USER, HOME, etc).
- **Señales.** Las señales se manejan a nivel de proceso (hilo principal). La asignación de una señal (*signal()*) se puede realizar desde cualquier hilo, pero la última asignación sobrescribe a la anterior en el caso de que se haga sobre el mismo tipo de señal y se asocie con otro *callback* diferente.

### 3.2 ¿Uso de hebras o de procesos?

Así como podemos tener múltiples procesos ejecutando en un PC, también podemos tener múltiples *threads*. Como dentro de un proceso puede haber varios hilos de ejecución (varios *threads*), en el caso de que tuviéramos más de un procesador o un procesador con varios núcleos, un proceso podría estar haciendo varias cosas "a la vez", pero de manera más rápida que si lo hiciéramos con procesos puros. Así, **cada hebra podría asignarse a un núcleo** o a un procesador, y **si un hilo se interrumpe o bloquea, los demás hilos pueden seguir ejecutando**. Estos son los llamados **hilos a nivel de núcleo**.

Las **ventajas** principales de usar un grupo de *threads* en vez de un grupo de procesos son:

- **Crear o terminar** una hebra es mucho **más rápido** que crear o terminar un proceso, ya que las hebras comparten determinados recursos y estructuras del padre que no hay que volver a crear o eliminar.
- El **cambio de contexto** entre *threads* es realizado mucho **más rápidamente** que el cambio de contexto entre procesos, mejorando el rendimiento del sistema. Al cambiar de un proceso a otro, el sistema operativo (mediante el *dispatcher*) genera lo que se conoce como *overhead*, que es tiempo usado por el procesador para realizar un cambio de contexto. Un cambio de contexto es pasar del estado de ejecución del proceso actual al estado de espera o bloqueo y colocar un nuevo proceso en ejecución. En los hilos, como pertenecen a un mismo proceso, el tiempo en ese cambio de contexto es menor.
- Si se necesitase **comunicación entre hebras y/o realización de tareas relacionadas en paralelo** también sería mucho **más rápido** que intercomunicar procesos, ya que los datos están inmediatamente habilitados y disponibles entre hebras (a través del montículo o a través del paso de parámetros). Por lo tanto, si hay una aplicación que debe implementarse como un conjunto de unidades de ejecución relacionadas y que puedan operar en paralelo, es más eficiente hacerlo con una colección de hilos que con una colección de procesos separados.

Algunos **ejemplos de uso de hebras**, cuyo uso permite simplificar el diseño de una aplicación que debe llevar a cabo distintas funciones simultáneamente, pueden ser:

- **Procesador de textos.** Utilizar a una hebra por cada tarea que realiza, por ejemplo:
  - Interacción con el usuario y la interfaz principal.
  - Corrector ortográfico/gramatical mientras se escribe.
  - Guardar automáticamente en segundo plano.
  - Mostrar resultado texto en pantalla.
- **Servidor web:**
  - Interacción con múltiples clientes que piden un recurso.
- **Navegador.** Varias hebras simultaneas, como por ejemplo:
  - Una por cada pestaña e interacción con el usuario local.
  - Otras hebras para interacción con los servidores (web, ftp, ...).

Resumiendo, en el caso de sistemas basados en POSIX, mediante *fork()* creamos procesos independientes entre sí, de forma que sea imposible que un proceso se entremezcle por equivocación en la zona de memoria de otro proceso. Por otro lado, las hebras pueden ser útiles para programar aplicaciones que deben hacer tareas simultáneamente y/o queremos que haya bastante intercomunicación entre ellas.

### 3.3 Biblioteca de C para el uso de hebras y normas de compilación

Al igual que con los procesos, las hebras también tienen una especificación en el estándar *POSIX*, y se sigue con la **biblioteca *pthread***.

Para crear programas que hagan uso de la biblioteca *pthread* necesitamos, en primer lugar, la biblioteca en sí. Ésta viene en la mayoría de distribuciones Linux, y seguramente se instale al mismo tiempo que los paquetes incluidos para el desarrollo de aplicaciones. Si no es así la biblioteca no debería ser difícil de encontrar en la red, porque es bastante conocida y usada.

Una vez tenemos la biblioteca instalada, y hemos creado nuestro programa con hebras, deberemos compilarlo y enlazarlo con la misma. El fichero de cabecera *<pthread.h>* debe estar incluido en nuestras implementaciones si usamos hebras. La forma más usual de compilar si estamos usando *gcc* es la siguiente (adición de *-lpthread*):

```
gcc programa_con_pthreads.c -o programa_con_pthreads -lpthread
```

### 3.4 Servicios POSIX para la gestión de hebras

A continuación se expondrán las funciones o llamadas al sistema (*wrappers* o envoltorios) para la gestión de hebras que implementa la librería *pthread*.

#### 3.4.1 Creación y ejecución de una hebra (*pthread\_create()*)

Para crear un *thread* nos valdremos de la función *pthread\_create()* y de la estructura *pthread\_t*, la cual identifica cada *thread* diferenciándola de las demás.

El prototipo de la función es el siguiente<sup>2</sup>. Consulte en la Web los posibles valores que puede devolver esta llamada para el tratamiento de errores (EAGAIN, EPERM):

```
#include <pthread.h>

int pthread_create(pthread_t *thread, pthread_attr_t *attr, void *(*start_routine) (void *),
void *arg)
```

- **thread**: Es una variable del tipo *pthread\_t* que nos servirá para identificar un *thread* en concreto (ID).
- **attr**: Es un parámetro del tipo *pthread\_attr\_t* y que se debe inicializar previamente con los atributos que queramos que tenga el *thread*.

Si pasamos como parámetro **NULL**, la biblioteca le asignará al *thread* los atributos por defecto. La biblioteca *pthread* admite implementar hilos a nivel de usuario y a nivel de núcleo. Por defecto se hace a **nivel de núcleo, de tal manera que cada hebra se pueda tratar como un proceso independiente**. Si queremos manejarlas a nivel de usuario, establecerles prioridad y un algoritmo de planificación concreto, habría que indicarlo en el momento de crearla, cambiando alguno de los atributos por defecto. También se pueden indicar cosas como la cantidad de reserva de memoria utilizada en la pila de la hebra, si una hebra debe o no esperar a la finalización de otra y algunas más que puede consultar en la Web. Los atributos de una hebra no se pueden modificar durante su ejecución.

- **start\_routine**: Aquí pondremos la dirección de memoria de la función que queremos que ejecute el *thread*. La función debe devolver un puntero genérico (*void \**) como resultado, y debe tener como único parámetro otro puntero genérico. La ventaja de que estos dos punteros sean genéricos es que podremos devolver cualquier cosa que se nos ocurra mediante los *castings* de tipos necesarios. Si necesitamos pasar o devolver más de un parámetro a la vez, se puede crear una estructura y meter allí dentro todo lo que necesitemos. Luego pasaremos o devolveremos la dirección de esta estructura como único parámetro.
- **arg**: Es un puntero al parámetro que se le pasará a la función *start\_routine*. Puede ser **NULL** si no queremos pasar nada a la función.

**Cualquier argumento pasado a la hebra se debe pasar por referencia y hacerle un *casting* a (*void \**).**

<sup>2</sup> [http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/pthread\\_create.html](http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/pthread_create.html)

En caso de que todo haya ido bien, la función **devuelve un 0**, o un valor distinto de 0 en caso de que hubiera algún error.

Una vez hemos llamado a la función `pthread_create()` ya tenemos a nuestro(s) *thread(s)* funcionando, pero ahora tenemos que esperar a que terminen los *threads* usando `pthread_join()`.

### 3.4.2 Espera a la finalización de una hebra (`pthread_join()`)

Esta función hace que el hilo invocador espere a que termine el hilo especificado. Supongamos que varios hilos están realizando un cálculo y es necesario el resultado de todos ellos para obtener el resultado total por parte del `main()` o hilo principal. Para ello el hilo encargado del resultado total debe esperar a que todos los demás hilos terminen.

La función `pthread_join()` tiene el siguiente prototipo<sup>3</sup>. Consulte en la Web el tratamiento de errores de esta función (EDEADLK):

```
#include <pthread.h>

int pthread_join (pthread_t th, void **thread_return)
```

Esta función bloquea el *thread* llamante hasta que termine la ejecución del *thread* indicado por *th*. Además, una vez éste último termina, pone en *thread\_return* el resultado devuelto que estamos esperando.

- **th**: Es el identificador del thread que queremos esperar.
- **thread\_return**: Es un puntero a puntero (puntero doble) que apunta al resultado devuelto por el *thread* que estamos esperando cuando terminó su ejecución.

Ese *thread* al que esperamos devolverá un valor usando `pthread_exit()`.

Si el parámetro *thread\_return* es **NULL**, le estamos indicando a la biblioteca que **no nos importa el resultado de la hebra a la que estamos esperando**.

Esta función devuelve 0 si todo está correcto, o valor diferente de 0 si hubo algún error.

**Si se hace una creación de hilos desde el `main()` es necesario poner en dicho `main()` un `pthread_join()` para que no se termine nuestro programa y se elimine de memoria antes de que terminen los hilos creados.**

Por defecto un *thread* es **joinable**, es decir, requiere que el hilo creador utilice `pthread_join()` para recoger su finalización, si no queda en estado *zombie*. **En caso contrario no tendremos control sobre nuestro programa** y depende del planificador el que nuestras hebras tengan “la suerte” o no de ejecutarse antes de que termine el hilo creador.

Al usar la función `pthread_join()`, aunque una hebra haya terminado antes que el hilo principal, el estado y los resultados de la misma se guardan hasta que se llame a dicha función. Una vez se ha recibido (recogido) una hebra con `pthread_join()`, sus recursos que queden en el sistema, como el estado y valor devuelto por la misma, se liberan.

Por último, si hace un `pthread_join()` de una hebra que ya está siendo esperada por otro `pthread_join()` obtendrá un error. Es responsabilidad del programador el hacer un solo `pthread_join()`

<sup>3</sup> [http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/pthread\\_join.html](http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/pthread_join.html)



por hebra.

En “**demo1.c**” puede consultar un ejemplo en el que se espera a un hilo al que se le pasa como parámetro un vector de enteros y no devuelve nada. Estúdielo y ejecútelo. Aunque se estudiará en la siguiente sección, **la finalización de una hebra que no devuelve nada se realiza mediante la invocación de `pthread_exit(NULL)`**.

En “**demo2.c**” dispone de otro ejemplo donde se crea una hebra hija que tiene la capacidad de incrementar en paralelo 100 veces el valor de una variable pasado como parámetro. Saque conclusiones, estúdielo y pruébelo.

El programa “**demo3.c**” crea dos hebras a las que se le pasa una estructura con un mensaje. Estúdielo y pruébelo. Después elimine los `pthread_join()` y observe sus resultados.

Tenga cuidado al reutilizar variables que se pasan por referencia a los hilos cuando estos se crean, podría suceder que el hilo creado no se ejecutase a tiempo a fin de utilizar los valores antes de que se sobrescriban. Tenga en cuenta que está utilizando punteros y puede que al hilo no le de tiempo a copiar el parámetro en su memoria local. **Consulte el ejemplo “`hello_arg_bad_parameter.c`” disponible en Moodle**, donde se crean 4 hebras en paralelo a partir del proceso o hilo principal y a las cuales se les pasa como parámetro la dirección de un número entero, cuyo contenido respecto al que tenía al pasarse a cada hebra es probable que cambie antes de que cada hebra lo reciba y lo utilice.

### 3.4.3 Finalizar una hebra y devolver resultados (`pthread_exit()`)

La terminación de un hilo se produce cuando la función asignada al mismo termina. Eso ocurre cuando el hilo ejecuta un `pthread_exit()`.

Si la función asignada al hilo no ejecuta `pthread_exit()` a su finalización, automáticamente y de manera transparente para el programador, se ejecuta un `pthread_exit(NULL)`. **Por tanto, `pthread_exit()` hace que el hilo invocador termine de manera normal sin causar que todo el proceso llegue a su fin.**

La función `pthread_exit()` invoca controladores de terminación de hilos, cosa que la sentencia `return()` no realizaría. Otra diferencia de `pthread_exit()` con respecto a `return()`, es que la primera se puede llamar desde cualquier subrutina que invoque la función de la hebra, haciendo que ésta termine, con `return()` se retornaría de la subrutina.

Hay que tener en cuenta que `pthread_exit()` libera los recursos asociados a una hebra, pero no elimina por completo el estado en que terminó está y su valor devuelto, el cual se puede recoger posteriormente con `pthread_join()`.

Es importante que decir que si en una hebra usásemos `exit()`, **se terminaría el proceso completo con todas sus hebras**. Y por consiguiente, también podemos afirmar que si en un determinado momento **terminamos un proceso, automáticamente también se terminarán todas las hebras asociadas al mismo**.

El prototipo de `pthread_exit()` es el siguiente<sup>4</sup>.

```
#include <pthread.h>

void pthread_exit (void *retval)
```

- **retval**: Es un puntero genérico a los datos que queremos devolver como resultado. Estos datos serán recogidos cuando alguien haga un `pthread_join()` con el identificador de `thread`. El parámetro es el valor que se devolverá al hilo que espera. Como es un `(void *)`, puede ser un puntero a cualquier cosa.

Según están implementadas las hebras, el valor devuelto no debe estar localizado en la pila de la hebra (desaparece al terminar la hebra). Si necesitamos que cada hebra tenga datos sobre los que operar y devolver necesitaremos utilizar la función `malloc()` de C. Eso es porque el valor devuelto es un puntero, por lo que el dato debe estar en una zona de memoria localizable después de que termine la hebra, no puede ser una variable local a la hebra, ya que la variable se pierde al terminar su ejecución.

Modifique “**demo1.c**” cambiando el `pthread_exit(NULL)` por un `exit(0)`, observe sus resultados y saque conclusiones.

En “**demo4.c**”, tiene un ejemplo donde trabajar los conceptos asociados a `pthread_exit()` y `return()` en las hebras.

Respecto a lo que se ha mencionado anteriormente sobre cómo debe devolver una hebra un valor, estudie los programas “[sample\\_OK.c](#)”, “**sample\_FAIL.c**“. El primer programa muestra la manera correcta de reservar memoria en el montículo y devolver un valor por parte de una hebra. El segundo programa hace un uso incorrecto de ello y debe evitar ese tipo de programación.

Por razones de portabilidad y para que un valor entero no coincida con la macro `PTHREAD_CANCELED` (definida como un valor entero con *casting* a `void`) que devuelven las hebras que se cancelan, las hebras no deberían devolver número enteros, por lo que es mejor utilizar en estos casos un “*long*”. En la documentación de Moodle y en la Web puede encontrar más información sobre este tema.

Por otro lado, en los programas “**sample\_OK\_inapropiado1.c**” y “**sample\_OK\_inapropiado2.c**” puede observar como la salida parece correcta, pero también es una mala forma de programar hebras que debe evitar. Observe sus resultados y obtenga conclusiones.

Finalmente, los ficheros “[sample\\_OK\\_alternativa1.c](#)”, “[sample\\_OK\\_alternativa2.c](#)” y “[sample\\_OK\\_alternativa3.c](#)” son diferentes alternativas al programa “[sample\\_OK.c](#)” en cuanto a la manera de utilizar los tipos de datos de las variables que intervienen en las funciones de las hebras y lo que devuelven. Puede utilizar la alternativa que prefiera de las cuatro, siempre que funcione correctamente y razone su utilización.

<sup>4</sup> [http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/pthread\\_exit.html](http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/pthread_exit.html)

### 3.4.4 Obtener la información de una hebra (*pthread\_self()*)

Para obtener la información de un hebra (entre otras su ID) utilizaremos la función *pthread\_self()*<sup>5</sup>:

```
#include <pthread.h>

pthread_t pthread_self(void)
```

Esta función devuelve al *thread* que la llama su identificación, en forma de variable del tipo *pthread\_t*. Se puede hacer un casting a (*unsigned long*) *pthread\_t* para imprimir el ID.

En “**demo5.c**” dispone de un ejemplo.

### 3.4.5 Señal a una hebra desde el proceso llamador (*pthread\_kill()*)

Para enviar a una hebra una señal podemos utilizar la llamada *pthread\_kill()*<sup>6</sup>. **Cualquier hebra puede asociar una función manejadora a una señal concreta** (siempre que la señal permita su manejo), pero **la acción de la recepción de una señal se lleva a cabo a nivel de proceso** y la ejecuta el hilo principal.

El manejo de señales con hilos requiere de un estudio más pormenorizado. Consulte en la Web y bibliografía asociada si desea conocer más sobre el uso de señales con hilos.

El prototipo de *pthread\_kill()* es el siguiente:

```
#include <pthread.h>

int pthread_kill(pthread_t thread, int signo)
```

- **thread**: identifica el thread al cual le queremos enviar la señal.
- **signo**: MACRO o número de la señal que queremos enviar al thread. Podemos usar las constantes definidas en *<signal.h>*<sup>7</sup>. Para matar la hebra se utiliza la macro SIGKILL.

Devuelve 0 si no hubo error, o diferente de 0 si lo hubo.

Respecto a SIGKILL, debe tener en cuenta que al tratarse a nivel de proceso, si se envía esa señal a una hebra terminará todo el proceso y sus hebras asociadas.

<sup>5</sup> [http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/pthread\\_self.html](http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/pthread_self.html)

<sup>6</sup> [http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/pthread\\_kill.html](http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/pthread_kill.html)

<sup>7</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1al\\_%28inform%C3%A1tica%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1al_%28inform%C3%A1tica%29)

## 4 Ejercicios prácticos

### 4.1 Ejercicio1

Implemente un programa que cree un número  $N$  de hebras. Cada hebra creará 2 números aleatorios flotantes (consulte Moodle para la generación de aleatorios) y guardará su suma en una variable para ello, que será devuelta a la hebra principal o llamadora (la que invocó `pthread_create()`).

La hebra principal ira recogiendo los valores devueltos por las  $N$  hebras y los ira sumando en una variable no global cuyo resultado mostrará al final por pantalla. Para ver que los resultados finales son los que usted espera, muestre los 2 números que va creando cada hebra y su suma, de forma que pueda comparar esas sumas parciales con la suma final que realizará el `main()` o hebra principal. Utilice macros definidas y comprobación de errores en sus programas (`errno` y comprobación de valores devueltos en cada llamada, con sus posibles alternativas).

### 4.2 Ejercicio2

Implemente un programa que cuente las líneas de los ficheros de texto que se le pasen como parámetros y al final muestre el número de líneas totales (contando las de todos los ficheros juntos). Ejemplo de llamada: `./a.out fichero1 fichero2 fichero3`

Debe crear un hilo por cada fichero indicado por linea de argumentos, de forma que todos los ficheros se procesen de manera paralela, uno por cada hilo.

### 4.3 Ejercicio3

Implemente un programa que cree un vector de 10 elementos relleno con números aleatorios entre 1 y 9. No cree el vector de manera global, declárelo en el `main()`. Reparta ese vector entre 2 hebras o 5 hebras a partes iguales, según se indique por linea de argumentos un 2 o un 5, de forma que cada hebra sume la parte del vector que le corresponda y se lo devuelva al hilo principal, el cual mostrará la suma de los resultados devuelto por las hebras creadas.

Ejemplo de invocación del programa para crear 5 hebras que se repartan el vector: `./a.out 5`

### 4.4 Ejercicio4

Implemente un programa que cree dos hebras y cada una incremente 10000 veces en un bucle una variable global (recuerde que la variable global, al estar en el mismo espacio de memoria para las dos hebras, es compartida, y que su uso es “peligroso”). Imprima al final del programa principal el valor de la variable (en cada ejecución posiblemente obtenga un valor diferente a 20000 – problema de concurrencia –). Intente razonar el resultado, el cual le servirá como concepto introductorio de la siguiente práctica de la asignatura.