



# Hoja de Ejercicios 4. Memoria Virtual

## Ejercicios Prácticos

Los ejercicios marcados con el icono  son prácticos y deben realizarse en el laboratorio. Los ejercicios prácticos de esta hoja requieren el entorno de usuario básico (shell) y de desarrollo (compilador, editores y depurador). Además algunos ejercicios necesitan acceso de superusuario que está disponible en las máquinas virtuales de la asignatura.

 **Ejercicio 1.** Compila el siguiente programa:

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int num = 22;
int mul;

const char *msg = "El resultado es:\n";

int main(void) {
    static int factor = 2;

    mul = num * factor;
    printf("%s%i\n", msg, mul);

    sleep(600);

    return 0;
}
```

Consulta los segmentos definidos en el ejecutable generado con el comando `readelf -l` y completa la siguiente tabla.

- Los segmentos de la tabla corresponden a las secciones de tipo LOAD. La primera de ellas PHDR es la 00, INTERP la 01 y así sucesivamente.
- Algunas secciones del programa pueden estar asignadas al mismo segmento del ejecutable.

Segmento	Código C correspondiente	Offset	Dir.virtual	Flags
.text				
.rodata				
.bss				
.data				

Ejecutar ahora el programa y obtener los segmentos de memoria virtual accediendo al fichero `maps` del directorio del proceso en `/proc`. **Nota:** Se puede identificar la correspondencia de los

segmentos del ejecutable y los segmentos de memoria virtual comparando el campo offset y los flags:

Segmento	Direcciones virtuales	Offset del fichero	Flags	Tipo map/anonimo	Ruta del fichero
.text					
.rodata					
.bss					
.data					
[heap]					
[stack]					

**Nota:** Alternativamente, el programa `pmap(1)` puede utilizarse para consultar la información sobre los segmentos de memoria (misma información que `proc/<pid>/maps`)

#### Cuestiones:

- En qué segmento(s) de memoria virtual está la cadena "El resultado es:\n". Los contenidos del segmento de memoria virtual se pueden acceder en el directorio del proceso `/proc/<pid proceso>/map_files/<rango del segmento>`. Comprobar que la respuesta es correcta con el comando `strings(1)`.
- En la salida del comando `readelf` se muestra el inicio del programa (entry point). ¿En qué segmento del fichero está ubicado? ¿Y en qué segmento de memoria virtual?
- Dibuja esquemáticamente (como en las transparencias de teoría) el espacio de direcciones del proceso con las regiones correspondientes.
- Investiga cuál es el contenido y propósito de las áreas de memoria marcadas como `[vdso]` y `[vvar]`.

**Ejercicio 2.** Considera el siguiente programa y completa la tabla.

```
#define CONSTANT 10
int num1 = CONSTANT;
int num2;


int main(int argc, char *argv[]) {
    int *i = malloc(sizeof(int));

    num2 = argc;

    for (*i=0; *i<CONSTANT; *i=*i+1) {
        fprintf(stdout, "%s: %d, argc: %d\n", string, num1--, num2);
    }

    return 0;
}
```

Símbolo	Espacio en ejecutable (Sí/No)	Segmento
CONSTANT		
i		
num1		
num2		

 **Ejercicio 3.** Escribe un programa que cree una región de memoria (`mmap(2)`) con las siguientes características:


- Tamaño 1024 bytes
- Acceso privado
- Modo lectura y escritura

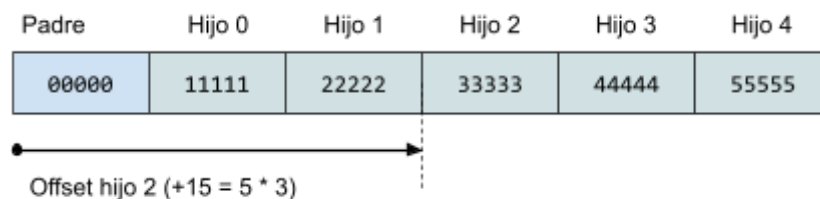
Una vez creada la región de memoria el proceso la inicializará con `'\0'` (usar un bucle o la llamada `memset(3)`), mostrará la dirección del segmento (modificador de formato `%p`) y el PID del proceso. Finalmente el proceso hará un `sleep` de 600s. Ejemplo de ejecución:

```
$ ./mimap
PID:2716 Dirección del segmento: 0x7fe4c56ff000
```

Usando el PID consultar el fichero `maps` e identificar el segmento creado en el espacio de memoria del proceso:

Dirección Inicial	Dirección Final	Offset	Flags

 **Ejercicio 4.** Re-escribir el ejercicio 11 de la Hoja 3 proyectando el fichero de salida (`output.txt`) en la memoria virtual:



El esquema es el siguiente:

- **Preparación del segmento de memoria.** Cuando se proyecta un fichero debe tener al menos el tamaño de la región que se quiere crear, y se debe abrir con el mismo modo que se quiere crear la región (lectura, escritura,...). Las acciones que realizará el proceso padre son:
  - Crear el fichero de salida con la llamada `open(2)` y las opciones `O_TRUNC` y lectura/escritura.
  - Para fijar el tamaño de la región usaremos la llamada al sistema `ftruncate(2)` (fichero *sparse*)
  - Proyectará en la memoria virtual del proceso con (`mmap(2)`). Nota: convertir el

- puntero retornado por `map()` a `char *`
  - Cerrar el descriptor (`close(2)`), esto no afecta al segmento de memoria proyectado.
- **Inicialización del segmento de memoria.** Se crearán los hijos que usarán su identificador como base del desplazamiento a la zona de memoria y fijará en cada posición el caracter correspondiente. *Truco:* se puede usar el operador `+` en variables de tipo `char` para movernos por la tabla de caracteres, por ejemplo: `(char) '5' = (char) '0' + (int) 5`
- **Finalización.** El proceso padre esperará la finalización de todos los hijos y eliminará la región con las llamadas `msync(2)` y `munmap(2)`.

**Ejercicio 5.** Compara la implementación del Ejercicio 4 y la realizada en el Ejercicio 11 de la Hoja 3:

- Respecto a E/S, describe qué acciones realiza el sistema. ¿Hay alguna diferencia entre ambas alternativas (e.g. número de escrituras en disco...)? Nota: considera todos los componentes del VFS y memoria virtual.
- Respecto al SO, ¿cuál de las dos alternativas es preferible? ¿Y desde el punto de vista del programador?

**Ejercicio 6.** Considera un sistema operativo con una memoria virtual paginada de un nivel y tamaño de página de 512 palabras. El espacio de direcciones virtuales tiene 512 páginas y la memoria física tiene 10 marcos de página.


- Describe la estructura del espacio de direcciones virtuales y física, y de la tabla de páginas que usaría el sistema operativo. Indica el tamaño de todos los campos.
- Si el contenido de la memoria física es el que se muestra a continuación, determina el contenido de la tabla de páginas del proceso. ¿Qué dirección física corresponde con las direcciones virtuales `0x13FF` y `0x1403`?

0x0000	
0x0200	
0x0400	
0x0600	Página virtual 34
0x0800	Página virtual 9
0x0a00	
0x0c00	
0x0e00	Página virtual 65
0x1000	
0x1200	Página virtual 10

#### Contenido de la memoria

- ¿Qué ocurre si un proceso intenta acceder a la posición `0x80E8`?

- Supongamos que el marco de página en las direcciones 0x0800-0x09ff se quiere compartir con otro proceso. ¿Debería asignarse al mismo segmento virtual?

 **Ejercicio 7.** Considera el siguiente programa:

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
    int factor    = atoi(argv[1]);
    int elementos = factor * 1024;

    printf("Inicializando región de memoria\n");

    int * ptr = (int *) malloc(elementos * sizeof(int));

    for (size_t i = 0; i < elementos; i++){
        ptr[i] = 1;
    }

    sleep(600);

    return 0;
}
```

Realiza dos ejecuciones con el comando `strace` para identificar cómo se reserva la memoria del array `ptr`. Consulta el mapa de memoria del proceso en `/proc` para completar la siguiente tabla para la región de memoria dónde está la memoria del array. **Nota:** lee la sección NOTES de la página de manual de `malloc(3)`.

- **Caso A.** `strace ./ejercicio7 1`
- **Caso B.** `strace ./ejercicio7 1024`

Caso	Dirección ptr	Rango Direcciones	Flags	Tipo Segmento	Mecanismo Memoria Dinámica
A					
B					

**Ejercicio 8.** Un sistema tiene un uso medio de la CPU del 15% (usuario) y 3% (sistema), el área de swap está ocupada al 92%. La salida del comando `ps` muestra 50 procesos en estado "D" (espera no interrumpible) . ¿Cuál de estas acciones aumentará más la utilización de la CPU?:

- Ampliar la memoria principal
- Ejecutar más programas para aumentar el grado de multiprogramación
- Aumentar el área de swap
- Añadir más CPU's

**Ejercicio 9.** En un sistema con memoria virtual paginada indicar las acciones son realizadas por el sistema operativo (especificando a qué estructuras de datos accede y como las modifica) en los

siguiente casos:

- un proceso intenta escribir en una página de solo lectura
- un proceso intenta acceder a una dirección correspondiente a una página que no está en memoria.

**Ejercicio 10.** Considera el siguiente código e indique razonadamente si cada una de las afirmaciones posteriores son ciertas o falsas. Asuma que todos los segmentos de memoria del proceso asociado (texto, datos, pila,...) ocupa una página de 4 Kb.

```
int main() {
    int i;
    int M[128];
    int x,y;

    x = M[0];
    y = 0;

    for (i=1; i < 200; i++) {
        y = x + M[i];
        M[i] = y;
    }
    return 0;
}
```

- El proceso provocará una excepción por violación de segmento (SIGSEV) al ejecutarlo porque accede a elementos de M no reservados.
- La ejecución del proceso corromperá los datos de la pila.
- La ejecución del proceso puede corromper el segmento de código del programa.
- Si se modifica el bucle para que recorra 4096 posiciones del array M se producirá una excepción.