Grupo ARCOS Universidad Carlos III de Madrid

Lección 4 Gestión de memoria

Sistemas Operativos Ingeniería Informática



A recordar...

Antes de clase

Clase

Después de clase

Preparar los pre-requisitos.

Estudiar el material asociado a la bibliografía: las transparencias solo no son suficiente. Preguntar dudas (especialmente tras estudio).

Ejercitar las competencias:

- Realizar todos los ejercicios.
- Realizar los cuadernos de prácticas y las prácticas de forma progresiva.

Lecturas recomendadas



- I. Carretero 2020:
 - I. Cap. 5
- 2. Carretero 2007:
 - 1. Cap. 4

Recomendada



- I. Tanenbaum 2006:
 - (es) Cap. 4
 - 2. (en) Cap. 4
- 2. Stallings 2005:
 - Parte tres
- 3. Silberschatz 2006:
 - . 4

Contenidos

Introducción:

- Modelo abstracto y definiciones básicas.
- 2. Mapa de memoria de un proceso: regiones de memoria.
- 2. Funciones del gestor de memoria.
 - Particionamiento de memoria.
 - 2. Algoritmos de gestión de memoria.
- 3. Memoria virtual.
- 4. Servicios del gestor de memoria.

Contenidos

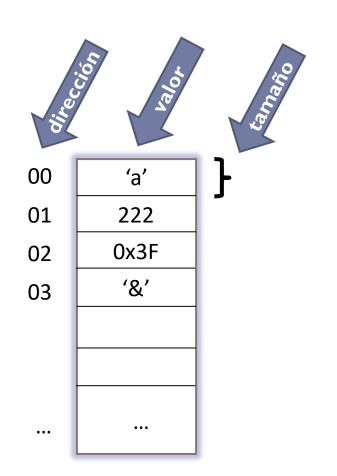
- Introducción:
 - Modelo abstracto y definiciones básicas.
 - 2. Mapa de memoria de un proceso: regiones de memoria.
- 2. Funciones del gestor de memoria.
 - 1. Particionamiento de memoria.
 - 2. Algoritmos de gestión de memoria.
- 3. Memoria virtual.
- 4. Servicios del gestor de memoria.





Modelo abstracto dirección, valor y tamaño





Valor

Elemento guardado en memoria a partir de una dirección, y que ocupa un cierto tamaño para ser almacenada.

Dirección

Número que identifica la posición de memoria (celda) a partir de la cual se almacena el valor de un cierto tamaño.

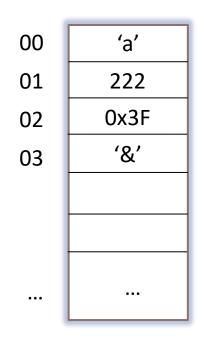
▶ Tamaño

 Número de bytes necesarios a partir de la dirección de comienzo para almacenar el valor.

Modelo abstracto

interfaz funcional





- valor = read (dirección)
- write (dirección, valor)

Antes de acceder a una dirección, tiene que apuntar a una zona de memoria previamente reservada (tener autorización/permiso).

Definiciones básicas

Elementos

Programa

Imagen de proceso

Proceso

Entornos

monoprogramados

multiprogramados

Definiciones básicas

Elementos

Programa

Imagen de proceso

Proceso

Entornos

monoprogramados

multiprogramados

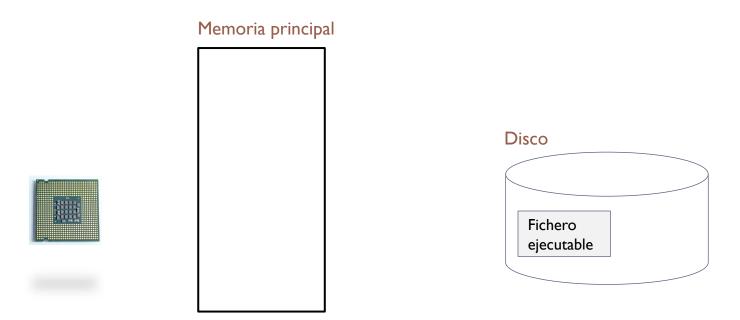


Programa: conjunto de datos e instrucciones ordenadas que permiten realizar una tarea o trabajo específico.

Disco		
Fich	ero utable	

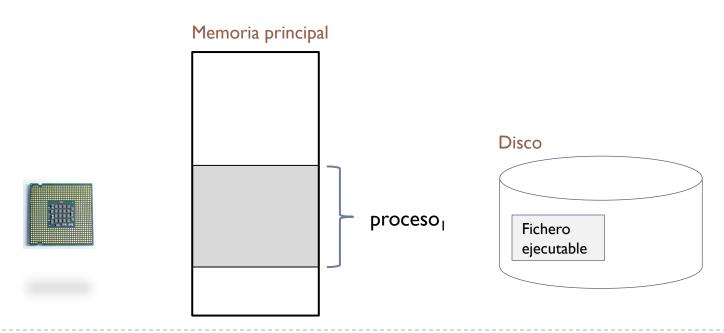


- Programa: conjunto de datos e instrucciones ordenadas que permiten realizar una tarea o trabajo específico.
 - Para su ejecución, ha de estar en memoria.





Proceso: programa en ejecución.





- Proceso: programa en ejecución.
 - Es posible un mismo programa ejecutarlo varias veces (lo que da lugar a varios procesos).

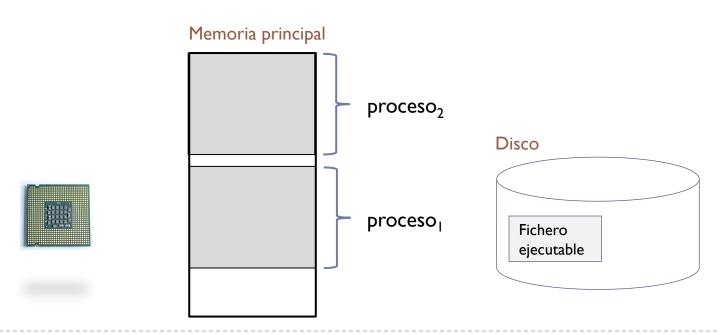
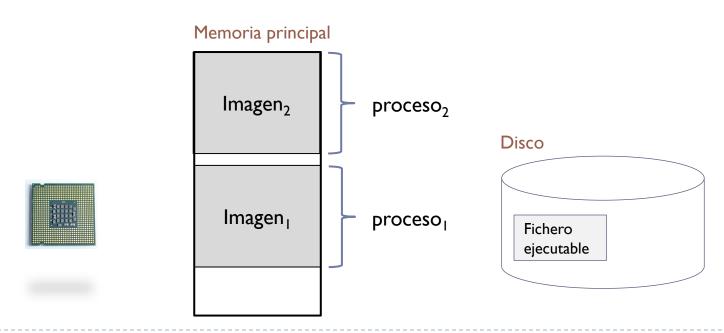




Imagen de un proceso

Imagen de memoria: conjunto de direcciones de memoria asignadas al programa que se está ejecutando (y contenido).



Definiciones básicas

Elementos

Programa

Imagen de proceso

Proceso

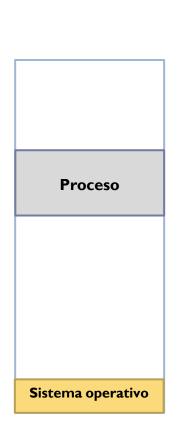
Entornos

monoprogramados

multiprogramados



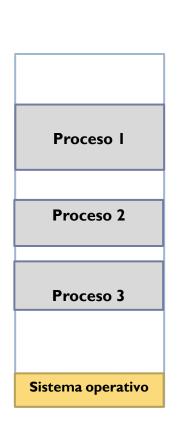
Sistemas monoprogramados



- Ejecución un proceso como máximo
- Memoria compartida entre el sistema operativo y el proceso

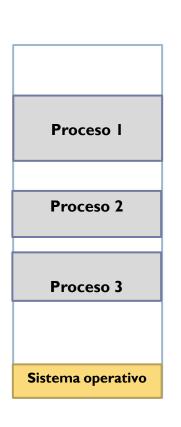
▶ Ej.: MS-DOS, DR-DOS, etc.





- Se mantiene más de un proceso en memoria
- Se mejorar ocupación de CPU:
 - proceso bloqueado -> ejecuta otro
- La gestión de memoria es una tarea de optimización bajo restricciones

▶ Ej.: Unix, Windows NT, etc.



 Se mantiene más de un proceso en memoria

- Se mejorar ocupación de CPU:
 - proceso bloqueado -> ejecuta otro
- La gestión de memoria es una tarea de optimización bajo restricciones

▶ Ej.: Unix, Windows NT, etc.

ejemplo de cálculo de utilización

Proceso I

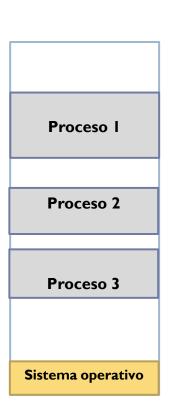
Proceso 2

Proceso 3

Sistema operativo

- n = 5 procesos independientes
- p = 0,8 del tiempo bloqueado (20% en CPU)
- utilización = 5*20% → 100%

ejemplo de cálculo de utilización

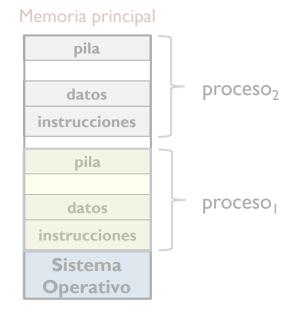


- p = % tiempo un proceso está bloqueado
- pⁿ = probabilidad de que n procesos independientes estén todos bloqueados
- I pⁿ = probabilidad de que la CPU
 no esté ociosa (no idle)
 - n = 5 procesos independientes
 - p = 0,8 del tiempo bloqueado (20% en CPU)
 - utilización = 5*20% → 100%
 - utilización = I-0,8 $^5 \rightarrow 67\%$ I-0,8 $^{10} \rightarrow 89\%$

Contenidos

Introducción:

- Modelo abstracto y definiciones básicas.
- 2. Mapa de memoria de un proceso: regiones de memoria.
- Funciones del gestor de memoria.
 - 1. Particionamiento de memoria.
 - 2. Algoritmos de gestión de memoria.
- 3. Memoria virtual.
- 4. Servicios del gestor de memoria.



Organización lógica (de los programas) modelo de memoria de un proceso

- Un proceso está formado por una serie de regiones.
 - Unidad de trabajo al proteger, compartir, etc.
- Una región es una zona contigua del espacio de direcciones de un proceso con las mismas propiedades.
- Principales propiedades:
 - Permisos: lectura, escritura y ejecución.
 - Compartición entre hilos: private o shared
 - Tamaño (fijo/variable)
 - Valor inicial a usar (con/sin soporte)
 - Creación estática o dinámica
 - Sentido de crecimiento
 - Dirección de comienzo y tamaño inicial

0xFFFF..

pila

datos

código

0x0000..

código (text) Código Estático • Se conoce en tiempo de compilación int a; • Secuencia de instrucciones a ser ejecutadas int b = 5; 0xFFFF.. void f(int c) { int d; pila static e = 2;b = d + 5;return; main (int argc, char **argv) { datos estáticos char *p; sin valor inicial p = (char *) malloc (1024)datos estáticos con valor inicial f(b)código free (p) 0x0000.. exit (0)

datos (data) Variable globales Estáticas Se crean al iniciar el programa int a; • Existen durante ejecución int b = 5;• Dirección fija en memoria y ejecutable 0xFFFF.. void f(int c) { int d; pila static e = 2b = d + 5;return; main (int argc, char **argv) { datos estáticos char *p; sin valor inicial p = (char *) malloc (1024)datos estáticos con valor inicial f(b)código free (p) $0 \times 0 0 0 0$. exit (0)

pila (stack) Variable locales y parámetros Dinámicas Se crean al invocar la función. int a; • Se destruyen al retornar int b = 5; Recursividad: varias instancias de una variable 0xFFFF.. void f(int c) { int d; pila static e = 2;b = d + 5;return; main (int argc, char **argv datos estáticos char *p; sin valor inicial p = (char *) malloc (1024)datos estáticos con valor inicial f(b)código free (p) 0×0000 . exit (0)

Principales regiones de un proceso pila (stack)

```
int a;
int b = 5;
                                                                            0xFFFF..
void f(int c) {
          int d;
                                                                        pila
          static e = 2;
                                                                        pila'
          b = d + 5;
           . . . . . . .
          return;
main (int argc, char **argv) {
                                                                      datos estáticos
          char *p;
                                                                      sin valor inicial
          p = (char *) malloc (1024)
                                                                      datos estáticos
                                                                      con valor inicial
          f(b)
           ..... pthread create(f...)
                                                                       código
          free (p)
                                                                            0x0000..
          exit (0)
```

Organización lógica (de los programas) principales regiones de un proceso

Código o Texto

Compartida, RX, T. Fijo, soporte en ejecutable

Datos

- Con valor inicial
 - Compartido, RW, T. Fijo, soporte en ejecutable
- Sin valor inicial
 - Compartido, RW, T. Fijo, sin soporte (rellenar 0)

Pila

- Privada, RW,T.Variable, sin soporte (rellenar 0)
- Crece hacia direcciones más bajas
- Pila inicial: argumentos del programa
- Cada hilo/thread tiene su pila (similares características que la pila del proceso)

Oxffff..

pila

datos estáticos sin valor inicial

datos estáticos con valor inicial

código

0x0000..

Organización lógica (de los programas) modelo de memoria de un proceso

Región de Heap

- Soporte de memoria dinámica (malloc en C)
- Compartido, RW, T. Variable, sin soporte (rellenar 0)
- Crece hacia direcciones más altas

Ficheros proyectados

- Región asociada al fichero proyectado
- Privado/Compartido, T. Variable, soporte en fichero
- Protección especificada en proyección

Bibliotecas dinámicas

Regiones con código y datos proyectados

Memoria compartida

- Entre distintos procesos (proyección)
- Compartida, T. variable, Sin soporte (o swap)
- Protección especificada en proyección

0xFFFF..

pila

• • •

datos

código

0x0000..

Organización lógica (de los programas) modelo de memoria de un proceso

Región de Heap

- Soporte de memoria dinámica (malloc en C)
- Compartido, RW, T. Variable, sin soporte (rellenar 0)
- Crece hacia direcciones más altas

Ficheros proyectados

- Región asociada al fichero proyectado
- Privado/Compartido, T. Variable, soporte en fichero
- Protección especificada en proyección

Bibliotecas dinámicas

Regiones con código y datos proyectados

Memoria compartida

- Entre distintos procesos (proyección)
- Compartida, T. variable, Sin soporte (o swap)
- Protección especificada en proyección

Oxffff..

pila

datos

código

 0×0000 .

datos dinámicos (heap)

Variable dinámicas

 Variables locales o globales sin espacio asignado en tiempo de compilación

```
int a;
                                     • Se reserva (y libera) espacio en tiempo
int b = 5;
                                       de ejecución
                                                                       0xFFFF..
void f(int c) {
          int d;
                                                                    pila
          static e = 2;
         b = d + 5;
          return;
                                                                   datos
                                                                 dinámicos
main (int argc, char **argv) {
          char *p;
                                                                   datos
          p = (char *) malloc (1024)
                                                                  estáticos
          f(b)
                                                                  código
          free (p)
                                                                       0x0000..
          exit (0)
```

Organización lógica (de los programas) modelo de memoria de un proceso

Región de Heap

- Soporte de memoria dinámica (malloc en C)
- Compartido, RW, T. Variable, sin soporte (rellenar 0)
- Crece hacia direcciones más altas

Ficheros proyectados

- Región asociada al fichero proyectado
- Privado/Compartido, T. Variable, soporte en fichero
- Protección especificada en proyección

Bibliotecas dinámicas

Regiones con código y datos proyectados

Memoria compartida

- Entre distintos procesos (proyección)
- Compartida, T. variable, Sin soporte (o swap)
- Protección especificada en proyección

0xFFFF..

pila

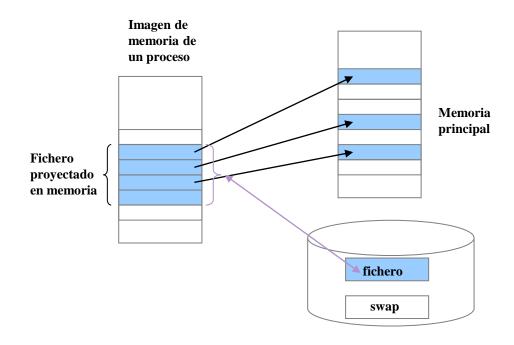
• • •

datos

código

0x0000..

Ficheros proyectados en memoria



- Una región de un proceso se asocia a un fichero
- Habrá páginas del fichero en memoria principal
- El proceso direcciona dentro del fichero con instrucciones de acceso a memoria (en lugar de read/write)

Organización lógica (de los programas) modelo de memoria de un proceso

Región de Heap

- Soporte de memoria dinámica (malloc en C)
- Compartido, RW, T. Variable, sin soporte (rellenar 0)
- Crece hacia direcciones más altas

Ficheros proyectados

- Región asociada al fichero proyectado
- Privado/Compartido, T. Variable, soporte en fichero
- Protección especificada en proyección

Bibliotecas dinámicas

Regiones con código y datos proyectados

▶ Memoria compartida

- Entre distintos procesos (proyección)
- Compartida, T. variable, Sin soporte (o swap)
- Protección especificada en proyección

0xFFFF..

pila

• • •

datos

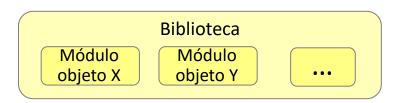
código

0x0000..

Biblioteca estática vs dinámica

Biblioteca

 Colección de módulos objetos relacionados



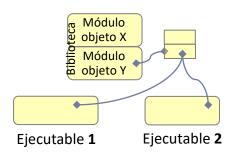
Biblioteca estática

- Carga y montaje en tiempo de compilación.
- ▶ [V] Ejecutable autocontenido
- [I] Desperdicio de memoria por múltiples copias,
 Actualizar precisa recompilar los ejecutables

Módulo W objeto X O Módulo W objeto Y Ejecutable 1 Ejecutable 2

Biblioteca dinámica

- Carga y montaje en tiempo de ejecución.
 - Ejecutable indica bibliotecas dinámicas a cargar.
 - ▶ Uso de referencias indirectas mediante una tabla.
- [V] Ejecutable menor + evita duplicación + facilita actualizaciones (y ofrece versionado)
- Il] Algo más tiempo de ejecución + dependencia



Ejemplo de mapa de memoria

0xFFFF..



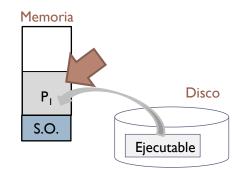
0x0000..

Características de regiones

resumen

Región	Soporte	Protección	Comp./Priv.	Tamaño	Valor inicial
Código	Fichero ejec.	RX	Compartida	Fijo	<desde soporte=""></desde>
Datos con v.i.	Fichero ejec.	RW	Privada	Fijo	<desde soporte=""></desde>
Datos sin v.i.	Sin soporte	RW	Privada	Fijo	Rellenar con 0
Pila	Sin soporte	RW	Privada	Variable	Args. del programa, dirs. decrecientes
Неар	Sin soporte	RW	Privada	Variable	
Fich. Proyect.	Fichero	Por usuario	Comp./priv.	Variable	<desde soporte=""></desde>
Mem. Comp.	Sin soporte	Por usuario	Compartida	Variable	

Inspeccionar un proceso

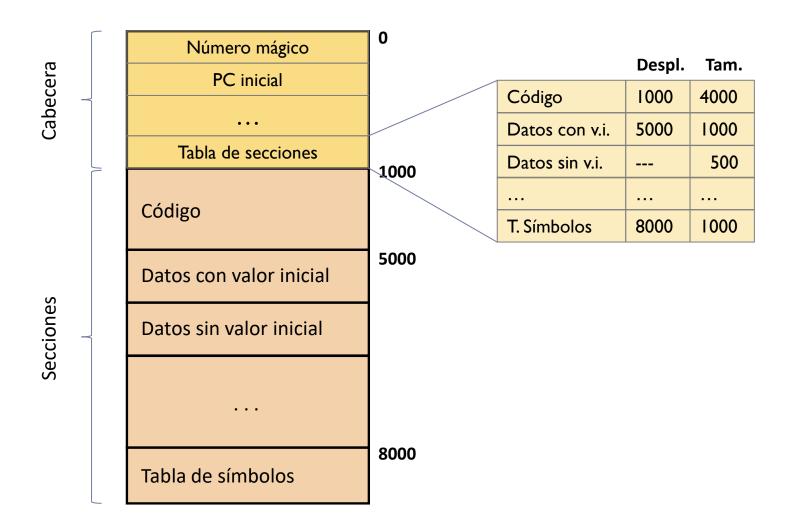


Detalles de las secciones de un proceso:

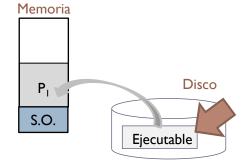
```
acaldero@patata:~/infodso/$ cat /proc/1/maps
b7688000-b7692000 r-xp 00000000 08:02 1491
                                                 /lib/libnss files-2.12.1.so
b7692000-b7693000 r--p 00009000 08:02 1491
                                                 /lib/libnss files-2.12.1.so
                                                 /lib/libnss files-2.12.1.so
b7693000-b7694000 rw-p 0000a000 08:02 1491
                                                 /lib/libnss nis-2.12.1.so
b7694000-b769d000 r-xp 00000000 08:02 3380
b769d000-b769e000 r--p 00008000 08:02 3380
                                                 /lib/libnss nis-2.12.1.so
b769e000-b769f000 rw-p 00009000 08:02 3380
                                                 /lib/libnss nis-2.12.1.so
b769f000-b76b2000 r-xp 00000000 08:02 1414
                                                 /lib/libnsl-2.12.1.so
b76b2000-b76b3000 r--p 00012000 08:02 1414
                                                 /lib/libnsl-2.12.1.so
b76b3000-b76b4000 rw-p 00013000 08:02 1414
                                                 /lib/libnsl-2.12.1.so
b76b4000-b76b6000 rw-p 00000000 00:00 0
b78b7000-b78b8000 r-xp 00000000 00:00 0
                                                 [vdso]
b78b8000-b78d4000 r-xp 00000000 08:02 811
                                                 /lib/ld-2.12.1.so
b78d4000-b78d5000 r--p 0001b000 08:02 811
                                                 /lib/ld-2.12.1.so
b78d5000-b78d6000 rw-p 0001c000 08:02 811
                                                 /lib/ld-2.12.1.so
b78d6000-b78ef000 r-xp 00000000 08:02 1699
                                                 /sbin/init
b78ef000-b78f0000 r--p 00019000 08:02 1699
                                                 /sbin/init
b78f0000-b78f1000 rw-p 0001a000 08:02 1699
                                                 /sbin/init
b81e5000-b8247000 rw-p 00000000 00:00 0
                                                 [heap]
bf851000-bf872000 rw-p 00000000 00:00 0
                                                 [stack]
```

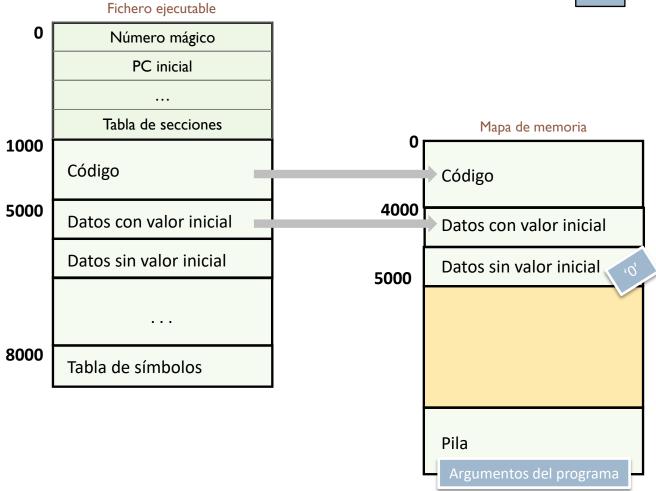
direccion perm. offset dev nodo-i nombre

Ejemplo de formato de ejecutable

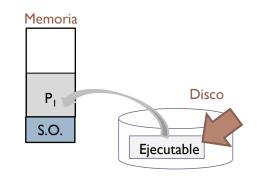


Crear mapa desde ejecutable





Inspeccionar un ejecutable

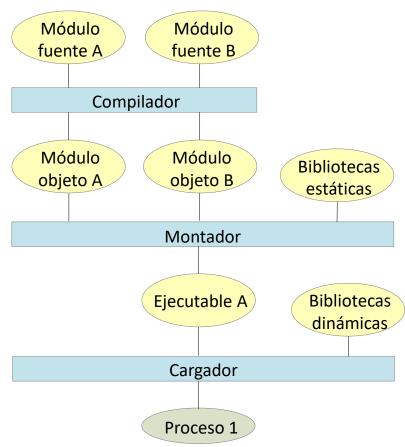


Detalles de las secciones de un <u>ejecutable</u>:

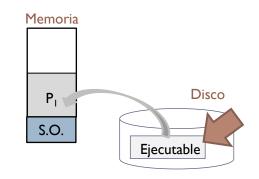
```
acaldero@patata:~/infodso/$ objdump -x main.exe
Program Header:
DYNAMIC off
               0x00000f20 vaddr 0x08049f20 paddr 0x08049f20 align 2**2
        filesz 0x000000d0 memsz 0x00000d0 flags rw-
               0x00000000 vaddr 0x00000000 paddr 0x00000000 align 2**2
  STACK off
        filesz 0x00000000 memsz 0x0000000 flags rw-
Dynamic Section:
                      libdinamica.so
 NEEDED
                     libc.so.6
 NEEDED
                      0x08048368
 INIT
```

Fases de generación de un ejecutable

- Procesado en dos fases:
 - Compilación:
 - Generar binario y referencias
 - Resolver referencias dentro cada módulo
 - Genera módulo objeto
 - Montaje (o enlace):
 - Resolver referencias entre módulos objeto
 - Resolver referencias a símbolos de bibliotecas
 - Generar ejecutable incluyendo bibliotecas estáticas
- Durante la carga del ejecutable se usa la información para generar la imagen del proceso.



Inspeccionar un ejecutable



Dependencias de un ejecutable (lib. dinámicas):

```
acaldero@patata:~/infodso/$ ldd main.exe
    linux-gate.so.1 => (0xb7797000)
    libdinamica.so.1 => not found
    libc.so.6 => /lib/libc.so.6 (0xb761c000)
    /lib/ld-linux.so.2 (0xb7798000)
```

Símbolos de un ejecutable:

Contenidos

I. Introducción:

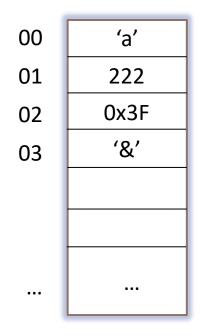
- 1. Modelo abstracto y definiciones básicas.
- 2. Mapa de memoria de un proceso: regiones de memoria.

2. Funciones del gestor de memoria.

- Particionamiento de memoria.
- 2. Algoritmos de gestión de memoria.
- 3. Memoria virtual.
- 4. Servicios del gestor de memoria.

Modelo abstracto

interfaz funcional



- valor = read (dirección)
- write (dirección, valor)

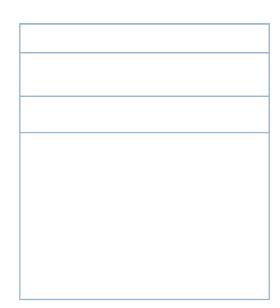
Antes de acceder a una dirección, tiene que apuntar a una zona de memoria previamente reservada (tener autorización/permiso).



Gestor de memoria

Gestor de memoria (memory allocator)

memory allocator = Bloque

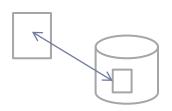


Gestor de memoria (memory allocator)

memory allocator = Bloque + Interfaz

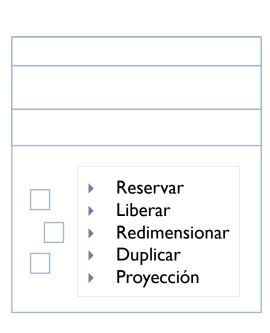
Reservar
Liberar
Redimensionar
Duplicar
Proyección

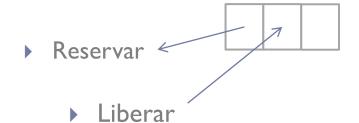
- ReservarLiberar
- Duplicación
- Proyección en memoria

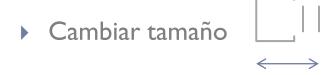


Gestor de memoria (memory allocator)

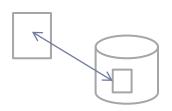
memory allocator = Bloque + Interfaz + Metadatos



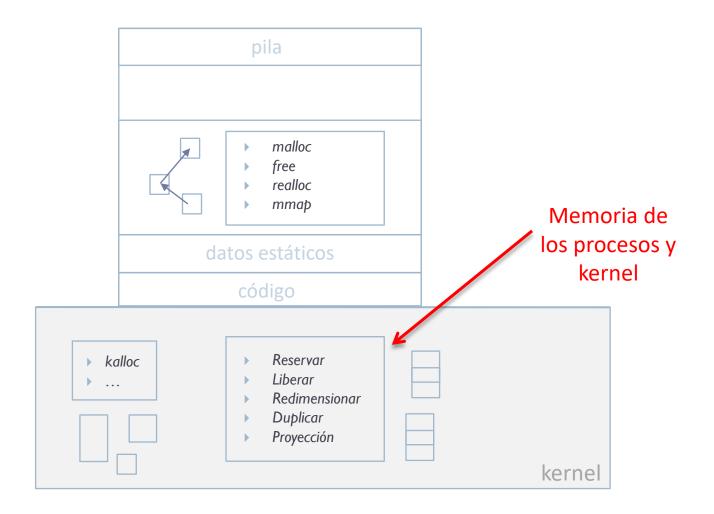




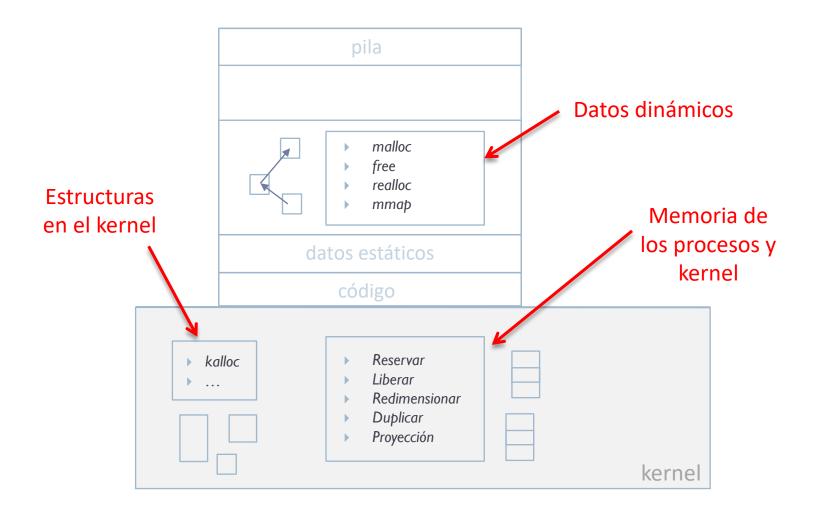
- Duplicación
- Proyección en memoria



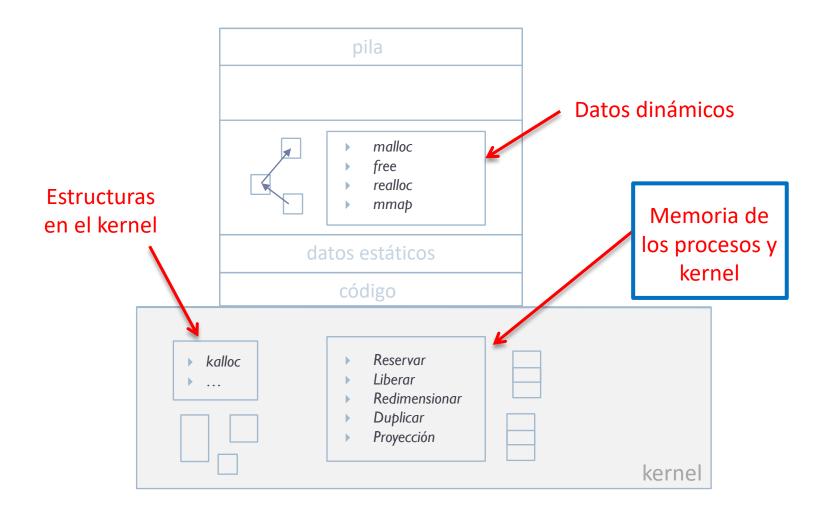
Gestores a varios niveles: N1



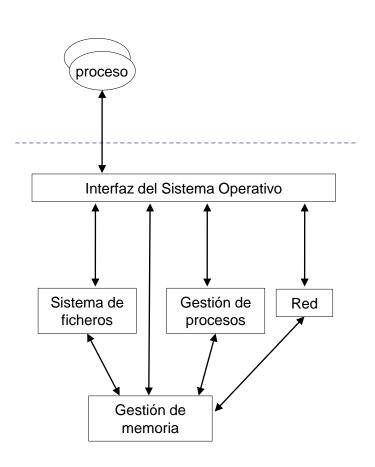
Gestores a varios niveles: N2



Gestores a varios niveles

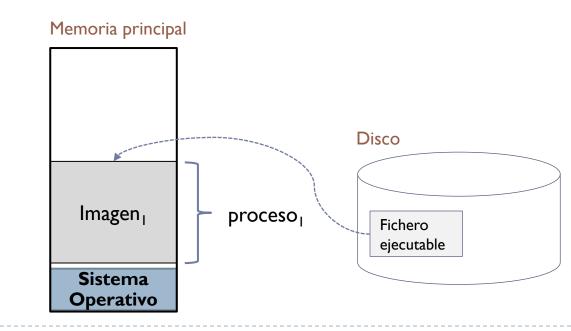


Ámbito de la gestión de memoria (N1)



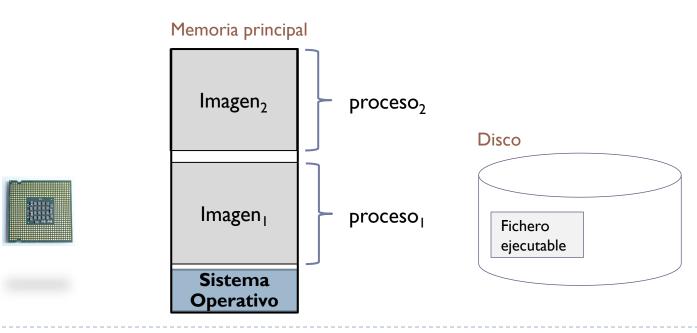
- Encargado de la gestión de la memoria entre procesos y el propio s.o. (kernel)
- ► El resto del sistema operativo es su mejor cliente...:
 - Gestión de procesos
 - Gestión de ficheros
- ...Pero es un reflejo de las necesidades de los procesos

- Crear un proceso a partir de la información del ejecutable.
- Repartir su uso entre todos los procesos (similar a repartir la CPU).
- Poder modificar la imagen a petición de los procesos.
- Cargar/Descargar parte de la imagen (tener lo necesario de procesos).
 - Trata de mejorar el uso de recursos: Out-of-core + ocupación de la CPU

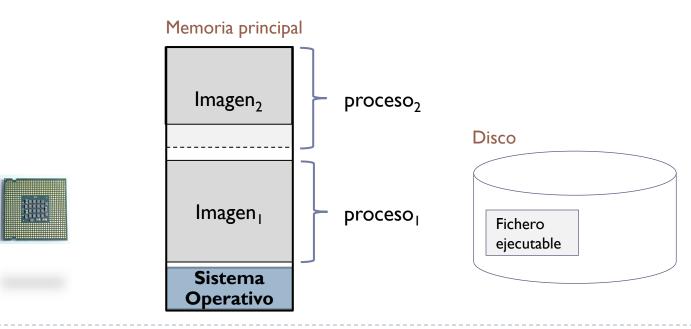




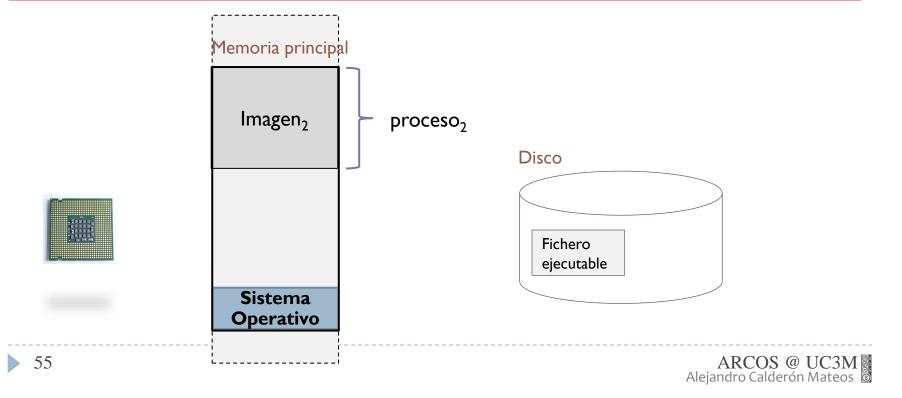
- Crear un proceso a partir de la información del ejecutable.
- Repartir su uso entre todos los procesos (similar a repartir la CPU).
- Poder modificar la imagen a petición de los procesos.
- ► Cargar/Descargar parte de la imagen (tener lo necesario de ↑ procesos).
 - Trata de mejorar el uso de recursos: Out-of-core + ocupación de la CPU



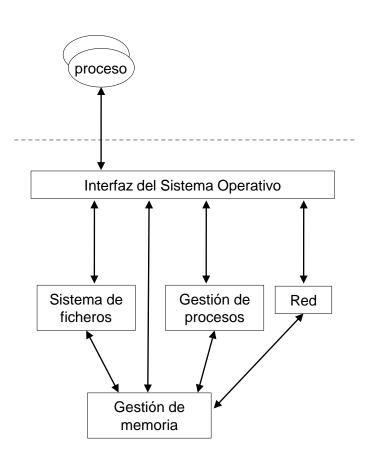
- Crear un proceso a partir de la información del ejecutable.
- Repartir su uso entre todos los procesos (similar a repartir la CPU).
- Poder modificar la imagen a petición de los procesos.
- Cargar/Descargar parte de la imagen (tener lo necesario de procesos).
 - Trata de mejorar el uso de recursos: Out-of-core + ocupación de la CPU



- Crear un proceso a partir de la información del ejecutable.
- Repartir su uso entre todos los procesos (similar a repartir la CPU).
- Poder modificar la imagen a petición de los procesos.
- ▶ Cargar/Descargar parte de la imagen (tener lo necesario de ↑ procesos).
 - Trata de mejorar el uso de recursos: Out-of-core + ocupación de la CPU



Ámbito de la gestión de memoria (N1)



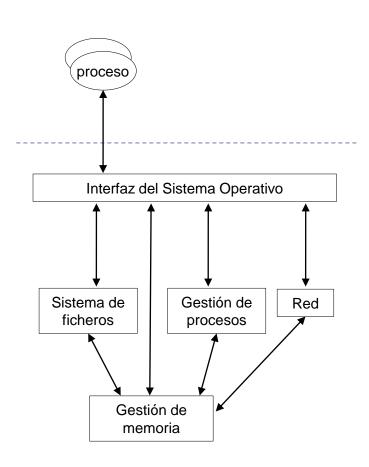
S.O. multiplexa recursos entre procesos

- Cada proceso cree que tiene una máquina para él solo.
- Gestión de procesos: Reparto de procesador.
- Gestión de memoria: Reparto de memoria.

Objetivos:

Objetivos generales

- Ofrecer a cada proceso un espacio lógico propio.
- Proporcionar protección entre procesos.
- Permitir que los procesos compartan memoria.
- Dar soporte a las regiones del proceso.
- Maximizar el grado de multiprogramación.
- Proporcionar a los procesos mapas de memoria muy grandes.



Localización de referencias a memoria

 ha de traducir las referencias a memoria a direcciones físicas

2. Protección de espacios de memoria

 prohibir referencias entre procesos distintos

3. Compartición de espacios de memoria

 permitir que varios procesos accedan a un espacio de memoria común

4. Organización lógica (de programas)

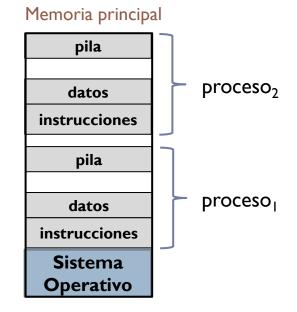
 los programas se dividen en módulos independientes

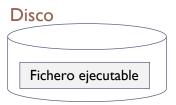
5. Organización física (de la memoria)

rellenar la memoria con múltiples programas y módulos

1.- Localización de referencias a memoria

- El programador no tiene porque saber dónde se colocará el programa en memoria cuando se ejecute:
 - Si se ejecuta varias veces, cada una de ellas irá a una parte de memoria diferente.
 - Mientras es ejecutado también puede suspenderse en m. secundaria y volver a memoria en una posición diferente.
- Ejecutable contiene direcciones lógicas (ej.: vector en la posición 1004) y al cargar hay que asignar las correspondientes direcciones físicas.
- Reubicación: traducción de las referencias lógicas (relativas) de memoria a direcciones físicas (absolutas)

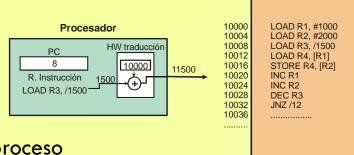




1.- Localización de referencias a memoria

- Reubicación hardware
 - Hardware (MMU) encargado de traducción
 - Programa se carga en memoria sin modificar
 - S.O. se encarga de:
 - Almacenar la función de traducción de cada proceso
 - Especificar al hw. la función a aplicar por proceso
- Reubicación software
 - Traducción de direcciones al cargar el programa
 - Programa en memoria distinto del ejecutable
 - Desventajas:
 - No asegura protección
 - No permite mover imagen proceso en tiempo de ejecución

 Reubicación: traducción de las referencias lógicas (relativas) de memoria a direcciones físicas (absolutas)



Memoria

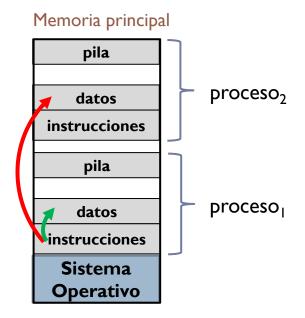
Memoria

LOAD R1, #11000 LOAD R2, #12000 LOAD R3, /11500 LOAD R4, [R1] STORE R4, [R2] 10020 INC R1 10024 INC R2 10028 DEC R3 10032 JNZ /10012

Disco
Fichero ejecutable

2.- Protección de espacios de memoria

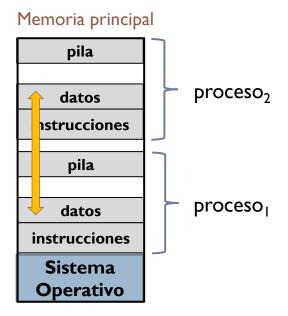
- Los procesos no han de usar posiciones de memoria de otros procesos por seguridad.
 - Excepción: depurador.
 - Reubicación previene, pero no evita.
- Las posiciones de memoria tendrían que ser comprobadas en tiempo de ejecución
 - No es posible comprobar los accesos a memoria física en tiempo de compilación
- Las posiciones de memoria han de comprobarse por hardware
 - El sistema operativo trata excepciones pero no anticipa las referencias de memoria que un proceso va a realizar.



3.- Compartición de espacios de memoria

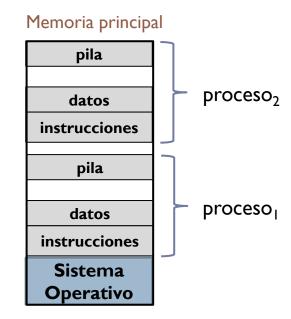
- Opuesto al punto anterior

 (aparentemente) debe ser posible que varios procesos puedan acceder a la misma porción de memoria:
 - Procesos ejecutando el mismo código podrían compartir la misma copia de código en memoria
 - Procesos que cooperan en la misma tarea pueden necesitar acceder a las mismas estructuras de datos
- Debe ser solicitado y concedido explícitamente
 - Depurador, etc.



4.- Organización lógica (de los programas)

- Imagen de un proceso no es homogénea
 - Ej.: código, variables locales, etc.
 - Cada tipo de información tiene distintas necesidades
 - Lectura, escritura, ejecución, etc.
 - Creación estática o dinámica
- La información de un proceso (su imagen) se divide en diferentes regiones
 - Cada región se adapta a un tipo de datos concreto (código, variable dinámica, etc.)
 - Hay que gestionar las zonas sin asignar (huecos)
- Gestionar la memoria de un proceso es gestionar cada una de sus regiones



5.- Organización física (de la memoria)

- Poder ejecutar un proceso cuando su imagen de memoria es más grande que la memoria principal:
 - Se guardan en disco las partes del proceso que no se usen en el momento
- Poder ejecutar un conjunto de procesos cuya ocupación de memoria es mayor que la memoria principal
- Evitar pérdida de memoria por fragmentación:
 - Hay memoria física libre pero está fragmentada en espacios no contiguos que el sistema de gestión no puede aprovechar

Memoria principal (512 MB)

proceso₃

proceso₂

proceso₁

Sistema
Operativo

32 bits (4 GB)

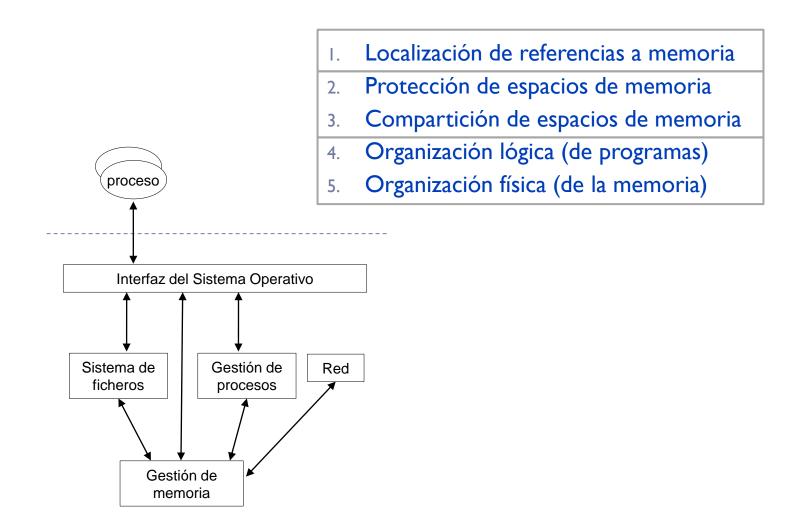




Fichero ejecutable

Ámbito, arquitectura y objetivos

resumen

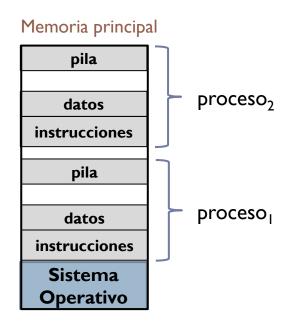


Contenidos

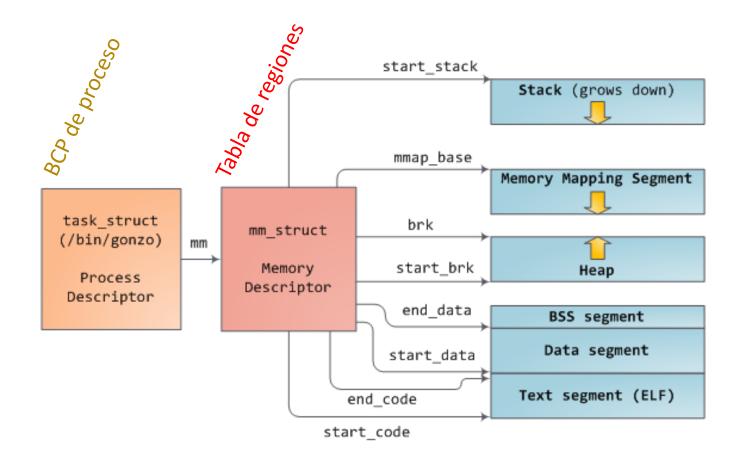
- Introducción:
 - Modelo abstracto y definiciones básicas.
 - 2. Mapa de memoria de un proceso: regiones de memoria.
- 2. Funciones del gestor de memoria.
 - 1. Particionamiento de memoria.
 - 2. Algoritmos de gestión de memoria.
- 3. Memoria virtual.
- 4. Servicios del gestor de memoria.

4.- Organización lógica (de los programas) soporte de regiones de memoria

- Imagen de un proceso no es homogénea
 - Dividida en diferentes regiones
 - Cada región tiene mismas características.
 - Cada región se adapta a un tipo de datos concreto (código, variable dinámica, etc.)
- Mapa de proceso variable en el tiempo
 - Se crean y destruyen regiones.
 - Las regiones pueden cambiar de tamaño.
 - Existen zonas sin asignar (huecos)
- Gestor de memoria administra cada una de las regiones de un proceso
 - S.O. usa "tabla" de regiones por proceso
 - CRUD de regiones
 - Controla el adecuado uso, detectando:
 - accesos no permitidos, accesos a huecos, reserva de huecos, etc.



Gestor de memoria: MP+Interfaz+**Metadatos** tabla de regiones en Linux

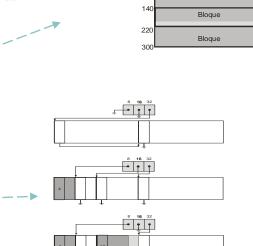


Gestión de información de regiones particionado de memoria

Bloque

Bloque

- Se precisa llevar la pista de bloques y huecos
 - Internamente a la unidad gestionada
 - Externamente (tabla de regiones)
- Distintas soluciones:
 - Lista única
 - Múltiples listas con huecos de tamaño variable
 - Problema: se genera huecos de distintos tamaños no continuos no aprovechables (fragmentación externa)
 - > Solución: compactar memoria (lento en m. grande)
 - Múltiples listas con particiones estáticas
 - Problema: huecos no aprovechables dentro del bloque asignado (fragmentación interna) + límite tamaño
 - Solución: huecos fijos de varios tamaños
 - Sistema *buddy* binario (huecos: 2ⁿ)
 - Mapa de bits



Bloque

Algoritmo de asignación de espacio

- + eficiente: menos fragmentación
 - □ El hueco que mejor ajuste (best fit)
 - Selección: comprobar todos u ordenados por tamaño.
 - El hueco que peor ajuste (worst fit)
 - Selección: comprobar todos u ordenados por tamaño.
 - □ El primer hueco que ajuste (first fit)
 - Suele ser la mejor política en muchas situaciones.
 - El próximo hueco que ajuste (next fit)
 - Variación del primero que ajuste.
 - Busca a partir del último asignado.
- + rápido: menos tiempo de búsqueda

Contenidos

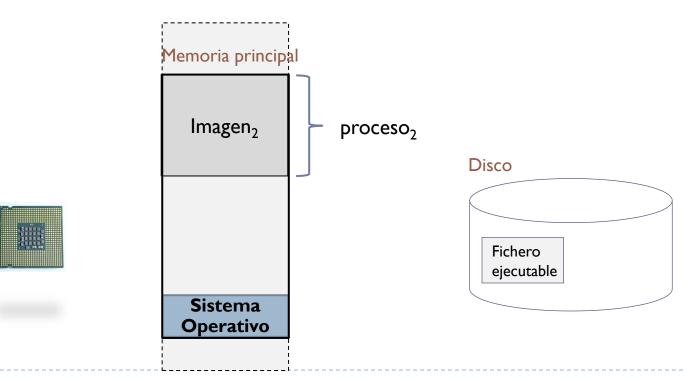
I. Introducción:

- Modelo abstracto y definiciones básicas.
- 2. Mapa de memoria de un proceso: regiones de memoria.
- 2. Funciones del gestor de memoria.
 - Particionamiento de memoria.
 - 2. Algoritmos de gestión de memoria.
- 3. Memoria virtual.
- 4. Servicios del gestor de memoria.



El sistema operativo...

- El sistema operativo se encargará en la gestión de la memoria de:
 - ▶ Cargar/Descargar parte de la imagen (tener lo necesario de procesos).
 - Trata de mejorar el uso de recursos: Out-of-core + ocupación de la CPU
 - Parte información de gestión no en el BCP: por eficiencia y compartición.

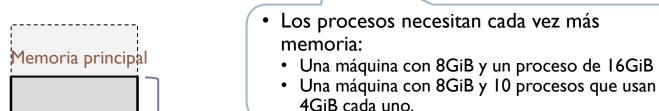


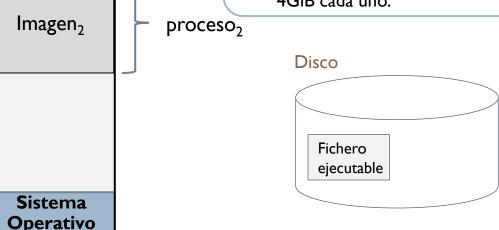


El sistema operativo...

- El sistema operativo se encargará en la gestión de la memoria de:
 - Cargar/Descargar parte de la imagen (tener lo necesario de 1 procesos).
 - Trata de mejorar el uso de recursos: Out-of-core + ocupación de la CPU
 - Parte información de gestión no en el BCP:

viciencia y compartición.

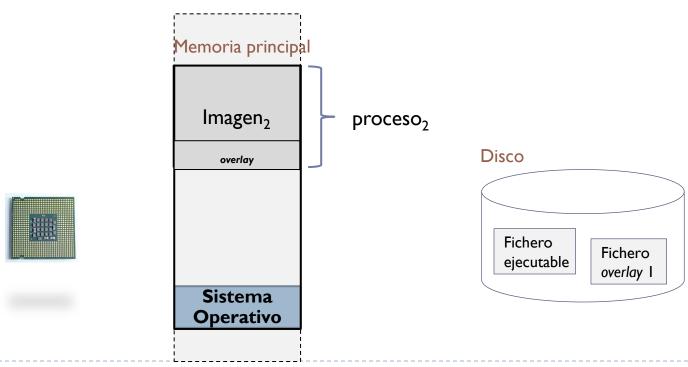






El sistema operativo...

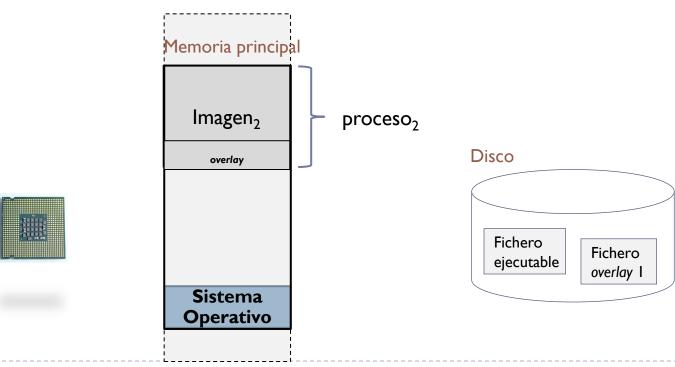
- Inicialmente se usó el mecanismo de overlays de:
 - ▶ Cargar/Descargar parte de la imagen (solo tener lo necesario en memoria).
 - Cada programador se ocupa explícitamente de los overlays de su programa.

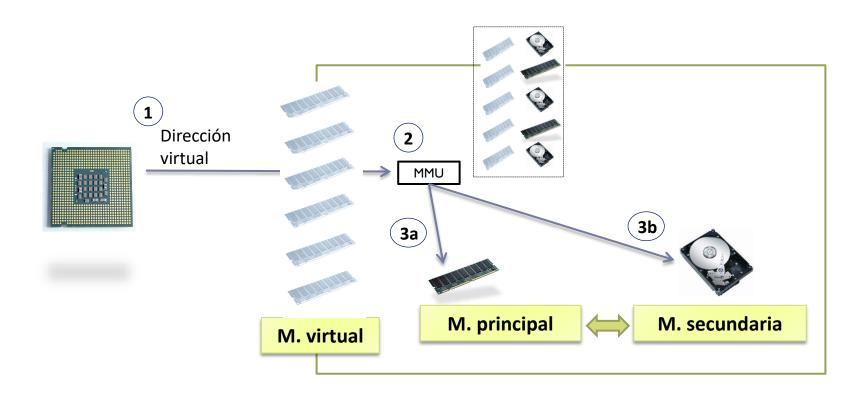


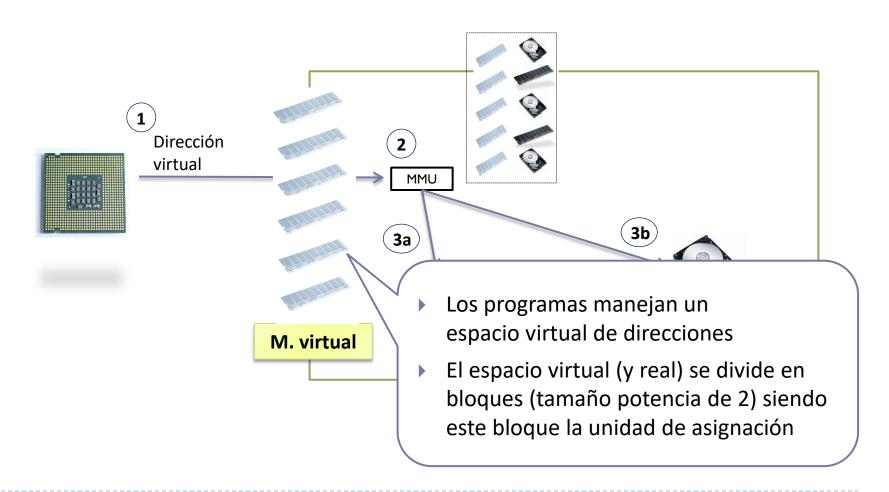


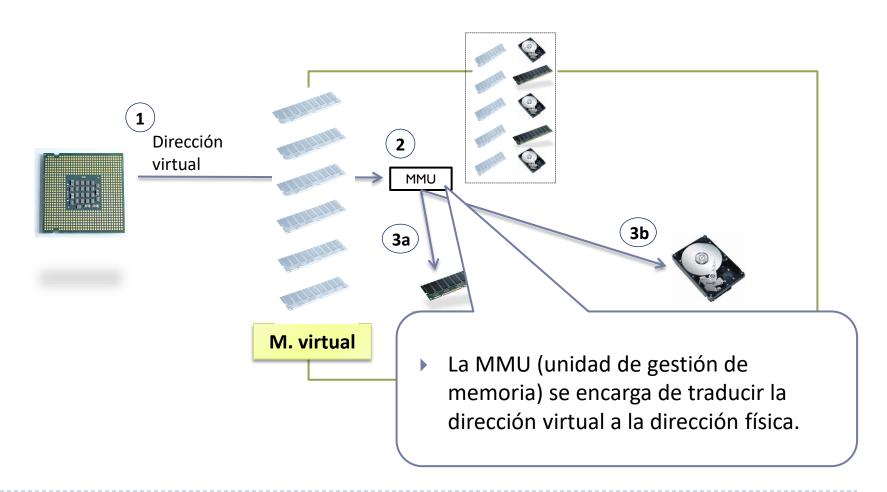
El sistema operativo...

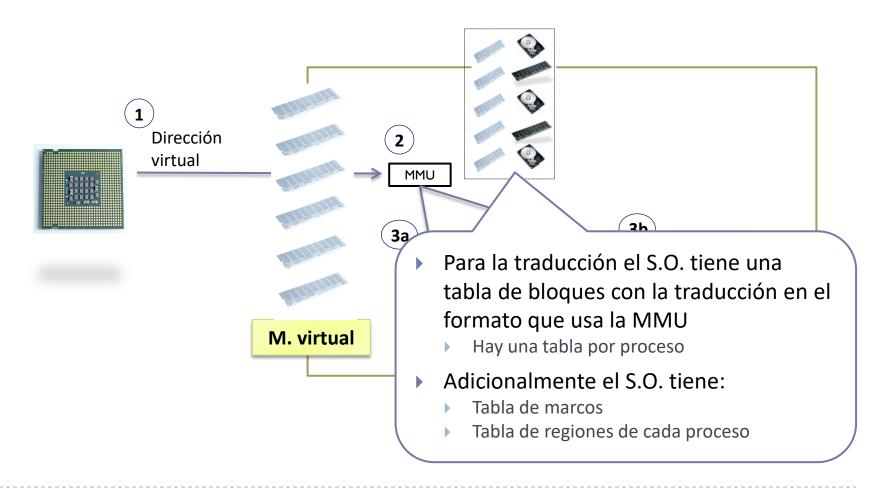
- La CPU + S.O. ofrecen un mecanismo alternativo a overlays:
 - Memoria virtual (automatiza la parte de solo tener lo necesario en memoria).
 - Transparente a los programadores.

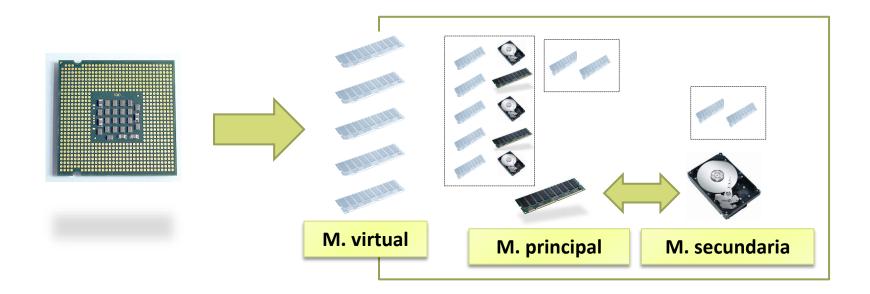


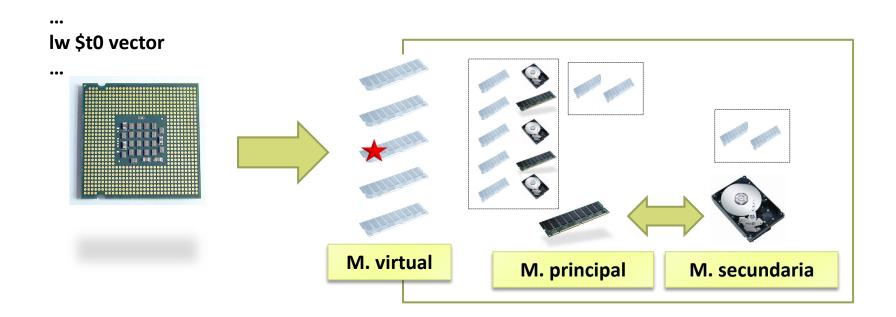


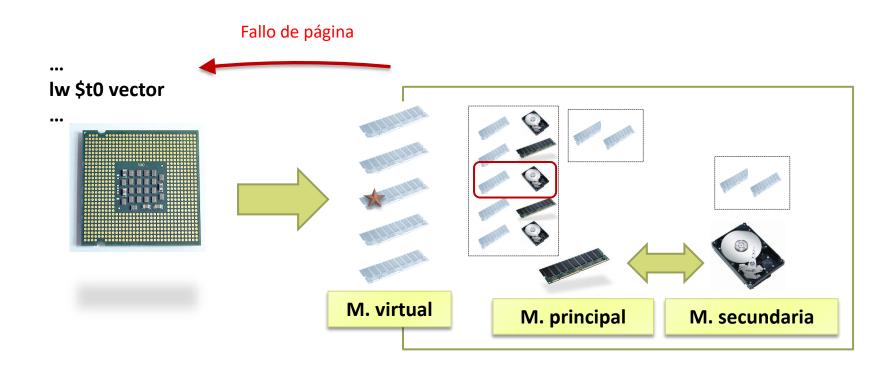




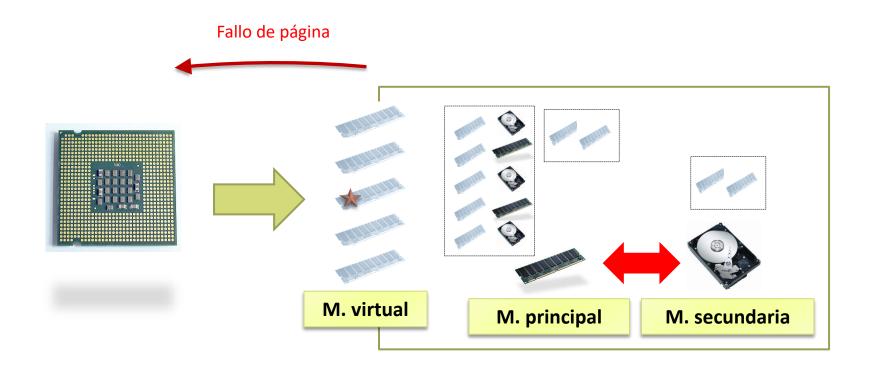




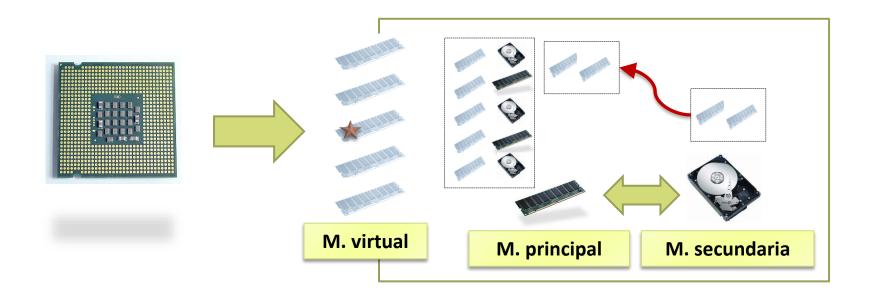




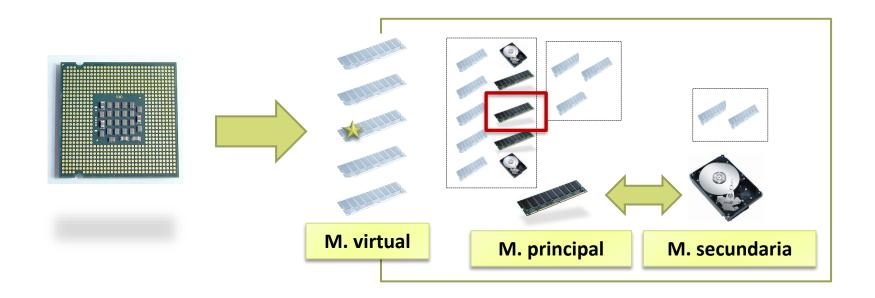
- El fallo de página es una excepción que provoca que el procesador ejecute la rutina de tratamiento asociada (kernel del s.o.).
- Fallo de pág. no es siempre error: acceso a pág. no residente.



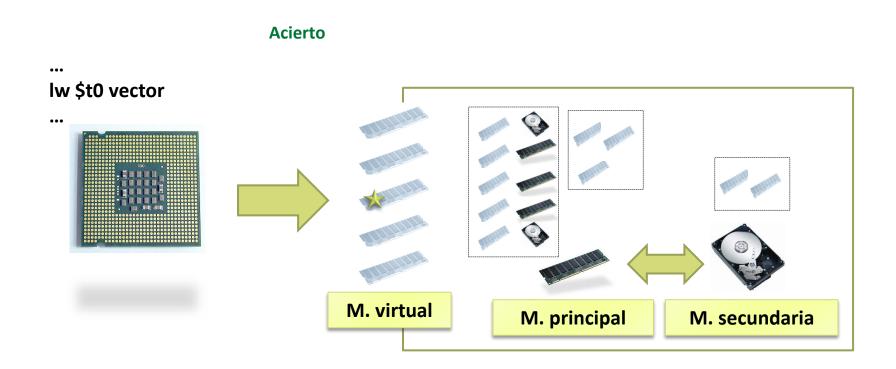
La rutina de tratamiento de fallo de página pide los bloques de disco asociados y bloquea el proceso.



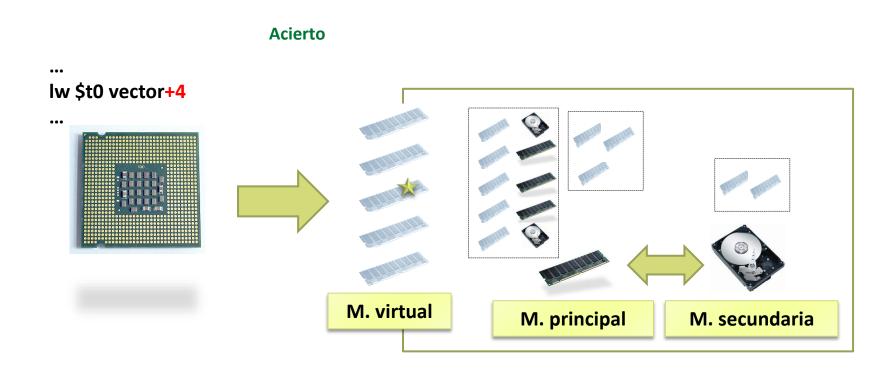
En la interrupción hardware de disco se transfiere el 'bloque' solicitado a memoria principal, ...



 ... se actualiza la tabla de 'bloques' y se pone el proceso listo para ejecutar.



- Se reanuda la ejecución de la instrucción que provocó el fallo.
- Prepaginación: trae páginas por anticipado (no por demanda)



La siguiente instrucción del mismo bloque no provoca fallo.

Fundamento de la memoria virtual resumen

M. virtual:

- SO gestiona niveles de m. principal y m. secundaria.
- Dividido en bloques (ej.: páginas) y tabla de páginas para gestión.
- Página no residente se marca con bit de validez a cero (no válida).
- En acceso: excepción de fallo de página.
- Sube (ms->mp) por demanda; Baja (mp->ms) por expulsión.

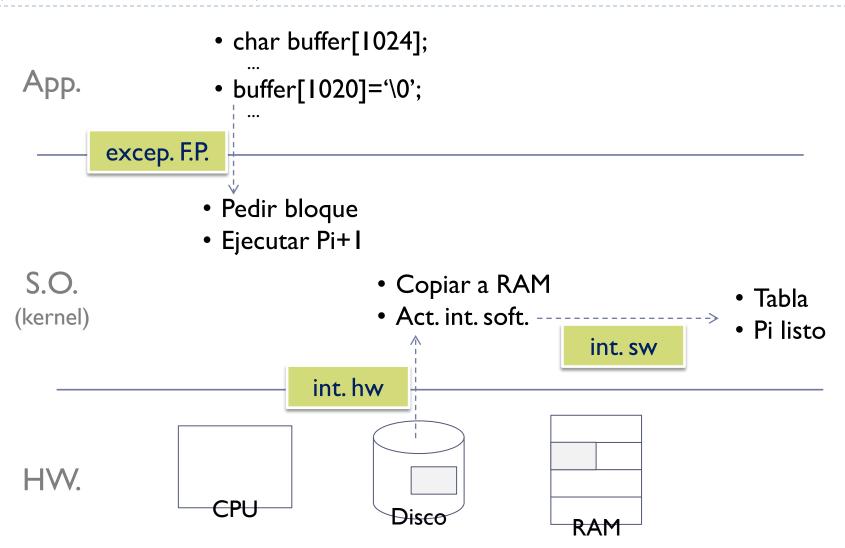
Aplicable por proximidad de referencias:

- Procesos sólo usan parte de su mapa en intervalo de tiempo.
- Parte usada (conjunto de trabajo) en m. principal (conjunto residente)

Beneficios:

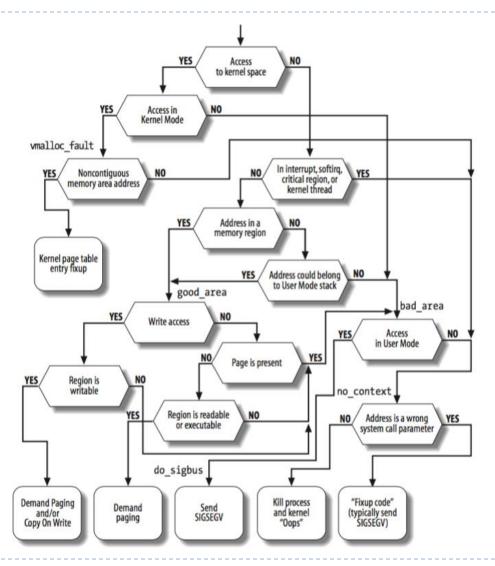
- Aumenta el grado de multiprogramación.
- Permite ejecución de programas que no quepan en mem. principal.

Ejemplo de excepción de fallo de página (sin remplazo)



Tratamiento general del fallo de página

caso de estudio: Linux



Tratamiento general del fallo de página (con remplazo)

- Si dirección inválida -> aborta proceso o le manda señal
- Si no hay ningún marco libre (consulta T. marcos)
 - Selección de víctima (alg. de reemplazo): página P marco M
 - Marca P como inválida
 - Si P modificada (bit Mod de P activo)
 - Inicia escritura P en memoria secundaria
- Si hay marco libre (se ha liberado o lo había previamente):
 - Inicia lectura de página en marco M
 - Marca entrada de página válida referenciando a M
 - Pone M como ocupado en T. marcos (si no lo estaba)

Algoritmos de reemplazo

Política de reemplazo:

- Reemplazo **local**: dentro del proceso.
- Reemplazo **global**: de cualquier proceso del sistema.

Algoritmo de reemplazo:

- Qué página se va a reemplazar:
 - La página tiene que ser la que tenga menor probabilidad de ser referenciada en un futuro lejano (alg. óptimo, difícil de determinar en avance)
 - Se intenta "predecir" el comportamiento futuro en base al pasado: tiempo residencia, frecuencia de uso, "frescura" de la página (- reciente usada), etc.
- Algoritmos de reemplazo (validos para local y global):
 - Óptimo, FIFO, Reloj (o segunda oportunidad), LRU (evitar belady con alg. pila)

Política de asignación de marcos a los procesos:

- Asignación **fija** (siempre con reemplazo local):
 - Conjunto residente del proceso es constante
- Asignación dinámica (reemplazo local_↑ o global_⊥):
 - Conjunto residente del proceso es variable (regulado por tasa de fallos: minimizar)

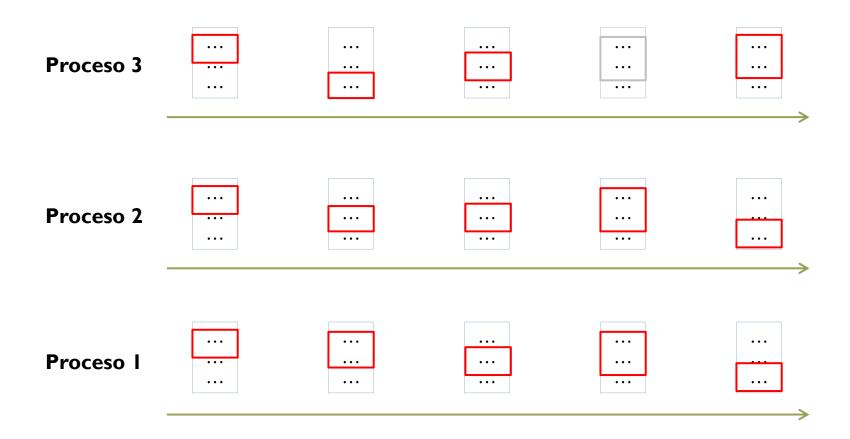
Algoritmos de **no** reemplazo

- Bloqueo o retención de marcos en memoria:
 - Cuando un marco está bloqueado, la página cargada en ese marco no puede ser reemplazada.
- Ejemplos de cuándo se bloquea un marco:
 - La mayoría del núcleo del sistema operativo.
 - Estructuras de control.
 - ▶ Buffers de E/S (Ej.: los usados con DMA).
- Existe un bit de bloqueo en cada marco.
 - ► El SO lo usa (y los procesos con servicio POSIX mlock())

B P M Otros bits de control	Número de marco
-----------------------------	-----------------

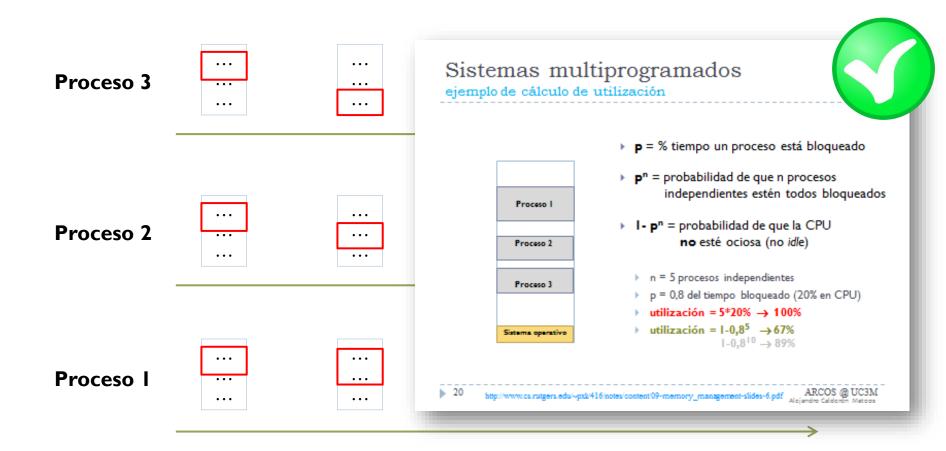
M. virtual: principales parámetros

grado multiprogramación + conjunto residente + tamaño de página



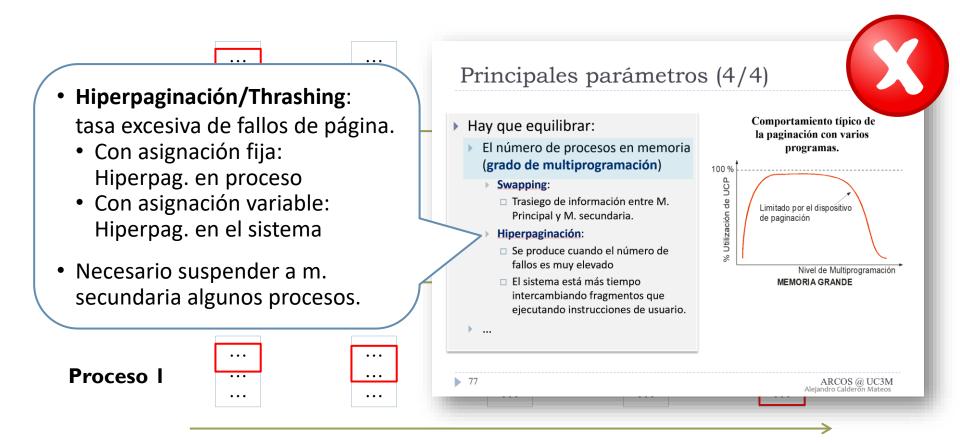
M.virtual: principales parámetros

grado multiprogramación + conjunto residente + tamaño de página

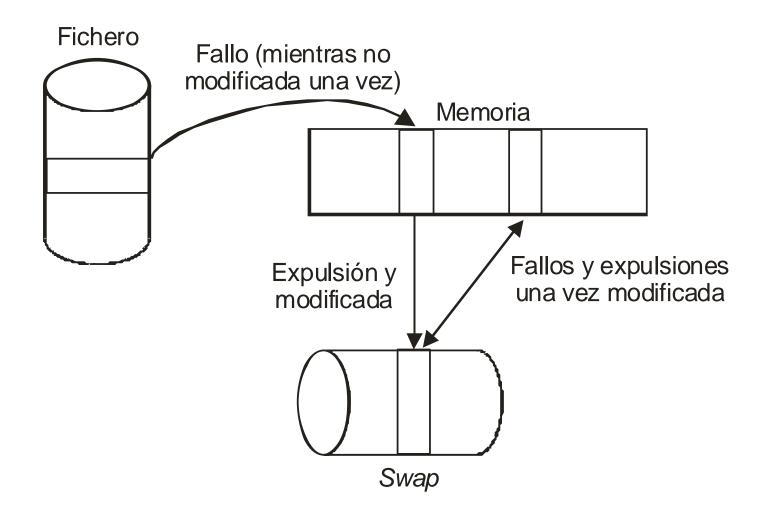


M.virtual: principales parámetros

grado multiprogramación + conjunto residente + tamaño de página

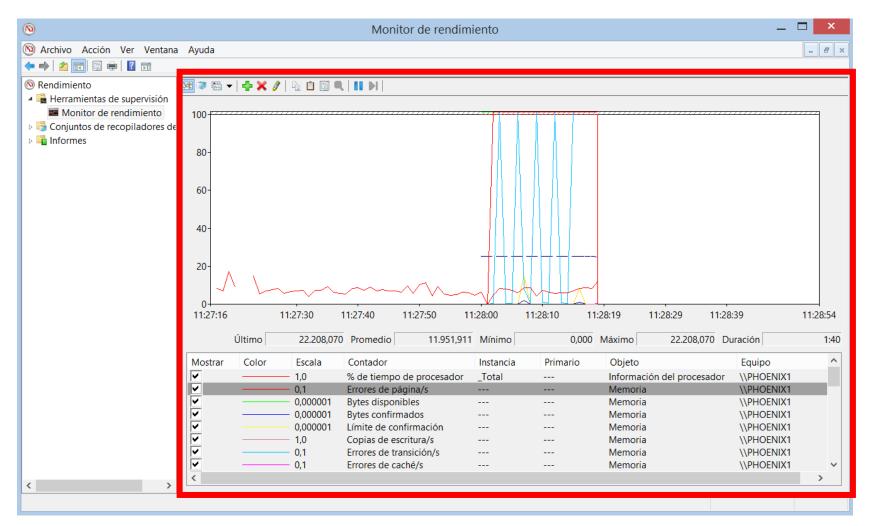


Ciclo de vida de página privada y en fichero





Windows: perfmon





Linux: ps, top, ...

```
arcos:~$ ps -o min_flt,maj_flt 1
MINFL MAJFL
18333 25
```

Minor fault: petición de reserva de página

Major fault: se precisa acceso a disco

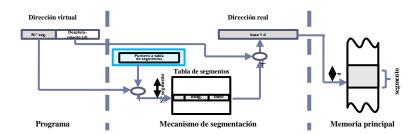
Memoria virtual

mecanismos de implementación

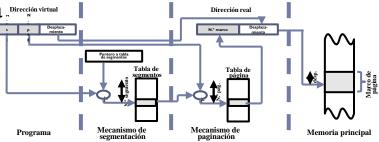
Paginación



Segmentación



Segmentación paginada Dirección virtual



Memoria virtual

mecanismos de implementación

Paginación Dirección real Tabla de páginas Memoria principal Programa Mecanismo de paginación

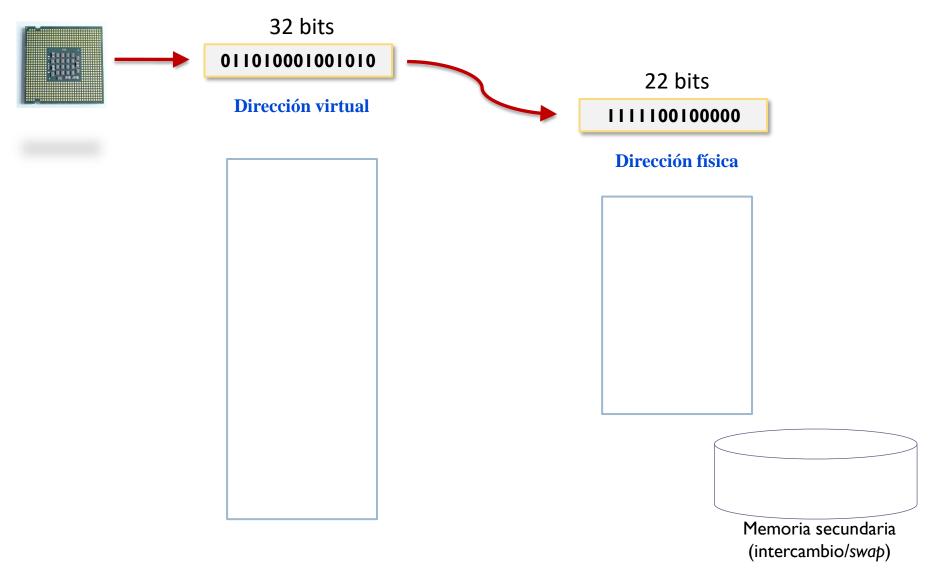
Segmentación

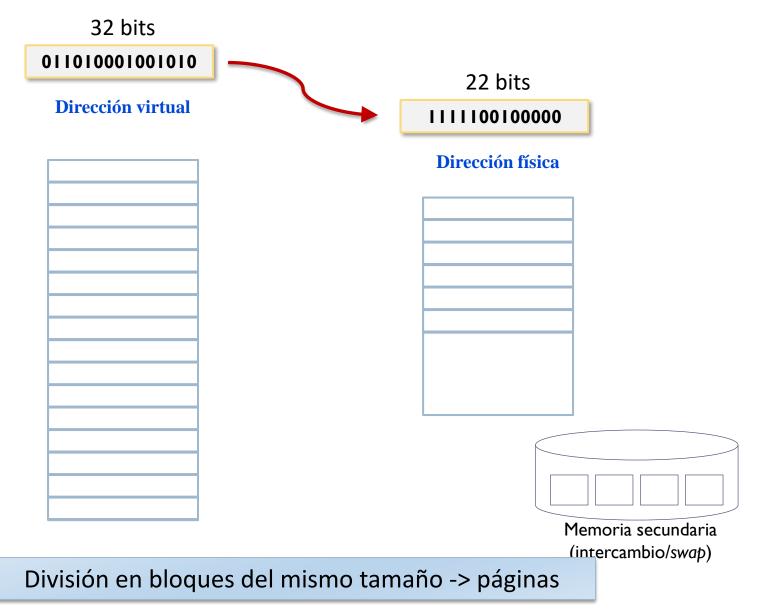


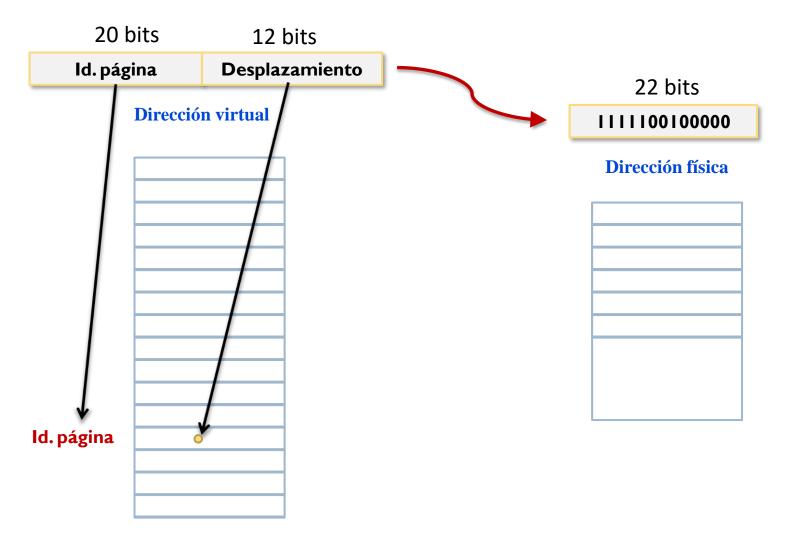
Segmentación paginada Dirección virtual Dirección real

Programa

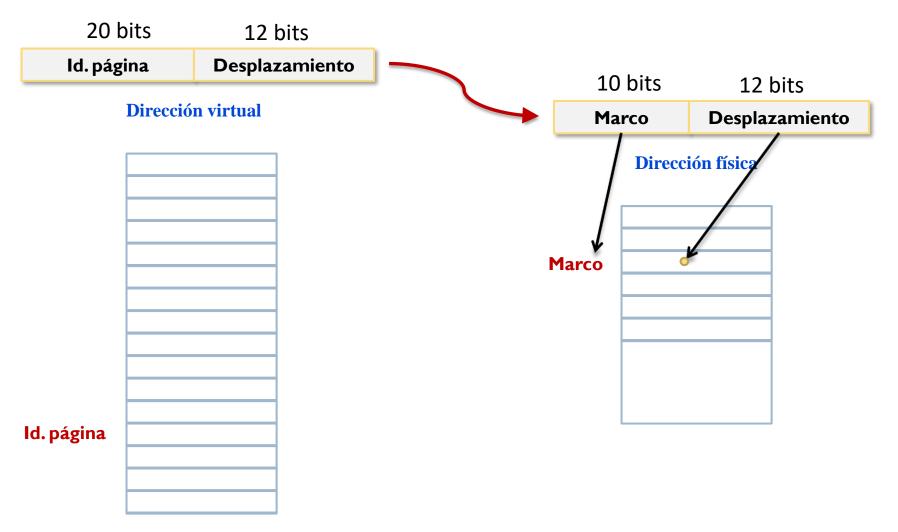
Mecanismo de



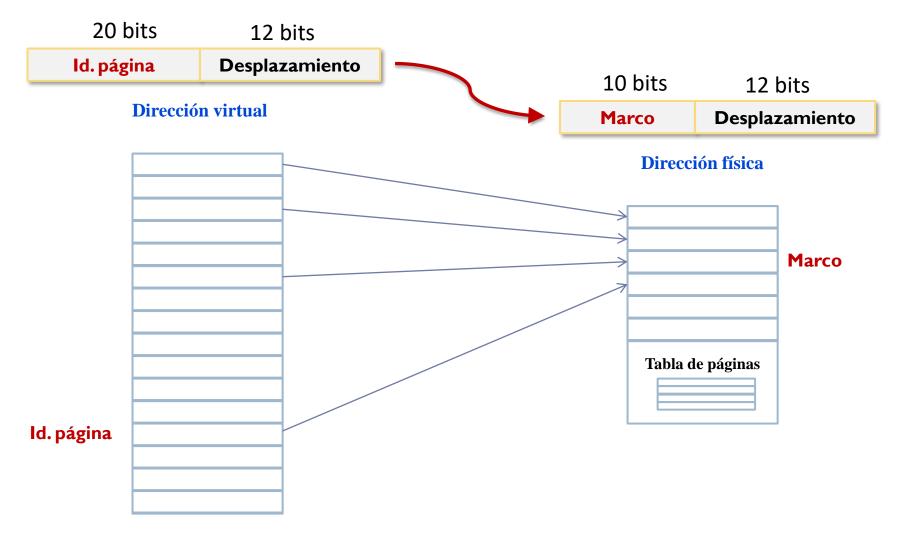




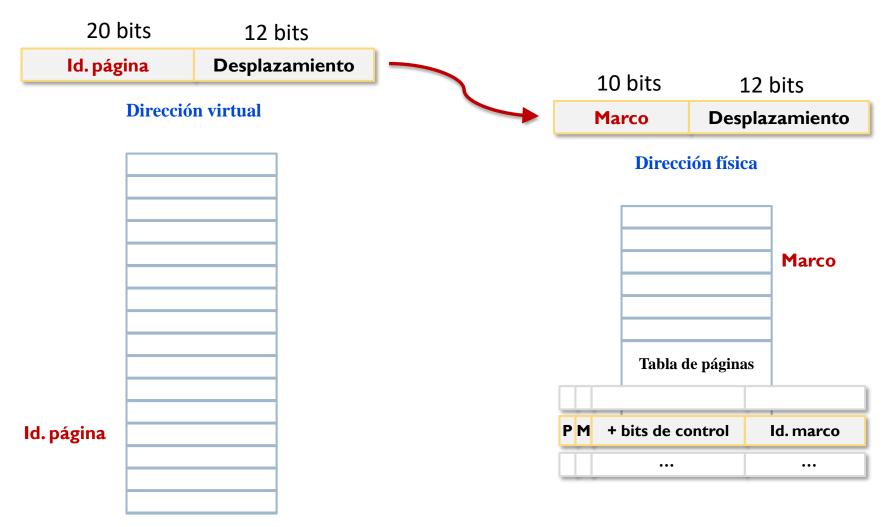
División en bloques del mismo tamaño -> páginas



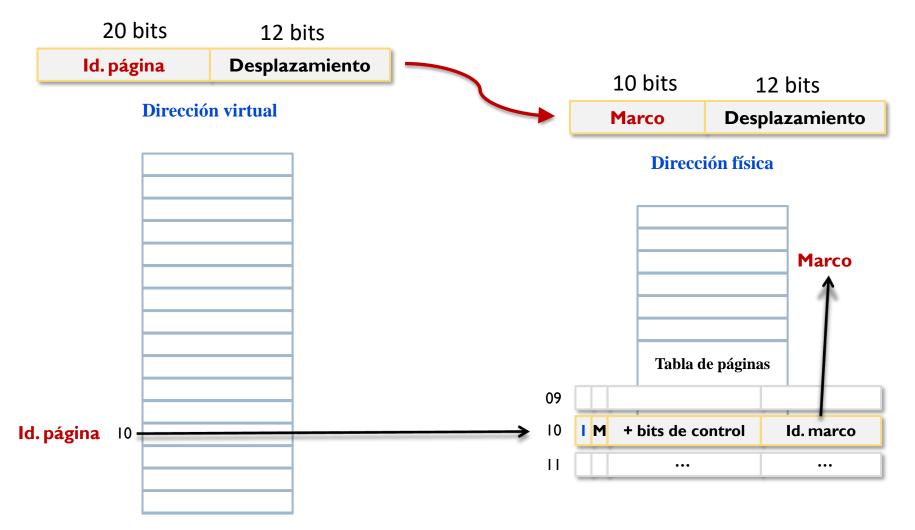
División en bloques del mismo tamaño -> páginas

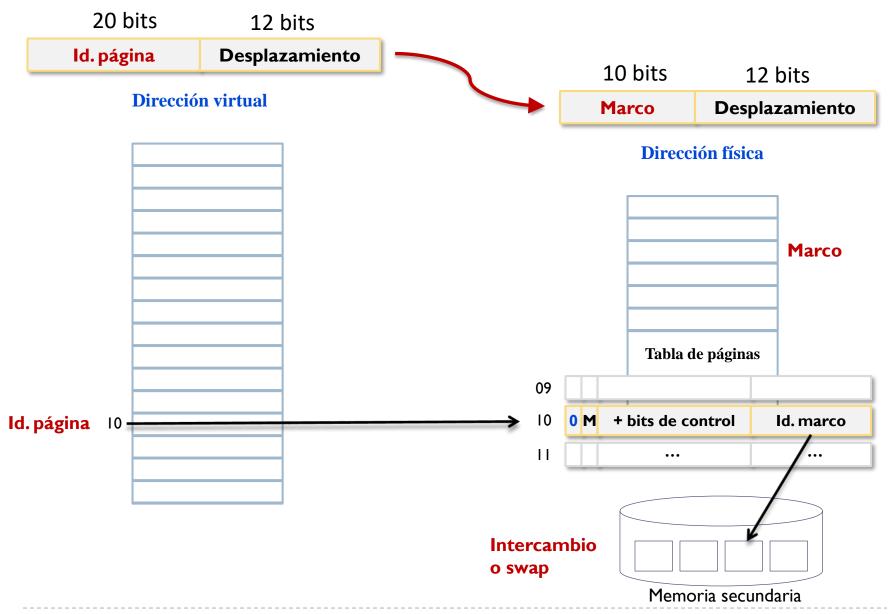


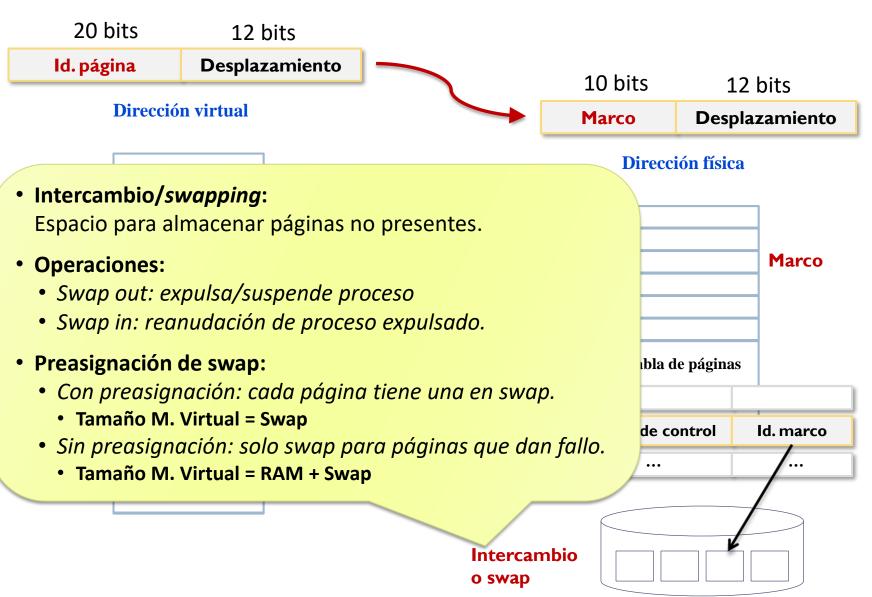
Correspondencia entre Id. página y marco -> T. páginas



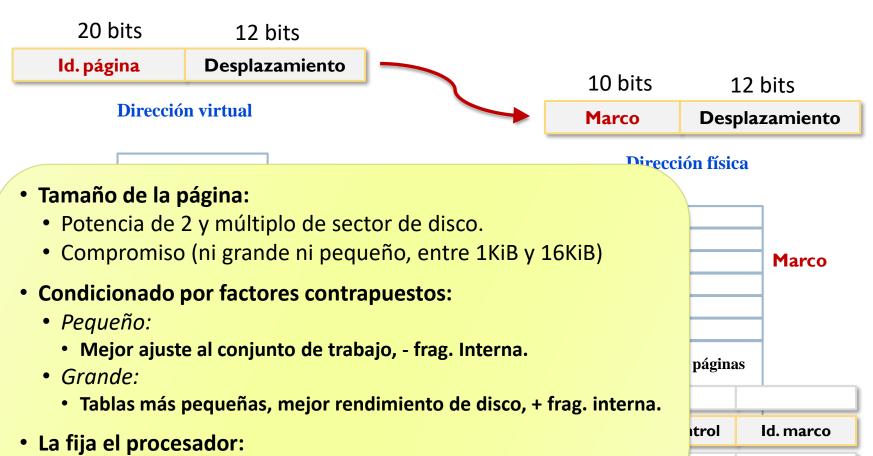
Correspondencia entre Id. página y marco -> T. páginas







Memoria secundaria



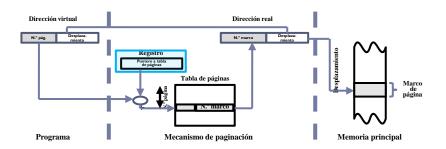
División en bloques del mismo tamaño -> páginas

Algunos permiten configurar distintos tamaños.

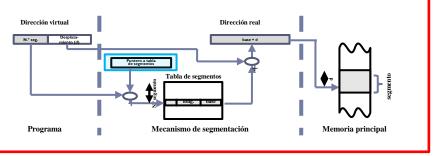
Memoria virtual

mecanismos de implementación

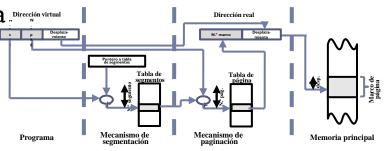
Paginación

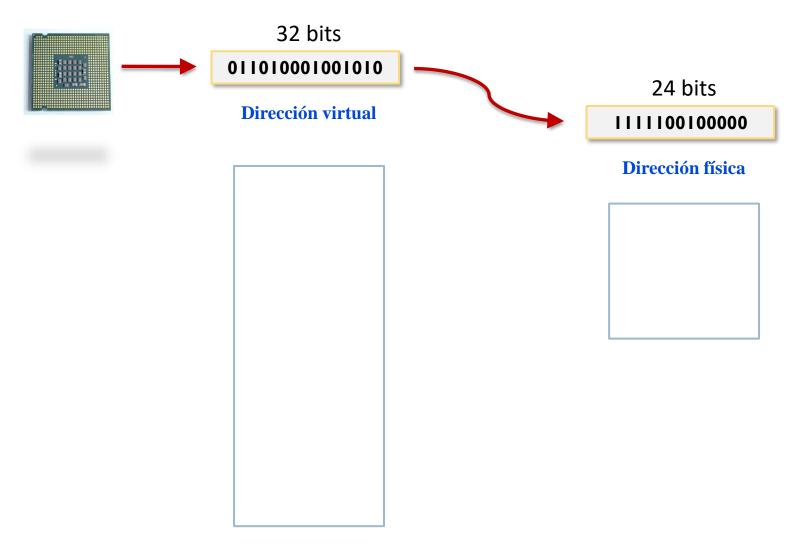


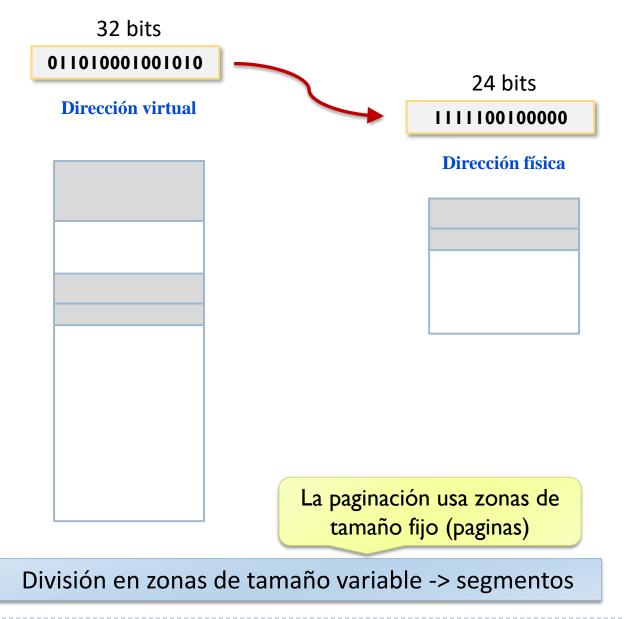
Segmentación

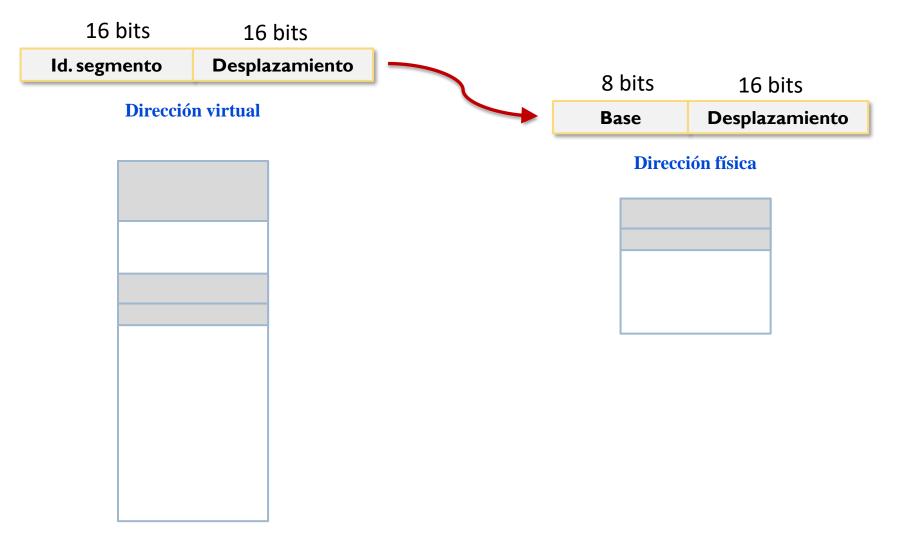


Segmentación paginada. Dirección virtual

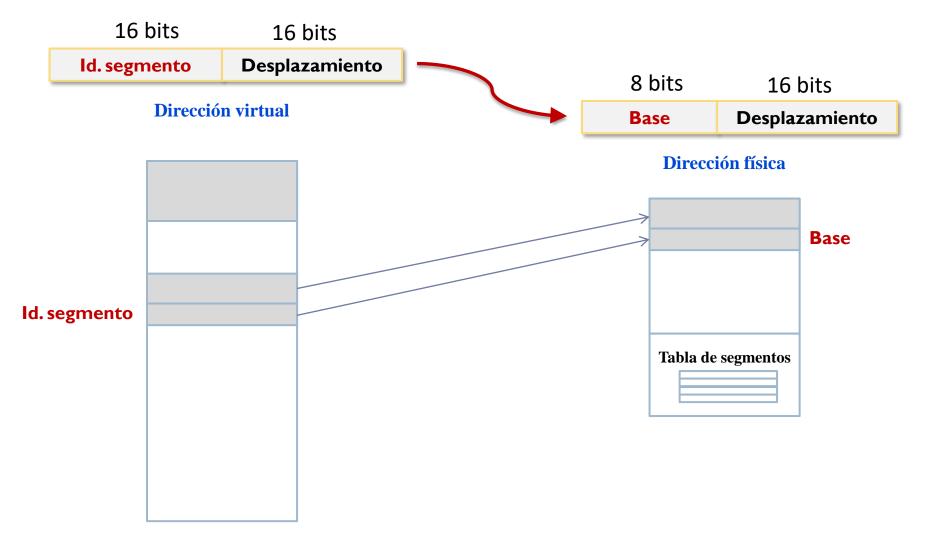




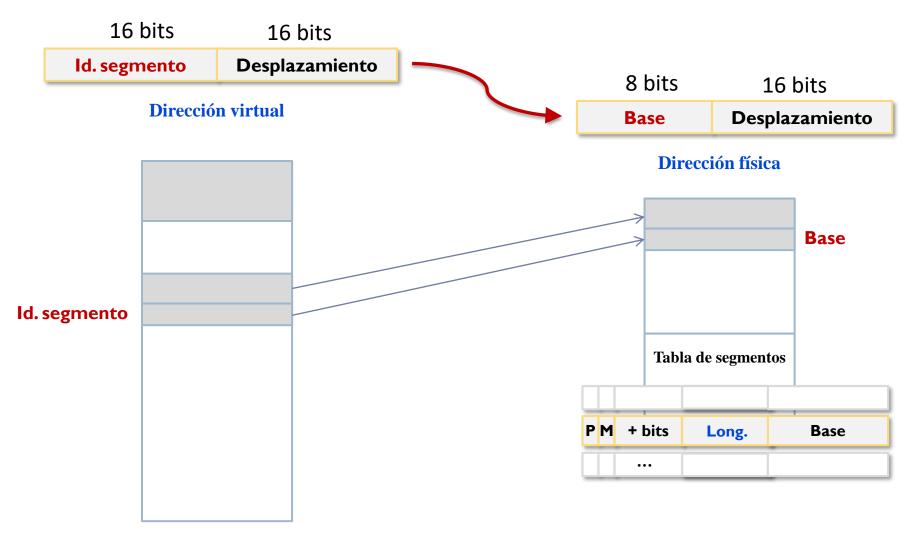




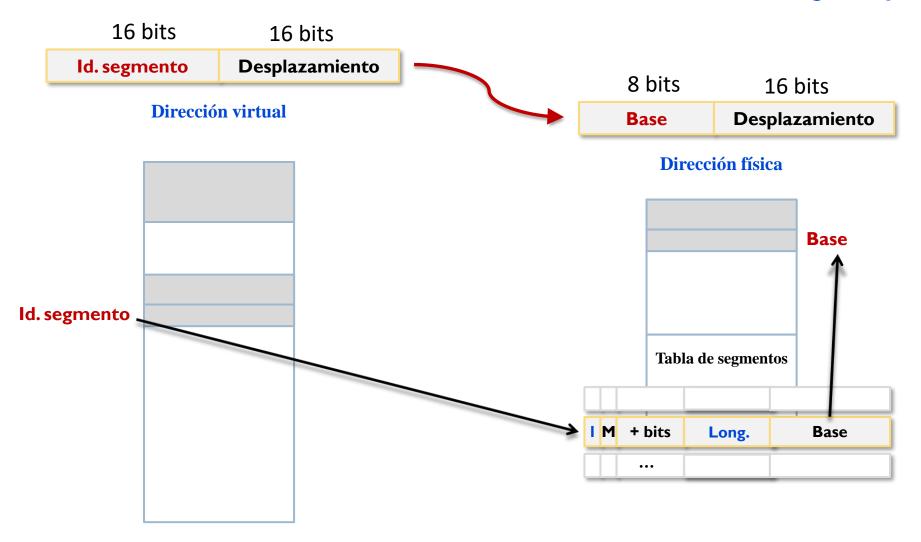
División en zonas de tamaño variable -> segmentos

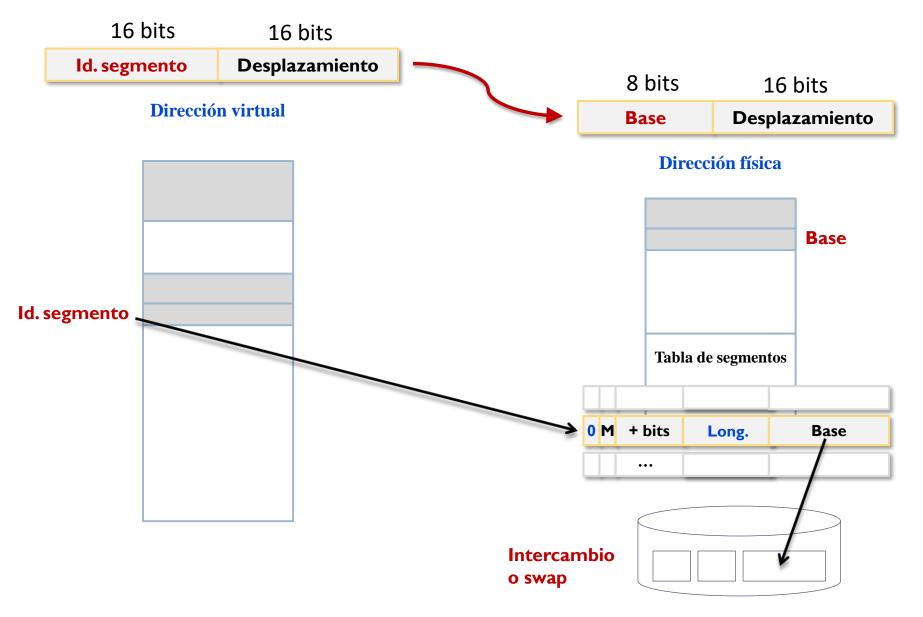


Correspondencia M.V. y M.F. -> tabla de segmentos



Correspondencia M.V. y M.F. -> tabla de segmentos





Memoria virtual

mecanismos de implementación

Paginación



Segmentación



Segmentación paginada Dirección virtual

Programa

Mecanismo de segmentación

Memoria principal

Memoria principal

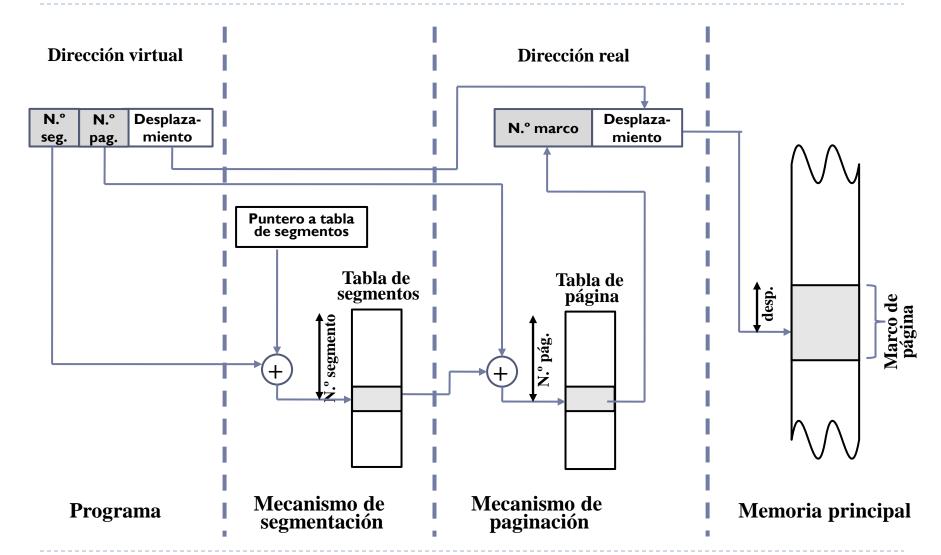
Memoria virtual:

segmentación y paginación

- Entrada en la tabla de segmentos 'apunta'
 a una tabla de páginas asociada al segmento
 - Los segmentos de tamaño variable se fragmentan en páginas de tamaño fijo



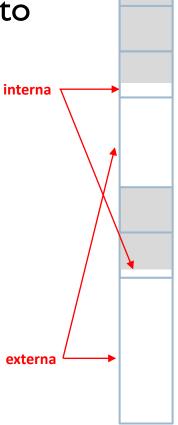
Traducción de direcciones segmentación paginada



Memoria virtual:

segmentación y paginación

- Entrada en la tabla de segmentos 'apunta' a una tabla de páginas asociada al segmento
 - Los segmentos de tamaño variable se fragmentan en páginas de tamaño fijo
- Lo mejor de las dos soluciones:
 - Segmentación:
 - Facilita operaciones con regiones de memoria
 - Evita la fragmentación interna (tiene externa)
 - Paginación:
 - Dptimiza el acceso a la memoria secundaria
 - Evita la fragmentación externa (tiene interna)



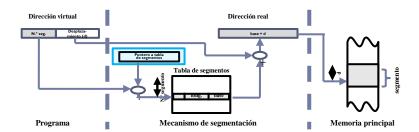
Memoria virtual

resumen

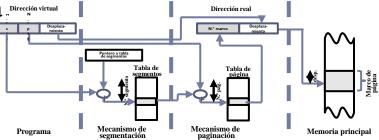
Paginación



Segmentación



► Segmentación paginada Dirección virtual



Estructuras principales de gestión gestión de memoria de un proceso: Linux



→ vm end: first address outside virtual memory area ➤ vm start: first address within virtual memory area vm_area_struct stack VM READ | VM WRITE (anonymous) VM GROWS DOWN vm next vm_area_struct struct file VM READ | VM EXEC /lib/ld.so -vm file Memory mapping vm next struct file vm_area_struct VM READ | VM EXEC /lib/libc.so -vm file vm next vm area struct Heap VM READ | VM WRITE (anonymous) vm next vm_area_struct BSS VM READ | VM WRITE (anonymous) vm next Data vm_area_struct (file-VM READ | VM WRITE vm file backed) struct file vm next /bin/gonzo vm_area_struct Text VM READ VM EXEC (file--vm file∙ backed)

mmap

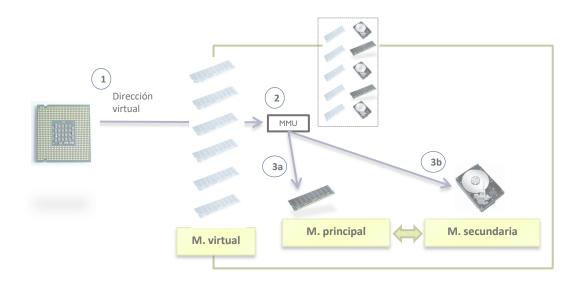
mm_struct

task struct

(/bin/gonzo)

Gestión de memoria

aspectos avanzados

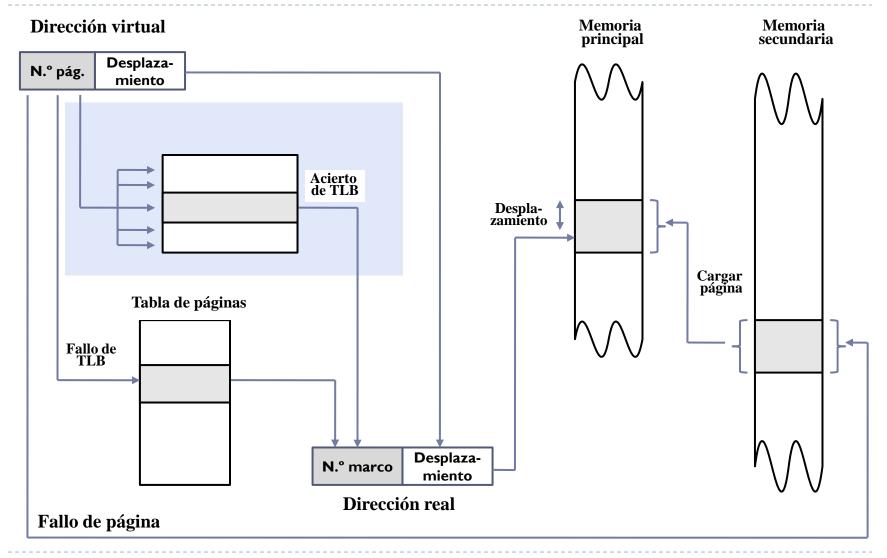


- **TLB**
- Tablas multinivel
- Kernel/Procesos

Cache de traducciones

- Memoria virtual basado en tablas de páginas:
 - Problema: sobrecarga de acceso a memoria (2 accesos)
 - A la tabla de páginas/segmentos + al propio dato o instrucción
 - Solución: TLB
 - Caché de traducciones
- ► TLB (buffer de traducción adelantada)
 - Memoria caché <u>asociativa</u> que almacena las entradas de la tabla de página usadas más recientemente
 - Permite acelerar el proceso de búsqueda del marco

Traducción de direcciones (con TLB)



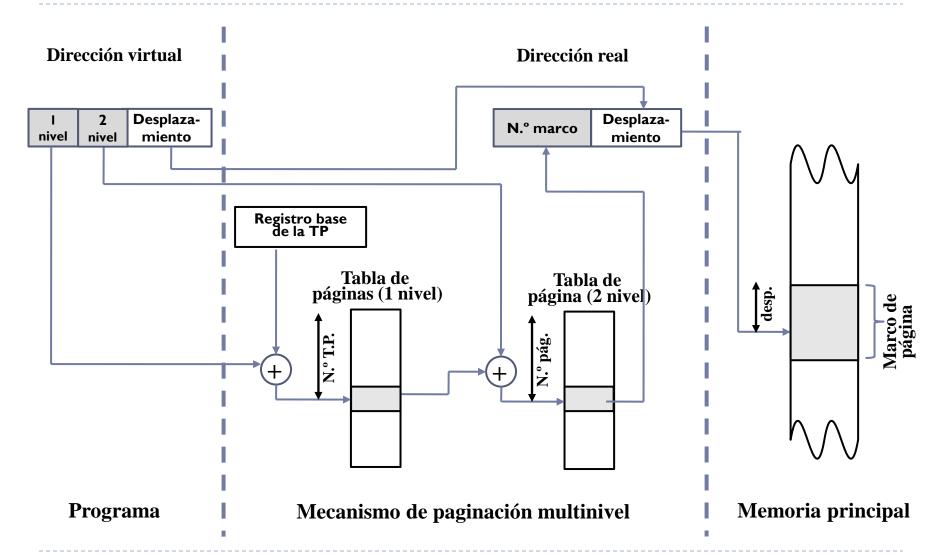
Tablas multinivel

- Memoria virtual basado en tablas de páginas:
 - Problema: consumo de memoria para las tablas
 - Ej.: páginas 4KB, dir. lógica 32 bits y 4 bytes por entrada: $2^{20} *4 = 4MB/proceso$
 - Solución: tablas multinivel

Tabla multinivel

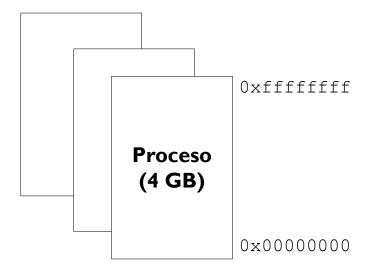
- Esquema de traducción en dos niveles:
 - En memoria la tabla de primer nivel
 - Solo en memoria las tablas de segundo nivel que se necesiten
- ► Tablas de cada nivel mucho más compactas: 2¹⁰ *4 = 4KB/tabla

Tablas multinivel



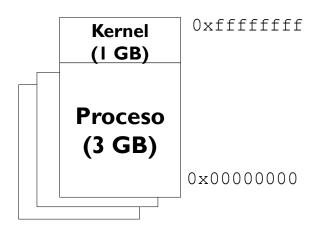
Espacio de memoria: proceso + kernel

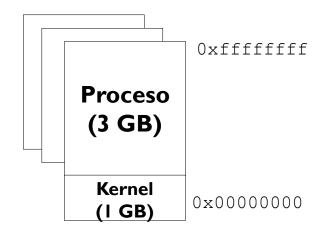
- Cada proceso ve un espacio de direcciones lineal y plano
 - Cada proceso podría acceder a todo el espacio de direcciones posible



Espacio de memoria: proceso + kernel

- El espacio usado por el kernel es compartido por todos los procesos
 - No cambia en los cambios de contexto
- El espacio del kernel está protegido (lectura, escritura y ejecución)
 - La mayoría de llamadas al sistema más rápidas (evita cambio de modo u \rightarrow k y k \rightarrow u)





Contenidos

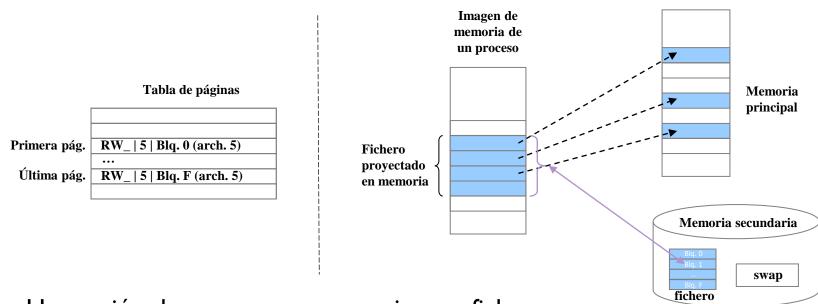
Introducción:

- Modelo abstracto y definiciones básicas.
- Mapa de memoria de un proceso: regiones de memoria.
- 2. Funciones del gestor de memoria.
 - Particionamiento de memoria.
 - Algoritmos de gestión de memoria.
- 3. Memoria virtual.
- 4. Servicios del gestor de memoria.

Servicios de gestión de memoria

- Gestor de memoria realiza funciones internas.
- Ofrece pocos servicios directos a aplicaciones.
- Principales servicios POSIX:
 - Gestión de la proyección de archivos
 - mmap y munmap
 - Gestión de bibliotecas dinámicas
 - dlopen, dlsym y dlclose

Ficheros proyectados en memoria



- Una región de un proceso se asocia a un fichero:
 - Habrá páginas del fichero en memoria principal (bajo demanda)
 - Acceso al contenido del fichero con instrucciones de memoria (en lugar de read/write)
- Simplifica y mejora el rendimiento:
 - Facilita programación (uso de memoria vs fichero), menos llamadas al sistema (carga bajo demanda), evita copias en caché del sistema de ficheros (uso caché páginas).
 - Usado en bibliotecas dinámicas, carga ejecutable (código proyectado), etc.

Ficheros proyectados en memoria mmap

Servicio	<pre>void *mmap(void *addr, size_t len,</pre>
Argumentos	 addr dirección donde proyectar. Si NULL el SO elige una. len especifica el número de bytes a proyectar. prot el tipo de acceso (lectura, escritura o ejecución). flags especifica información sobre el manejo de los datos proyectados (compartidos, privado, etc.). fildes representa el descriptor de fichero del fichero o descriptor del objeto de memoria a proyectar. off desplazamiento dentro del fichero a partir del cual se realiza la proyección.
Devuelve	Devuelve la dirección de memoria donde se ha proyectado el fichero.
Descripción	Establece una proyección entre el espacio de direcciones de un proceso y un descriptor de fichero u objeto de memoria compartida.

Ficheros proyectados en memoria

mmap

Servi

- PROT_READ: Se puede leer.
- **PROT_WRITE**: Se puede escribir.
- PROT_EXEC: Se puede ejecutar.
- **PROT_NONE**: No se puede acceder a los datos.

na.

anca el número de bytes a proyectar.

- prot el tipo de acceso (lectura, escritura o ejecución).
- flags especifica información sobre el manejo de los datos proyectados idos, privado, etc.).

Argumentos

a al deceriptor de fichere del fichere e deceriptor del

- MAP_SHARED: La región es compartida. Fichero puede modificarse.
 Los procesos hijos comparten la región.
- MAP_PRIVATE: La región es privada. El fichero no se modifica. Los procesos hijos obtienen duplicados no compartidos.
- MAP_FIXED: El fichero debe proyectarse en la dirección especificada por la llamada.

Ficheros proyectados en memoria munmap

Servicio	<pre>void munmap(void *addr, size_t len);</pre>
Argumentos	 addr dirección donde está proyectado. len especifica el número de bytes proyectados.
Devuelve	Nada.
Descripción	Desproyecta parte del espacio de direcciones de un proceso comenzando en la dirección addr.

Ficheros proyectados en memoria

Cuántas veces aparece carácter en fichero proyectando en memoria.

```
/* 1) Abrir el fichero */
fd=open(argv[2], O RDONLY)); /* Abre fichero */
fstat(fd, &fs); /* Averigua long. fichero */
/* 2) Proyectar el fichero */
org=mmap((caddr t)0, fs.st size, PROT READ, MAP SHARED, fd, 0));
close(fd); /* Se cierra el fichero */
/* 3) Bucle de acceso */
p=org;
for (i=0; i<fs.st size; i++)
     if (*p++==caracter) contador++;
/* 4) Eliminar la proyección */
munmap(org, fs.st size);
printf("%d\n", contador);
```

Ejemplo: copia de un fichero (1/2)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <svs/mman.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main() {
  int i, fd1, fd2;
  struct stat dstat;
  char * vec1, *vec2, *p, *q;
  fd1 = open("f1", O RDONLY);
 fd2 = open("f2", ocreatio truncio rdyr, 0640);
  fstat(fd1, &dstat);
  ftruncate(fd2, dstat.st size)
vec1=mmap(0, bstat.st size,
    PROT READ, MAP SHARED, fd1,0);
  vec2=mmap(0, bstat.st size,
    PROT READ, MAP SHARED, fd2,0);
  close(fd1); close(fd2);
  p=vec1; q=vec2;
  for (i=0;i<dstat.st size;i++) {</pre>
    *q++ = *p++;
 munmap(fd1, bstat.st size);
  munmap(fd2, bstat.st size);
  return 0;
```

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <sys/mman.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main()
  int i, fd1, fd2;
  struct stat dstat;
  char * vec1, *vec2, *p, *q;
  fd1 = open("f1", O RDONLY);
  fd2 = open("f2", O CREAT|O TRUNC|O RDWR, 0640);
  fstat(fd1, &dstat);
  ftruncate(fd2, dstat.st size);
```

Ejemplo: copia de un fichero (2/2)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <sys/mman.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main() {
  int i, fd1, fd2;
  struct stat dstat;
  char * vec1, *vec2, *p, *q;
  fd1 = open("f1", O RDONLY);
  fd2 = open("f2", o creatio truncio rdwr,0640);
  fstat(fd1, &dstat);
  ftruncate(fd2, dstat.st size);
 vec1=mmap(0, bstat.st size,
    PROT READ, MAP SHARED, fd1,0;
  vec2=mmap(0, bstat.st size,
    PROT READ, MAP SHARED, fd2,0);
  close(fd1); close(fd2);
  p=vec1; q=vec2;
 for (i=0;i<dstat.st size;i++) {</pre>
    *q++ = *p++;
 munmap(fd1, bstat.st size);
 munmap(fd2, bstat.st size);
  return 0;
```

```
vec1=mmap(0, bstat.st size,
          PROT READ, MAP SHARED, fd1,0);
vec2=mmap(0, bstat.st size,
          PROT READ, MAP SHARED, fd2,0);
close(fd1); close(fd2);
p=vec1; q=vec2;
for (i=0;i<dstat.st size;i++) {</pre>
  *q++ = *p++;
munmap(fd1, bstat.st size);
munmap(fd2, bstat.st size);
return 0;
```

Ejemplo: contar el # de espacios (1/2)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <sys/mman.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main() {
  int fd:
  struct stat dstat;
  int i, n;
  char c,
  char * vec:
 fd = open("datos.txt", O RDONLY);
fstat(fd, &dstat);
vec = mmap(NULL, dstat.st size,
            PROT READ, MAP SHARED, fd, 0);
 close(fd);
  c = vec;
  for (i=0; i<dstat.st size; i++) {
    if (*c==' ') {
         n++;
    C++;
munmap(vec, dstat.st size);
printf("n=%d, \n'', n);
 return 0;
```

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <sys/mman.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main() {
  int fd;
  struct stat dstat;
  int i, n;
  char c,
  char * vec;
```

Ejemplo: contar el # de espacios (2/2)

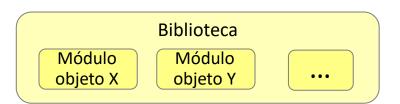
```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <sys/mman.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main() {
  int fd:
  struct stat dstat;
 int i, n;
  char c,
  char * vec;
 fd = open("datos.txt", O RDONLY);
 fstat(fd, &dstat);
vec = mmap(NULL, dstat.st size,
            PROT READ, MAP SHARED, fd, 0);
 close(fd);
  c = vec;
  for (i=0; i<dstat.st size; i++) {</pre>
    if (*c==' ') {
         n++;
    C++;
munmap(vec, dstat.st size);
printf("n=%d, \n'', n);
 return 0;
```

```
fd = open("datos.txt", O RDONLY);
 fstat(fd, &dstat);
 vec = mmap(NULL, dstat.st size,
            PROT READ, MAP SHARED, fd, 0);
 close(fd);
 c = vec;
 for (i=0; i<dstat.st size; i++) {</pre>
      if (*c==' ') { n++; }
      C++;
munmap(vec, dstat.st size);
 printf("n=%d, \n'', n);
 return 0;
```

Biblioteca estática vs dinámica

Biblioteca

 Colección de módulos objetos relacionados



Biblioteca estática

- Montaje en tiempo de compilación.
- Ejecutable incluye librería (autocontenido)

Biblioteca dinámica

- Carga y montaje en tiempo de ejecución
- Normalmente enlace implícito
 - Carga y montaje bajo demanda transparente (generación similar a estáticas)
- Es posible enlace explícito
 - ▶ [I] Hay que añadir código para cargar y enlazar los símbolos
 - ▶ [V] En tiempo de ejecución permite indicar biblioteca a usar (entre varias)

Ejemplo: biblioteca estática

```
#include <stdio.h>
extern void hola ( void );
int main()
 hola();
 return 0;
```

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

void hola ( void )
{
   printf("hola") ;
}

gcc -Wall -g -o libhola.o -c libhola.c
ar rcs libhola.a libhola.o
```

gcc -Wall -g -o main main.c -lestatica -L./

Ejemplo: biblioteca dinámica (carga implícita)

```
#include <stdio.h>
extern void hola ( void );
int main()
 hola();
  return 0;
```

```
#include <stdio.h>
 #include <stdlib.h>
 void hola ( void )
     printf("hola") ;
gcc -Wall -g -fPIC -o libhola.o -c libhola.c
gcc -shared -WI,-soname,libhola.so \
      -o libhola.so. I.0 libhola.o
```

In -s libhola.so. I.0 libhola.so

gcc -Wall -g -o main main.c -lhola -L./ env LD LIBRARY PATH=\$LD LIBRARY PATH:../main

Ejemplo: biblioteca dinámica (carga explícita)

```
#include <stdio.h>
#include <dlfcn.h>
void (*hola) (void);
int main()
  void * dbd ;
  dbd = dlopen("libhola.so",
               RTLD LAZY);
  hola = dlsym(dbd, "hola");
  hola();
  dlclose(dbd);
  return 0;
```

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

void hola ( void )

printf("hola");
}

gcc -Wall -g -fPIC -c libhola.c
gcc -shared -o libhola.so libhola.o
```

gcc -Wall -g -o main main.c -ldl env LD LIBRARY PATH=\$LD LIBRARY PATH:../main

Bibliotecas dinámicas dlopen

Servicio	<pre>#include <dlfcn.h> void * dlopen (const char * bib, int flags);</dlfcn.h></pre>
Argumentos	 bib es el nombre del fichero con la biblioteca dinámica. flags opciones de trabajo: Una forma de resolución de referencias: RTLD_LAZY: resolución diferida de referencias. RTLD_NOW: resolución inmediata de referencias. Cero o más opciones usando OR: RTLD_GLOBAL, RTL_LOCAL, RTLD_NODELETE, RTLD_NOLOAD, RTLD_DEEPBIND
Devuelve	Devuelve un descriptor o NULL en caso de error.
Descripción	Carga una biblioteca dinámica y la enlaza con el proceso actual.

Bibliotecas dinámicas dlsym

Servicio	<pre>#include <dlfcn.h> void * dlsym (void *descr, char *simbolo);</dlfcn.h></pre>
Argumentos	 descr es el descriptor previamente devuelto por dlopen. simbolo es la cadena de caracteres con el nombre del elemento (variable, función, etc.) del que se desea su dirección.
Devuelve	Devuelve un puntero a un símbolo de la biblioteca dinámica.
Descripción	Permite obtener una referencia a un símbolo de la biblioteca cargada.

Bibliotecas dinámicas dlclose

Servicio	<pre>#include <dlfcn.h> void dlclose (void * descriptor);</dlfcn.h></pre>
Argumentos	descriptor es el descriptor devuelto previamente por dlopen.
Devuelve	No devuelve nada.
Descripción	Descarga una biblioteca dinámica del proceso que llama a diclose.

Grupo ARCOS Universidad Carlos III de Madrid

Lección 4 Gestión de memoria

Sistemas Operativos Ingeniería Informática

