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:

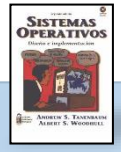
- Realizar todos los **ejercicios**.
- Realizar los **cuadernos de prácticas** y las **prácticas** de forma progresiva.

Lecturas recomendadas

Base

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

Recomendada



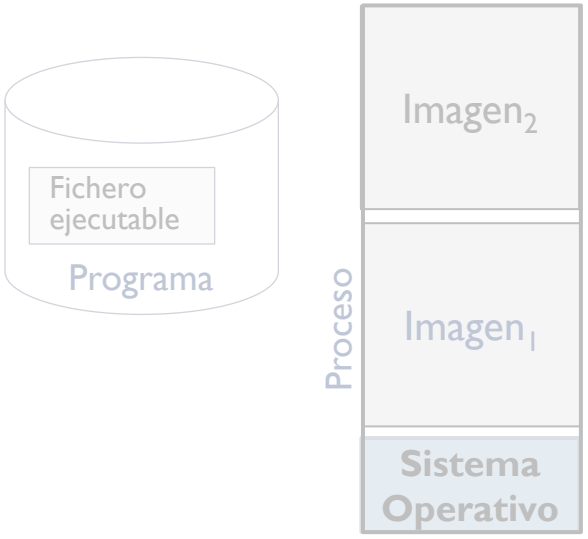
1. Tanenbaum 2006:
   1. (es) Cap. 4
   2. (en) Cap. 4
2. Stallings 2005:
   1. Parte tres
3. Silberschatz 2006:
   1. 4

Contenidos

1. Introducción:
   1. 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.

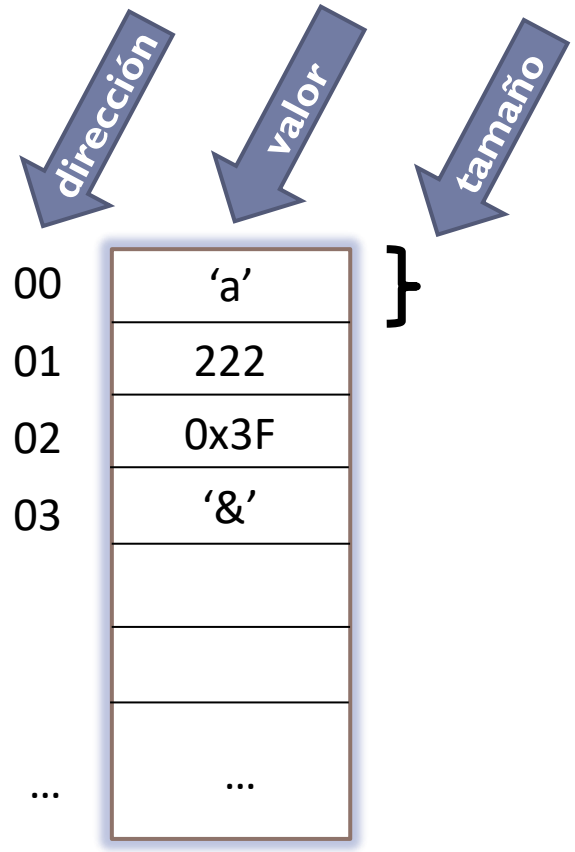
Contenidos

1. Introducción:
   1. **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

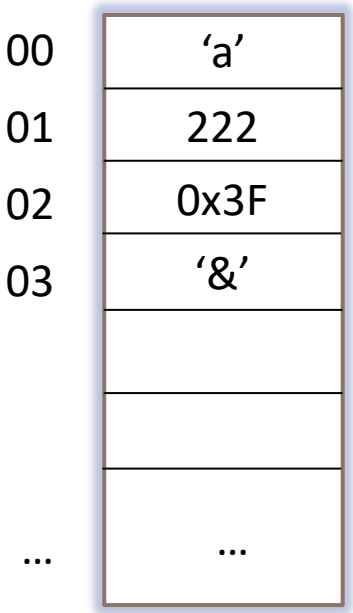
REPASO



- 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

REPASO



- **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

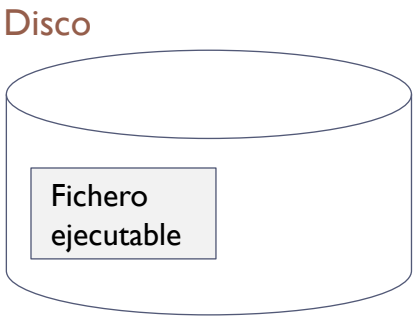
monoprogramados

multiprogramados

Programa y proceso

REPASO

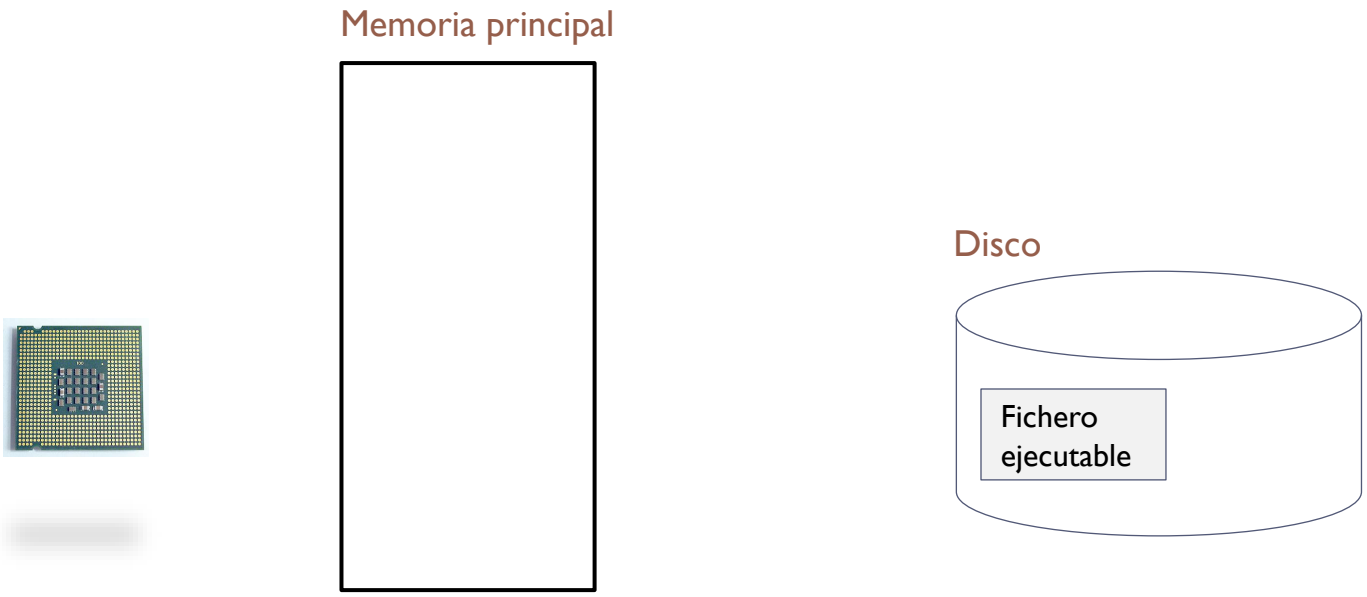
- Programa: conjunto de datos e instrucciones ordenadas que permiten realizar una tarea o trabajo específico.



Programa y proceso

REPASO

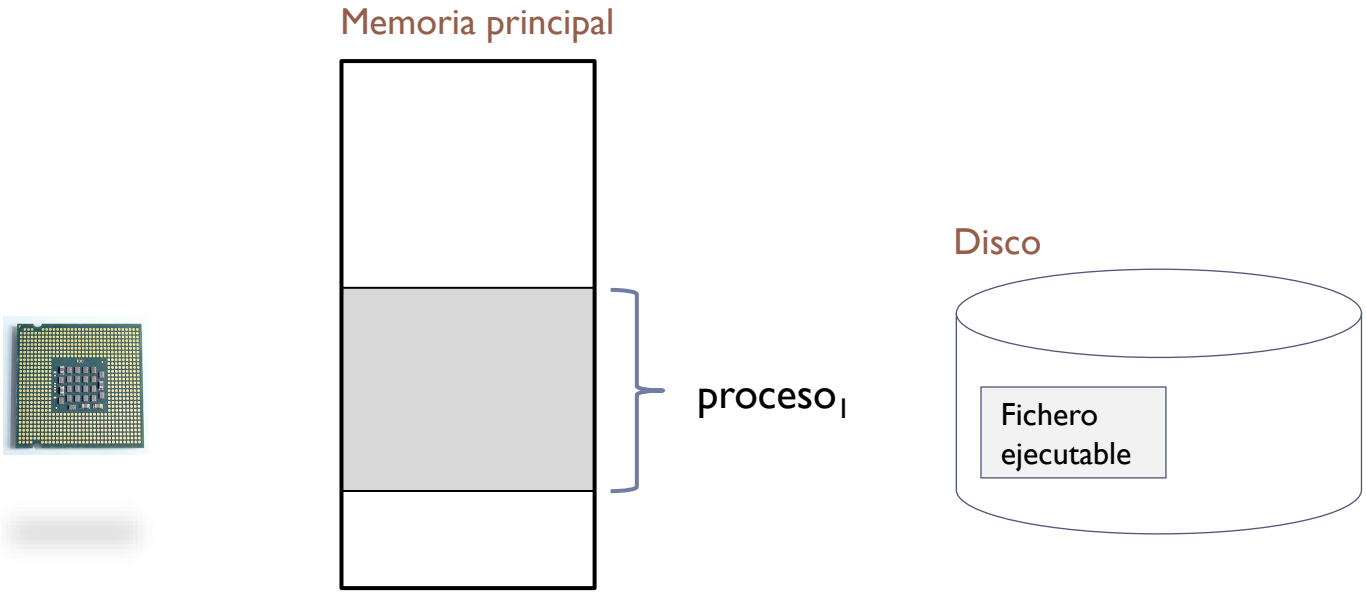
- Programa: conjunto de datos e instrucciones ordenadas que permiten realizar una tarea o trabajo específico.
  - Para su ejecución, ha de estar en memoria.



Programa y proceso

REPASO

- Proceso: programa en ejecución.



Programa y proceso

REPASO

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

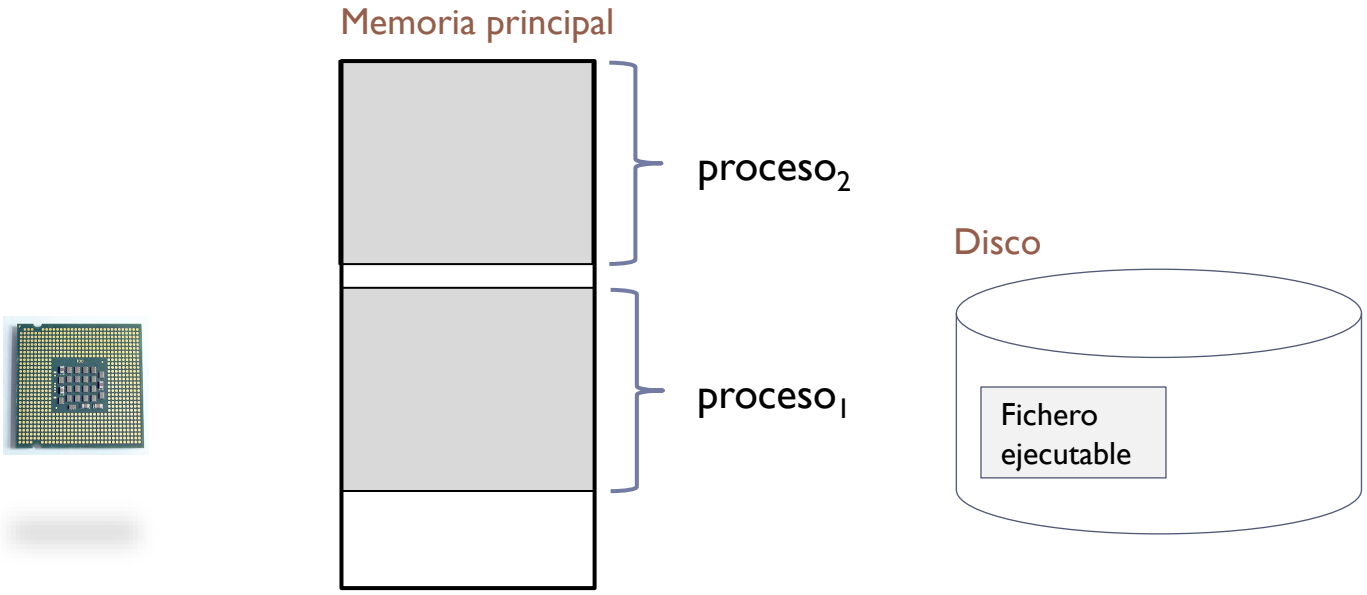
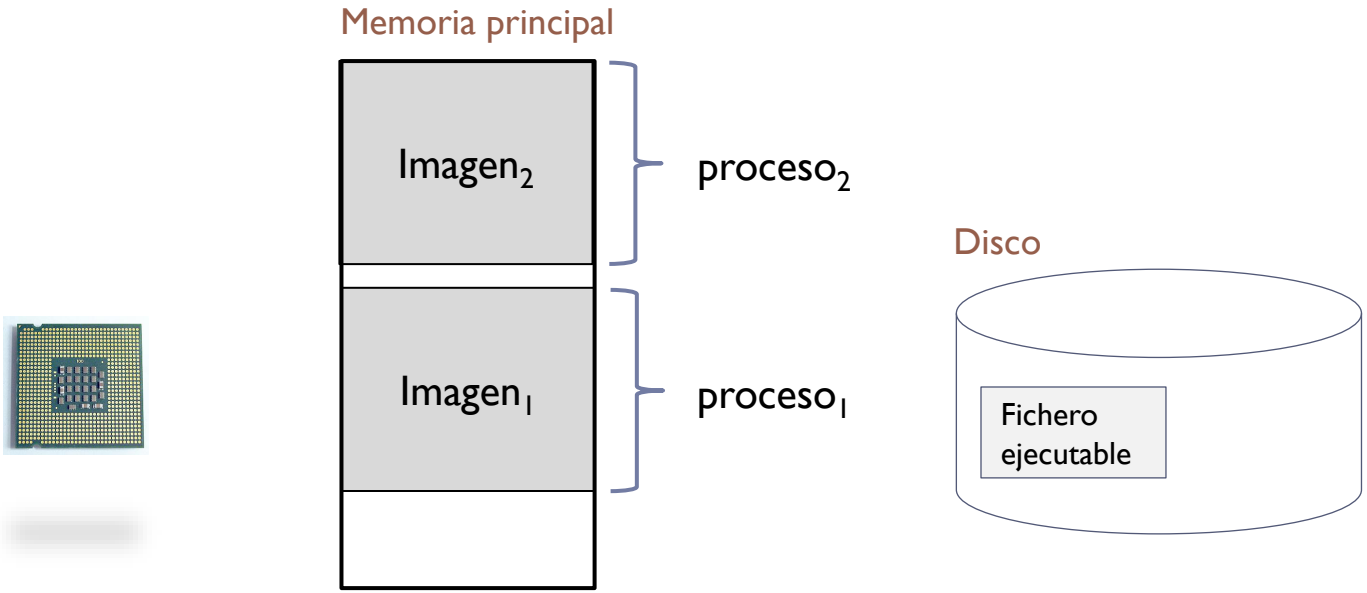


Imagen de un proceso

REPASO

- 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

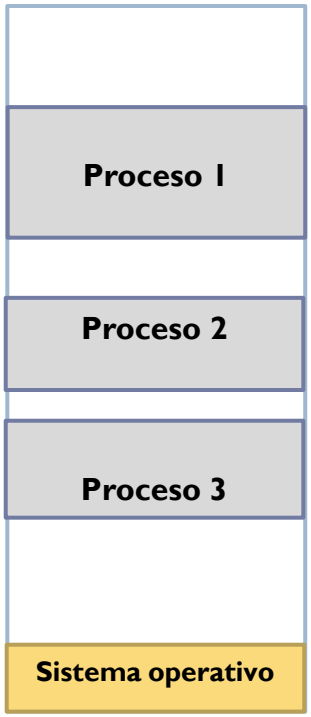
REPASO

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

- Ej.: MS-DOS, DR-DOS, etc.

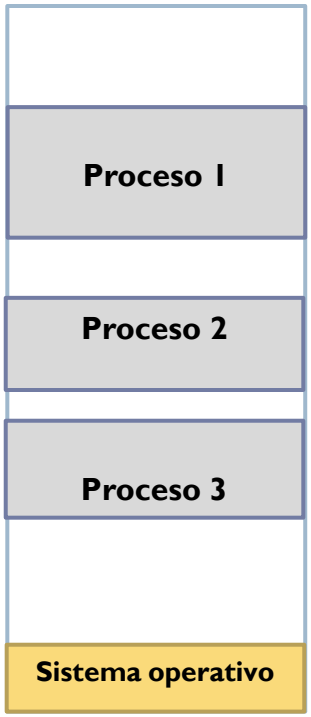
Sistemas multiprogramados

REPASO



- 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.

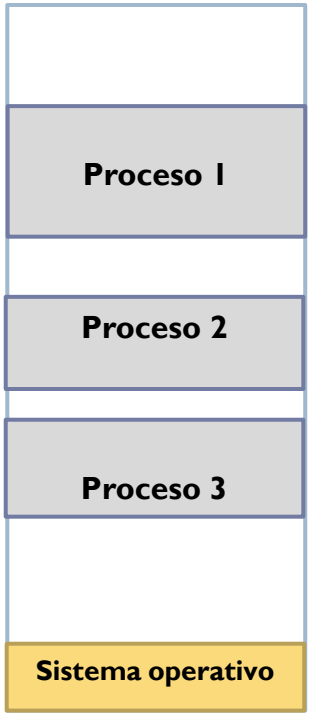
Sistemas multiprogramados



- 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.

Sistemas multiprogramados

ejemplo de cálculo de utilización

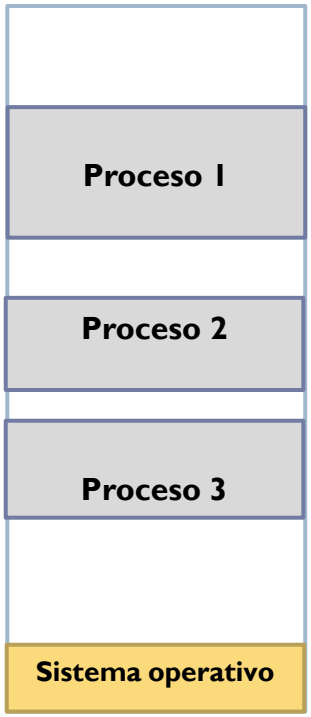


- n = 5 procesos independientes
- p = 0,8 del tiempo bloqueado (20% en CPU)
- **utilización = 5*20% → 100%**

http://www.cs.rutgers.edu/~pxk/416/notes/content/09-memory_management-slides-6.pdf

Sistemas multiprogramados

ejemplo de cálculo de utilización

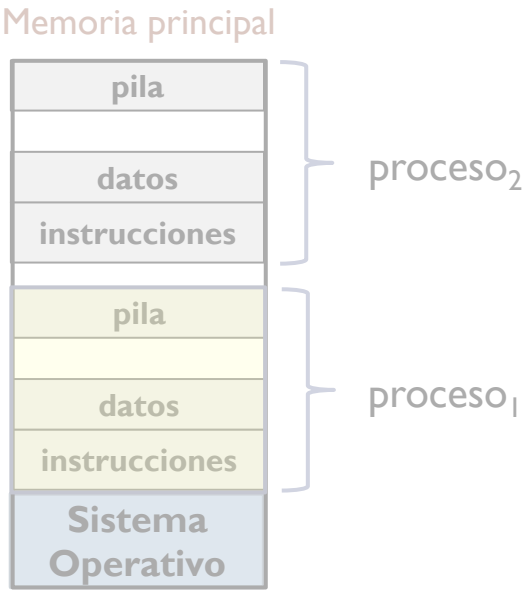


- **p** = % tiempo un proceso está bloqueado
- $\mathbf{p^n}$ = probabilidad de que n procesos independientes estén todos bloqueados
- $\mathbf{1 - p^n}$ = probabilidad de que la CPU **no** esté ociosa (no *idle*)
  - n = 5 procesos independientes
  - p = 0,8 del tiempo bloqueado (20% en CPU)
  - **utilización = 5*20% → 100%**
  - **utilización = $1-0{,}8^5$ → 67%**
    $1-0{,}8^{10}$ → 89%

http://www.cs.rutgers.edu/~pxk/416/notes/content/09-memory_management-slides-6.pdf

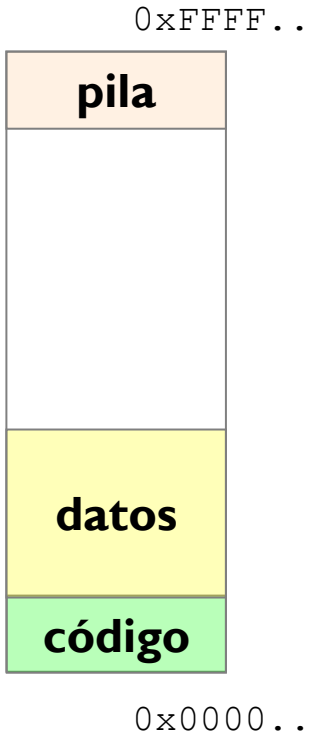
Contenidos

1. Introducción:
   1. 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.



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

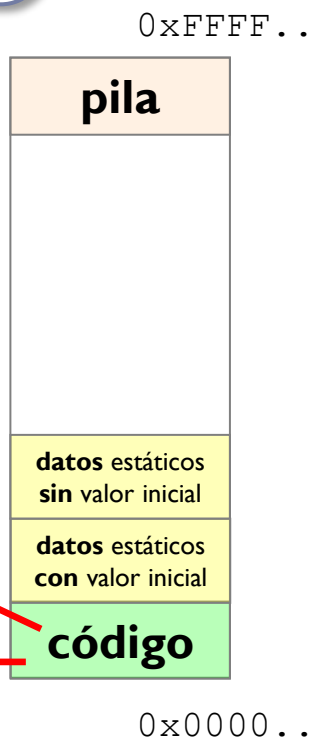


Principales regiones de un proceso

código (*text*)

Código
- Estático
- Se conoce en tiempo de compilación
- Secuencia de instrucciones a ser ejecutadas

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```

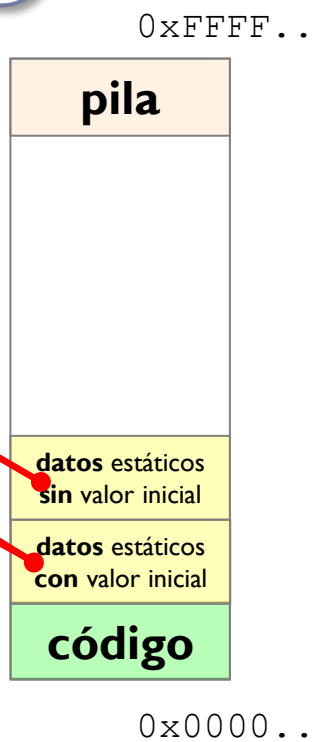


Principales regiones de un proceso

datos (*data*)

Variable globales
- Estáticas
- Se crean al iniciar el programa
- Existen durante ejecución
- Dirección fija en memoria y ejecutable

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```



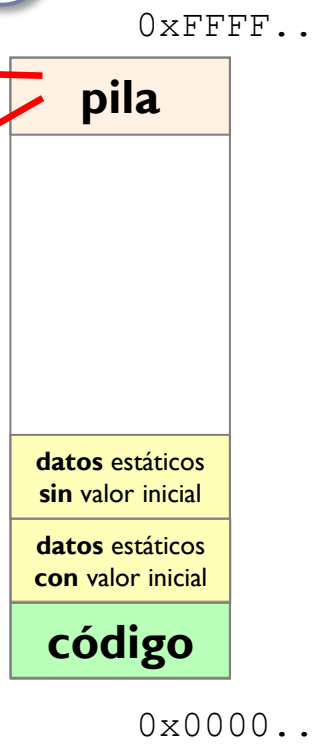
Principales regiones de un proceso

pila (*stack*)

Variable locales y parámetros

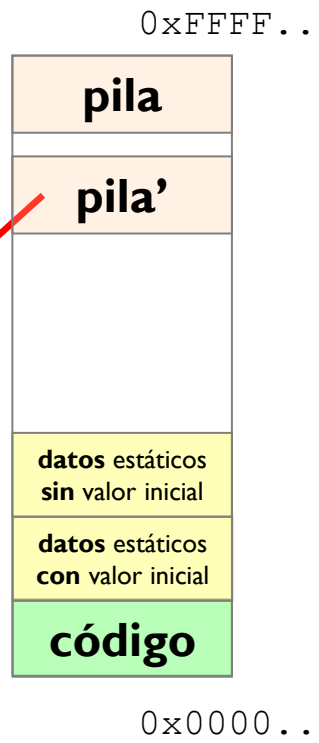
- Dinámicas
- Se crean al invocar la función
- Se destruyen al retornar
- Recursividad: varias instancias de una variable

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```



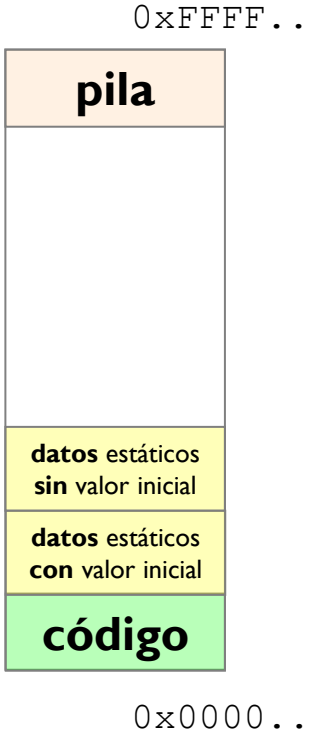
Principales regiones de un proceso
pila (*stack*)

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        ....... pthread_create(f…)
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```



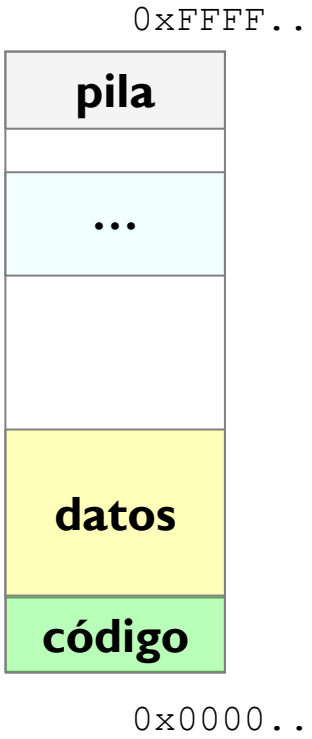
Organización lógica (de los programas)
principales regiones de un proceso

- 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)



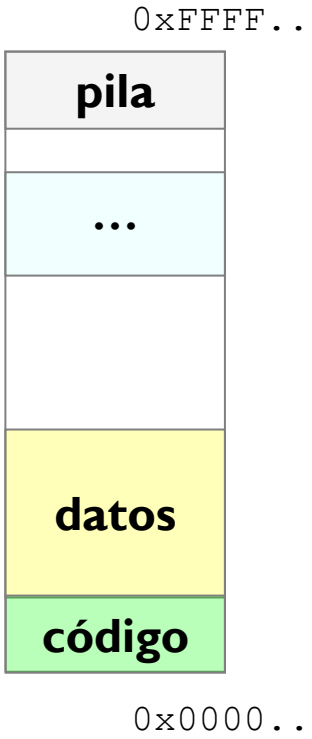
Organización lógica (de los programas)
modelo de memoria de un proceso

- 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



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



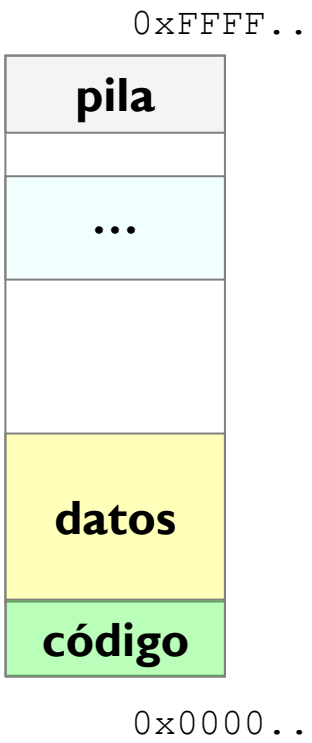
Principales regiones de un proceso
datos dinámicos (*heap*)

Variable dinámicas
- Variables locales o globales sin espacio asignado en tiempo de compilación
- Se reserva (y libera) espacio en tiempo de ejecución

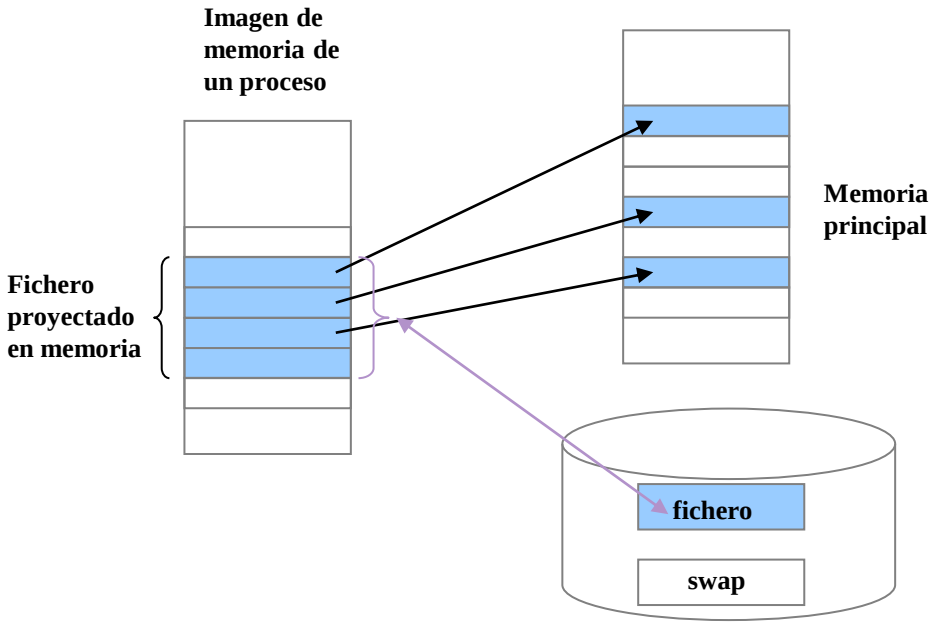
```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        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



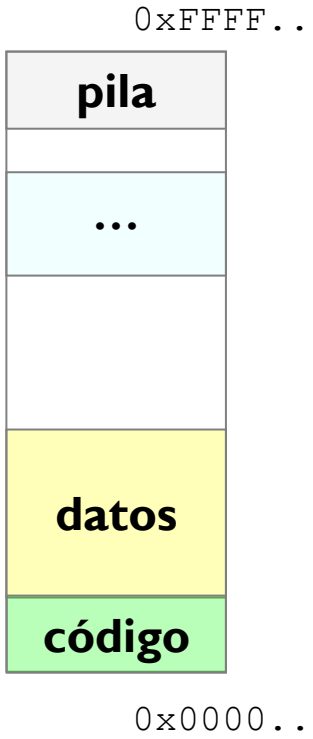
Ficheros proyectados en memoria



- 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)

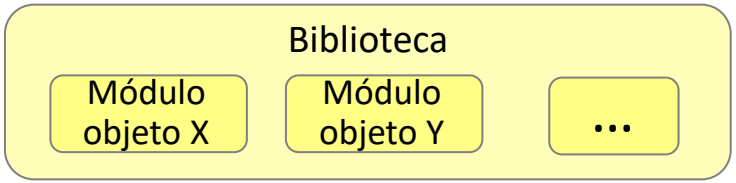
Organización lógica (de los programas)
modelo de memoria de un proceso

- 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

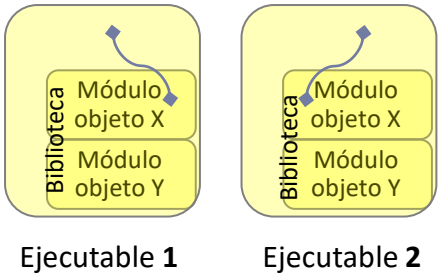


Biblioteca estática vs dinámica

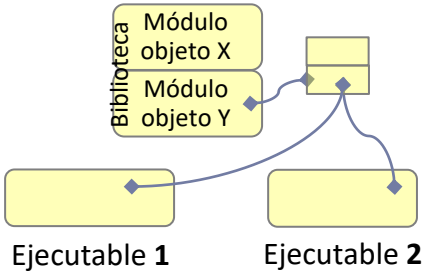
- Biblioteca
  - Colección de módulos objetos relacionados



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



- 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)
  - [I] Algo más tiempo de ejecución + dependencia



Ejemplo: biblioteca estática

2

```
#include <stdio.h>

extern void hola ( void );

int main()
{
   hola();
   return 0;
}
```

1

```
#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 –lhola –L./
./main

Ejemplo: biblioteca dinámica (carga implícita)

2

```
#include <stdio.h>

extern void hola ( void );


int main()
{
   hola();
   return 0;
}
```

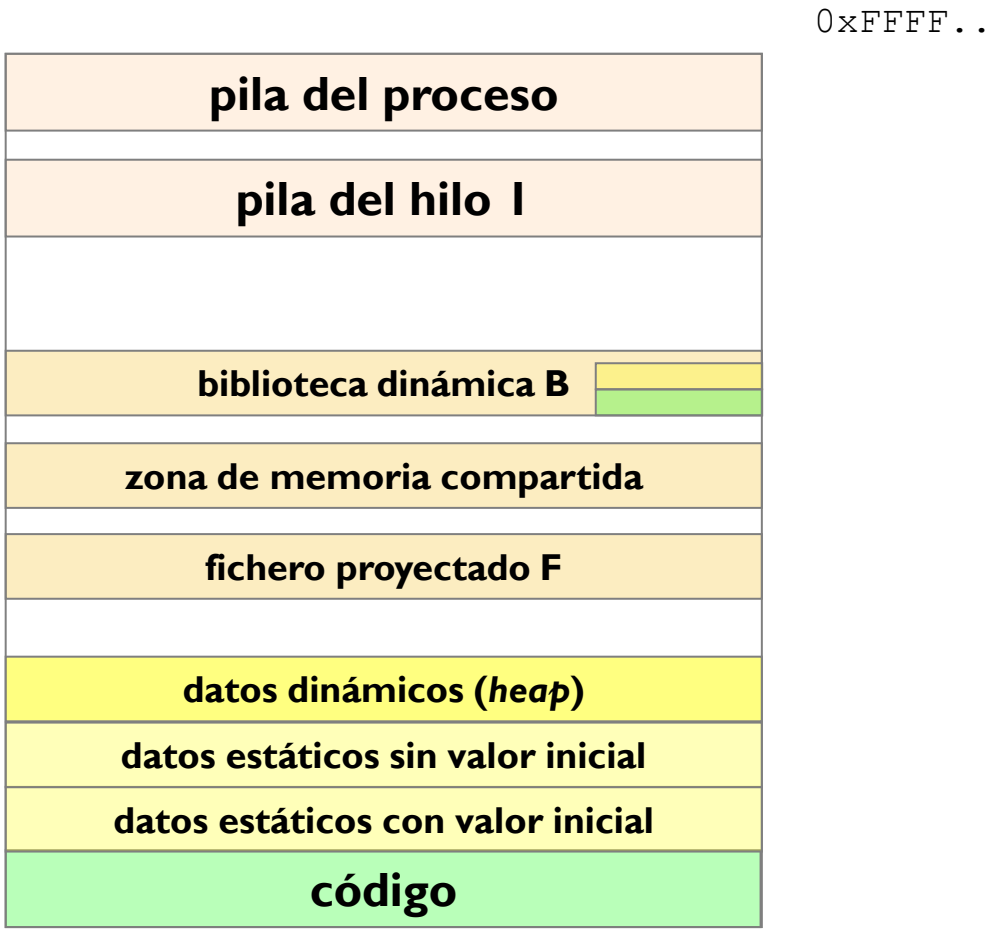
```
gcc –Wall –g –o main main.c –lhola –L./
env LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:.  ./main
```

1

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

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

```
gcc –Wall –g –fPIC –o libhola.o –c libhola.c
gcc -shared -Wl,-soname,libhola.so \
            -o libhola.so.1.0 libhola.o
ln -s libhola.so.1.0 libhola.so
```

Ejemplo de mapa de memoria

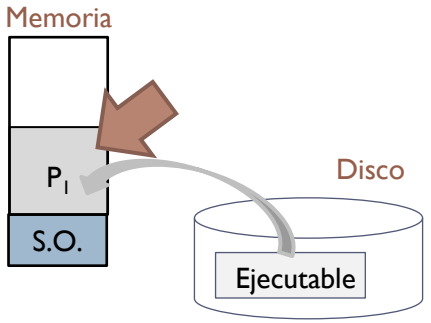


Características de regiones

resumen

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

Inspeccionar un proceso

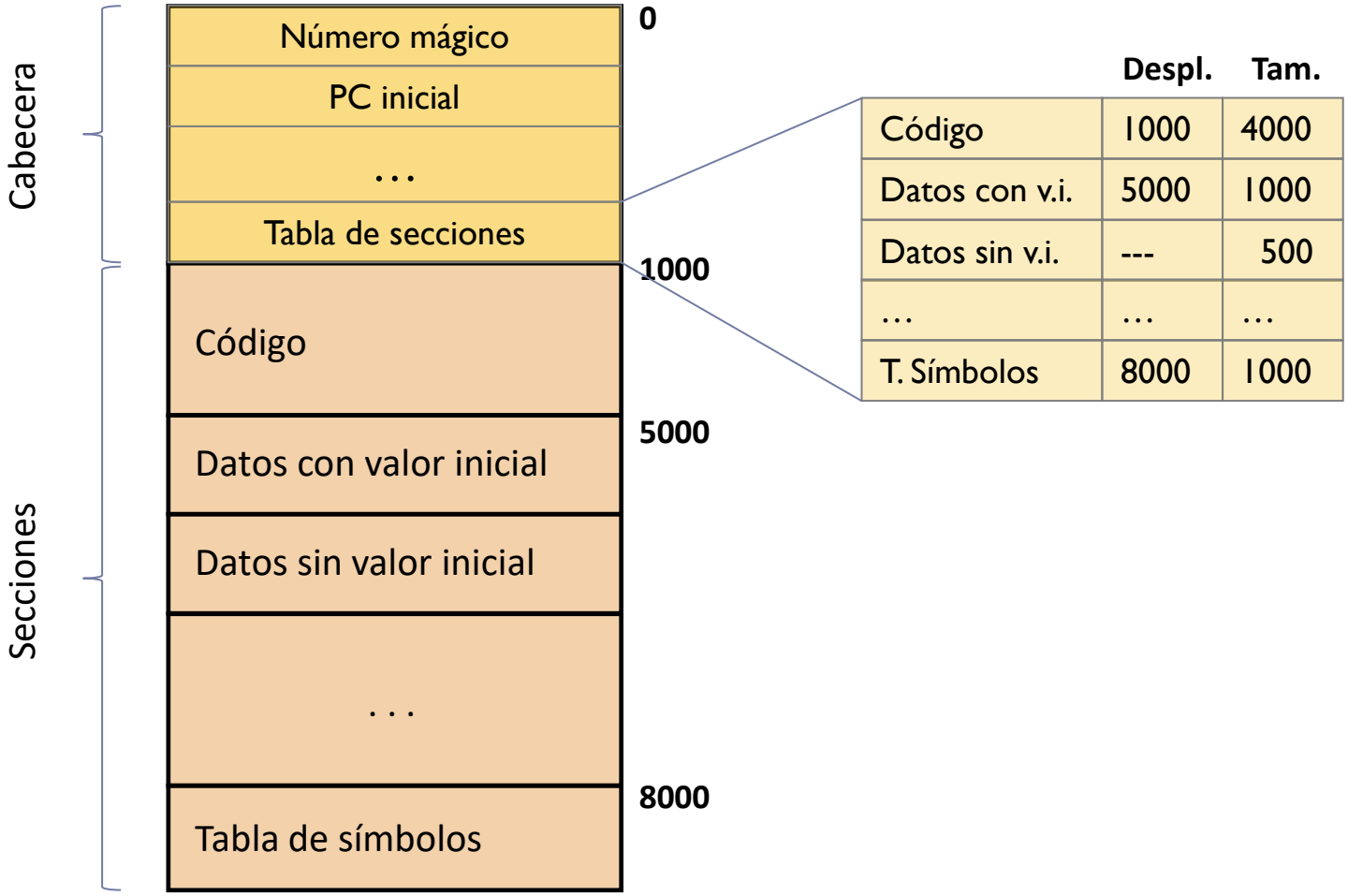


- Detalles de las secciones de un proceso:

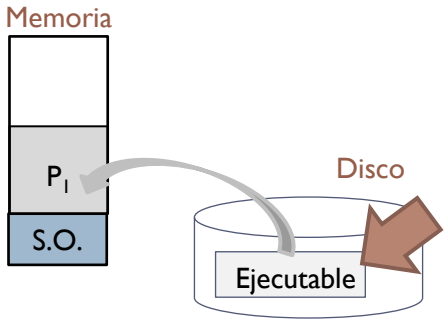
```
acaldero@patata:~/infodso/$ cat /proc/1/maps
b7688000-b7692000 r-xp 00000000 08:02 1491       /lib/libnss_files-2.12.1.so
b7692000-b7693000 r--p 00009000 08:02 1491       /lib/libnss_files-2.12.1.so
b7693000-b7694000 rw-p 0000a000 08:02 1491       /lib/libnss_files-2.12.1.so
b7694000-b769d000 r-xp 00000000 08:02 3380       /lib/libnss_nis-2.12.1.so
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]
```

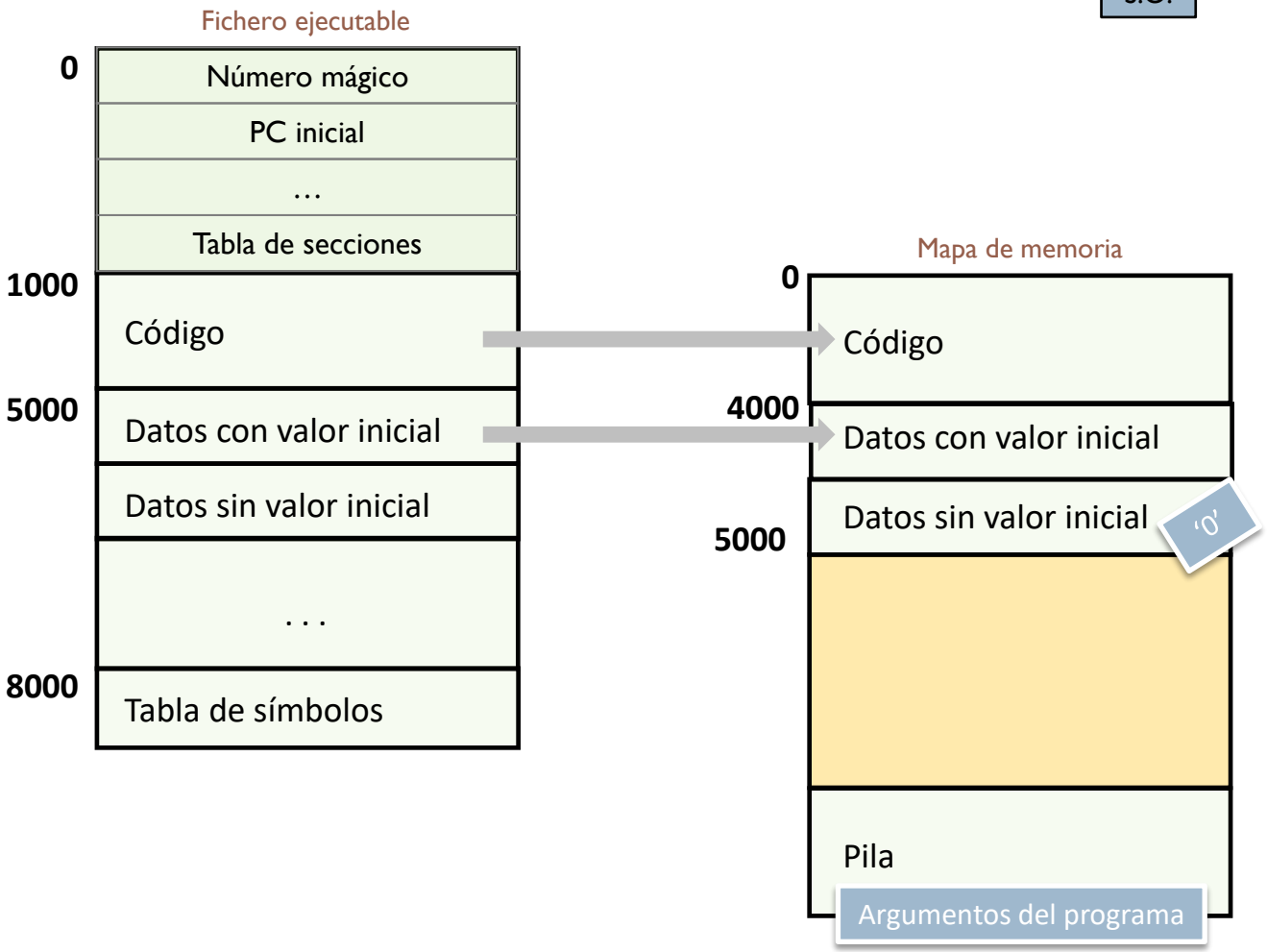
direccion perm. offset dev nodo-i nombre

Ejemplo de formato de ejecutable

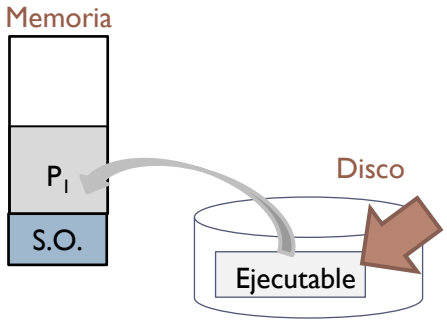


Crear mapa desde ejecutable





Inspeccionar un ejecutable

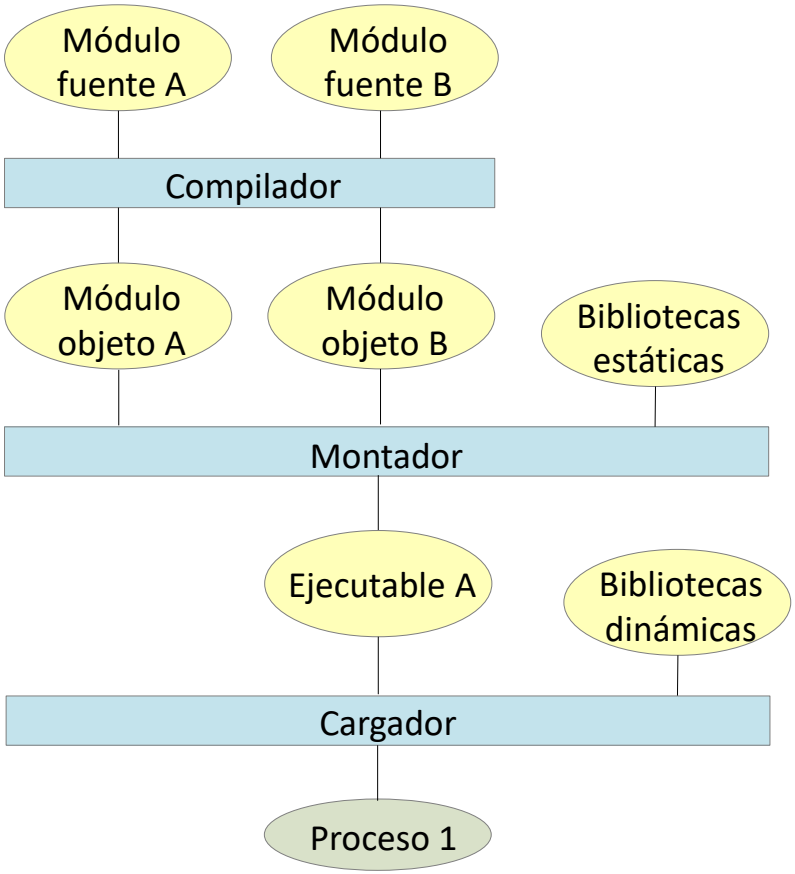


- Detalles de las secciones de un ejecutable:

```
acaldero@patata:~/infodso/$ objdump -x main.exe
...

Program Header:
...
 DYNAMIC off    0x00000f20 vaddr 0x08049f20 paddr 0x08049f20 align 2**2
         filesz 0x000000d0 memsz 0x000000d0 flags rw-
...
   STACK off    0x00000000 vaddr 0x00000000 paddr 0x00000000 align 2**2
         filesz 0x00000000 memsz 0x00000000 flags rw-
...

Dynamic Section:
  NEEDED               libdinamica.so
  NEEDED               libc.so.6
  INIT                 0x08048368
...
```

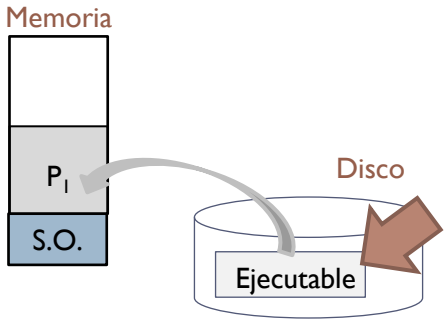
Fases de generación de un ejecutable

- 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)
```

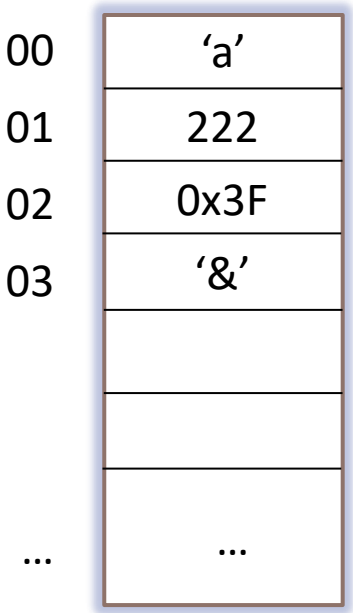
- Símbolos de un ejecutable:

```
acaldero@patata:~/infodso/$ nm main.exe
08049f20 d _DYNAMIC
08049ff4 d _GLOBAL_OFFSET_TABLE_
0804856c R _IO_stdin_used
         w _Jv_RegisterClasses
08049f10 d __CTOR_END__
08049f0c d __CTOR_LIST__
...
```

Contenidos

1. Introducción:
   1. 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
interfaz funcional



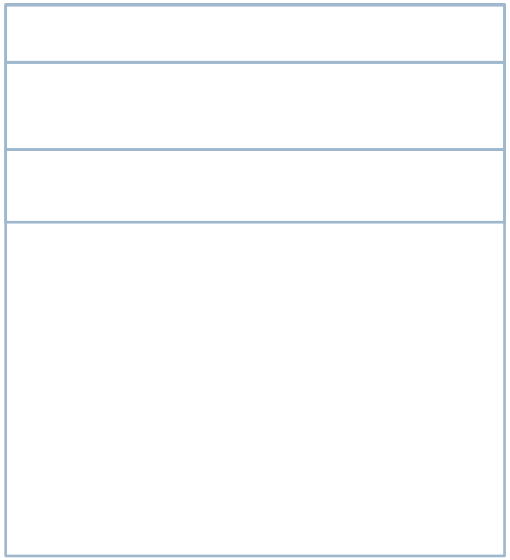
- **valor = read (dirección)**
- **write (dirección, valor)**

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

Gestor de memoria

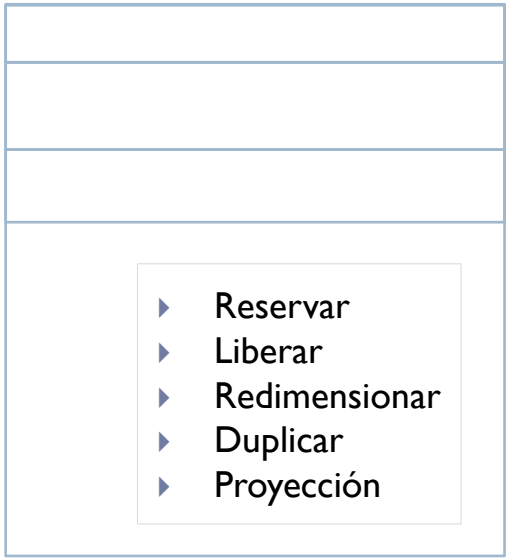
Gestor de memoria (*memory allocator*)

memory allocator = Bloque

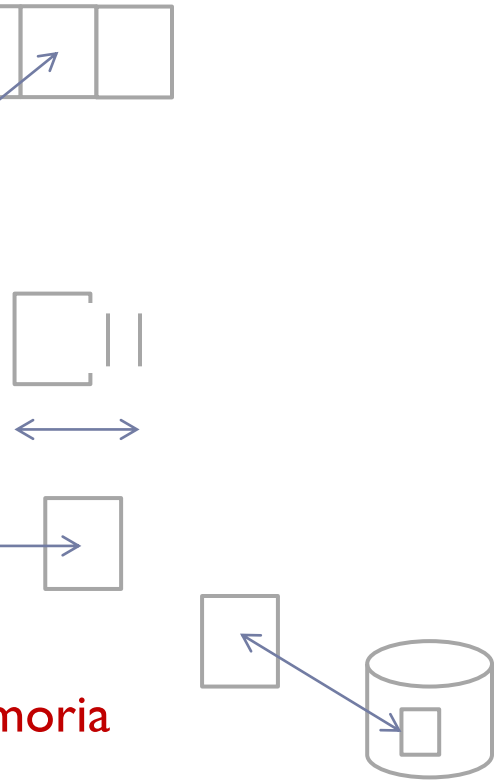


Gestor de memoria (*memory allocator*)

memory allocator = Bloque + Interfaz

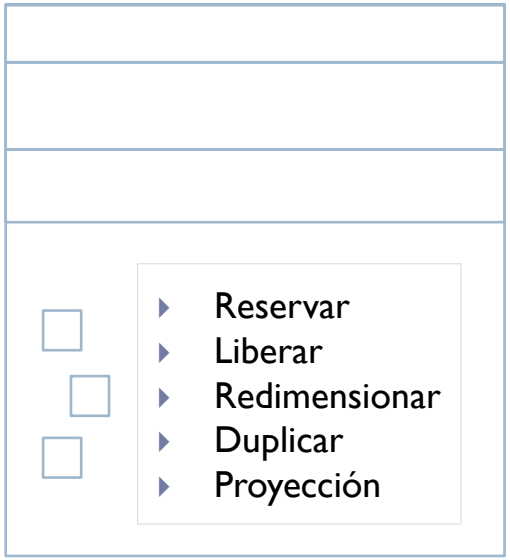


- Reservar
- Liberar
- Cambiar tamaño
- Duplicación
- Proyección en memoria

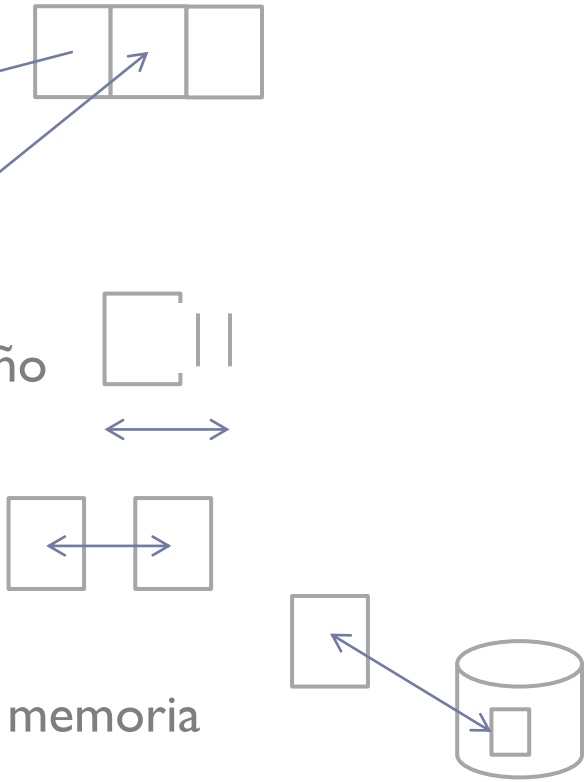


Gestor de memoria (*memory allocator*)

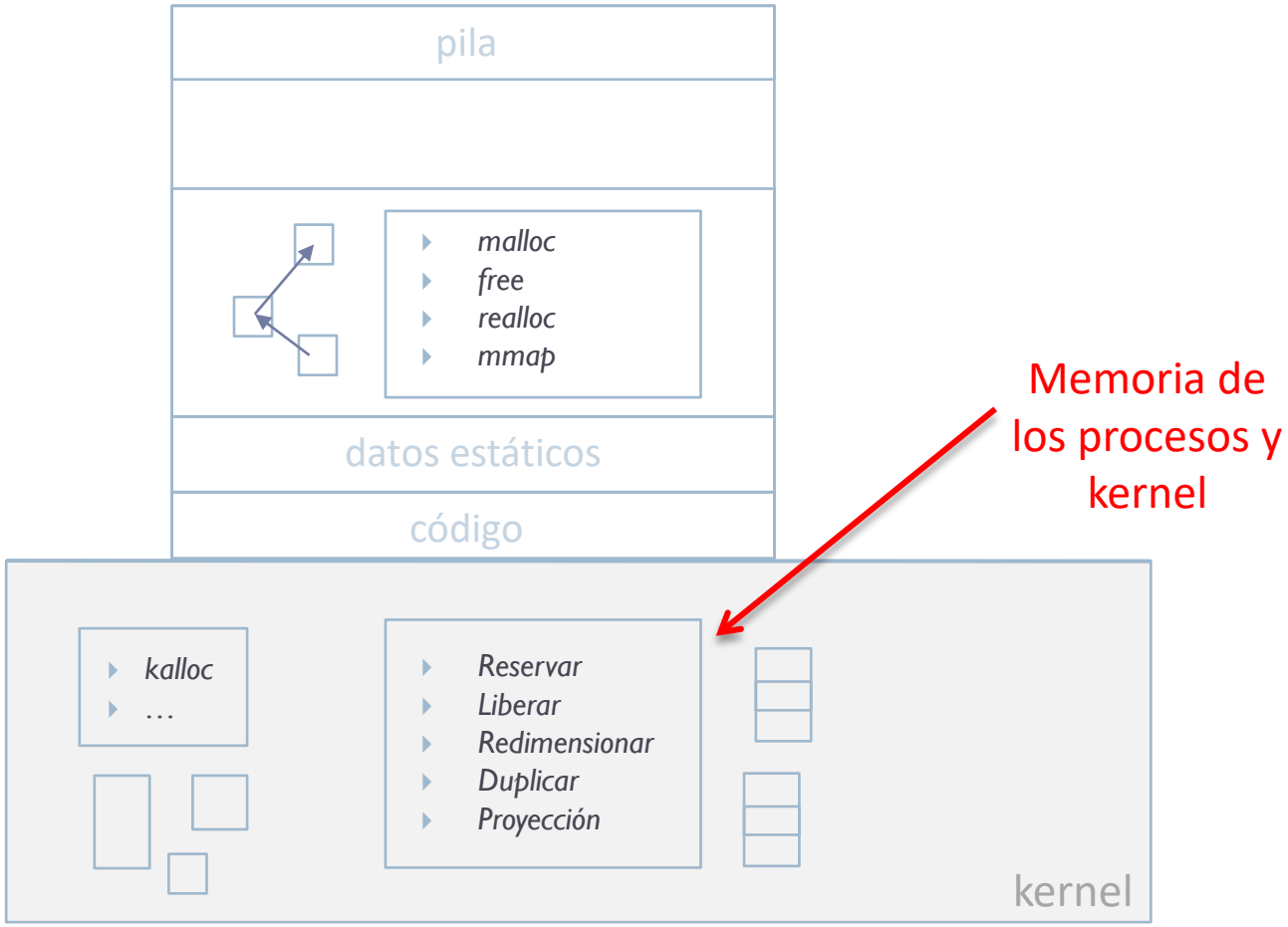
memory allocator = Bloque + Interfaz + Metadatos



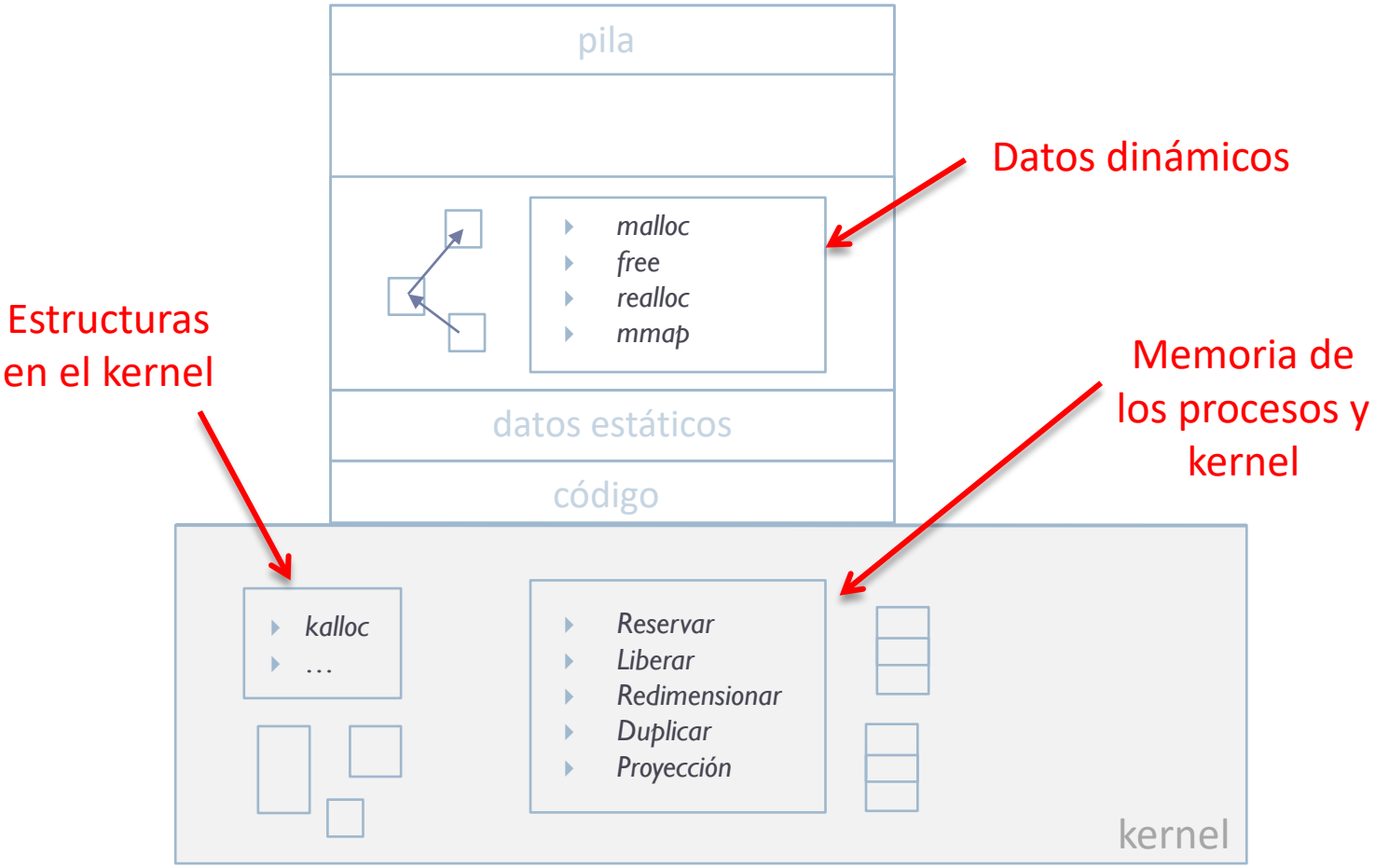
- Reservar
- Liberar
- Cambiar tamaño
- Duplicación
- Proyección en memoria



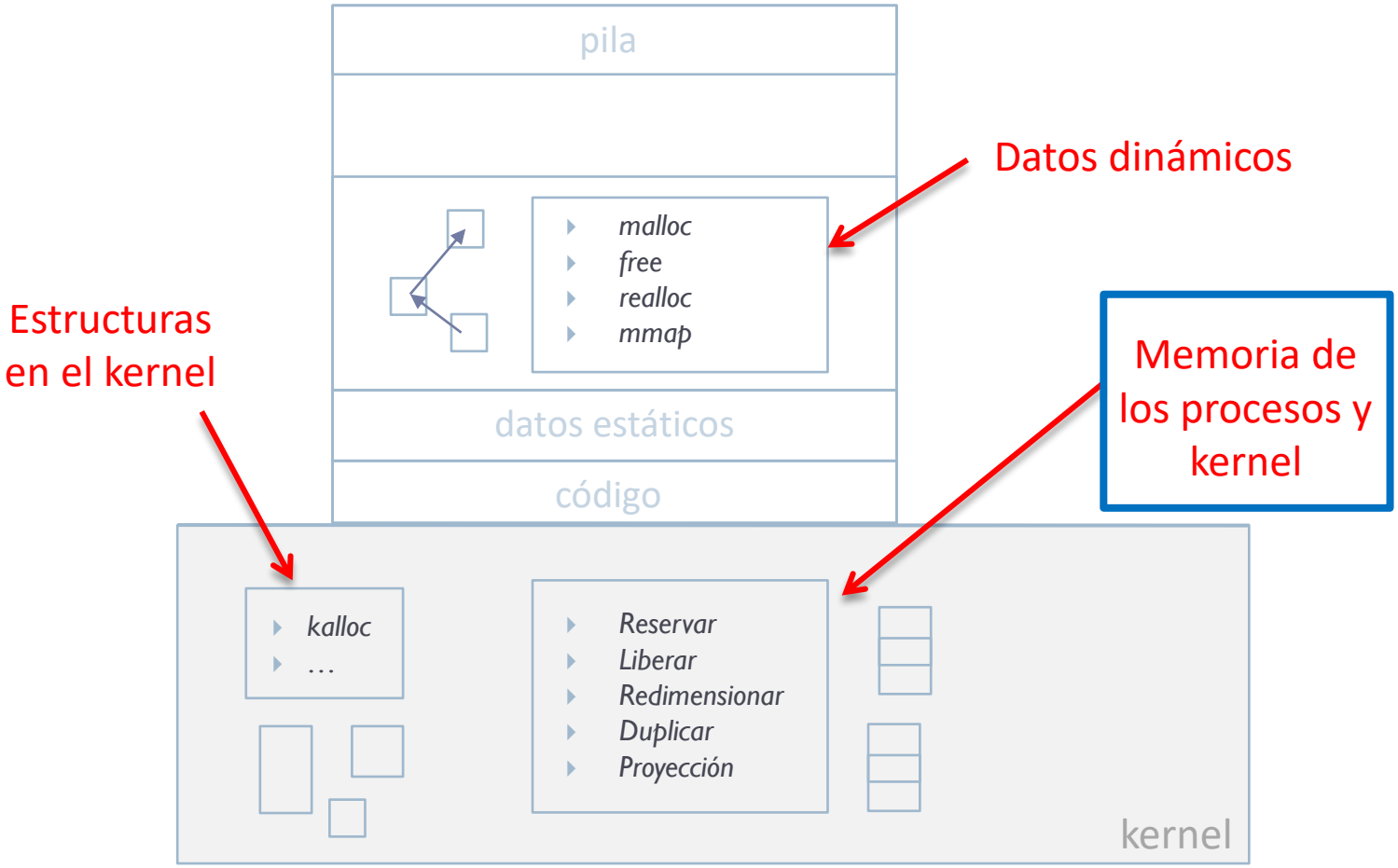
Gestores a varios niveles: N1



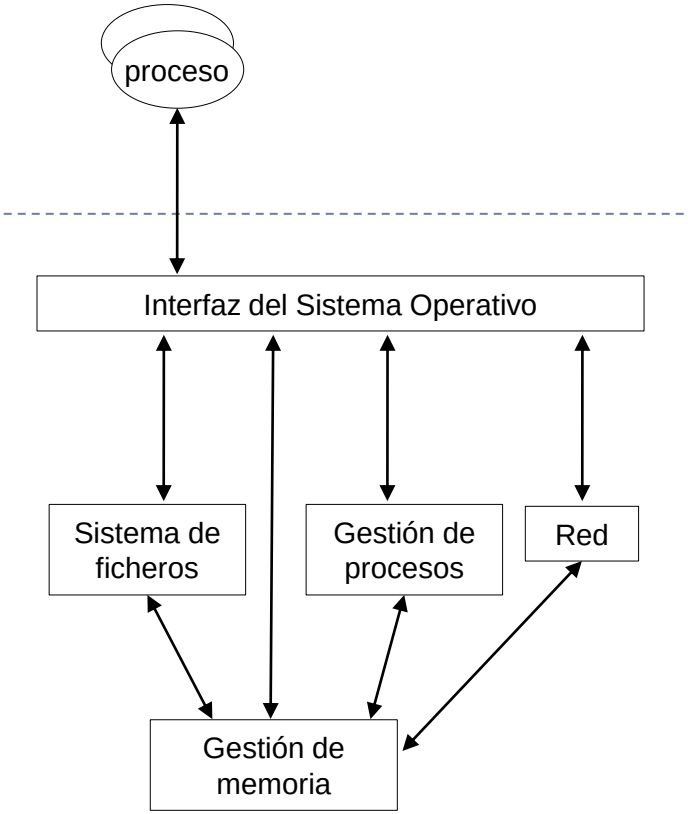
Gestores a varios niveles: N2



Gestores a varios niveles



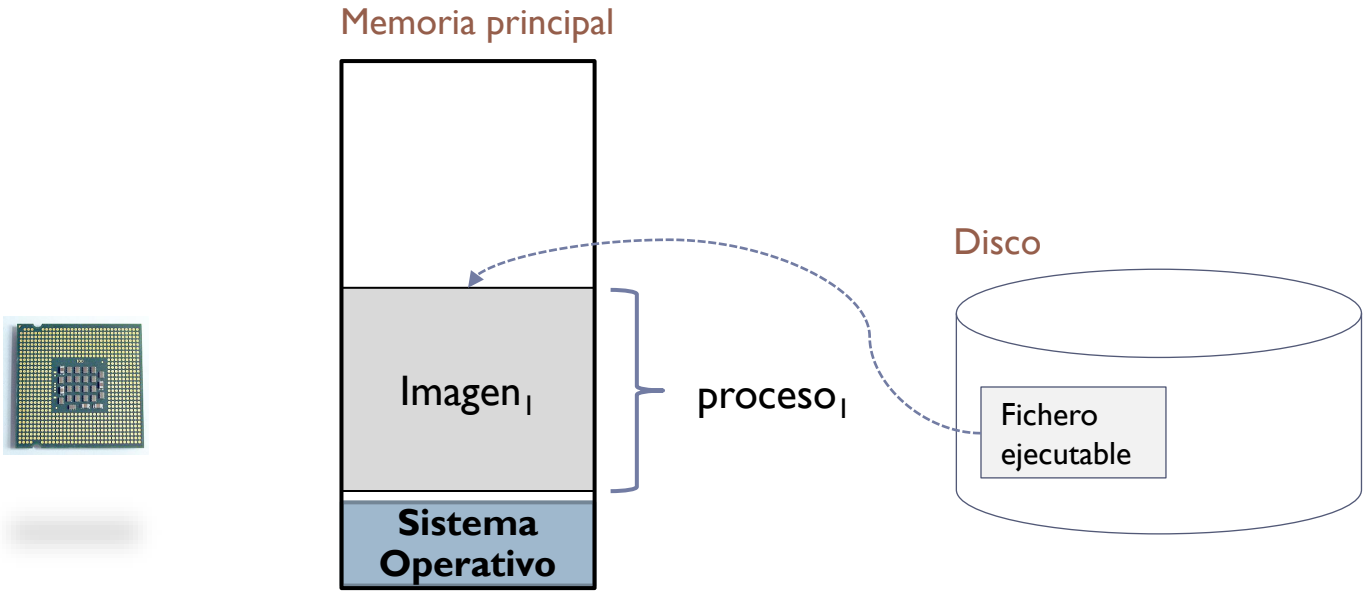
Ámbito de la gestión de memoria (N1)



- 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

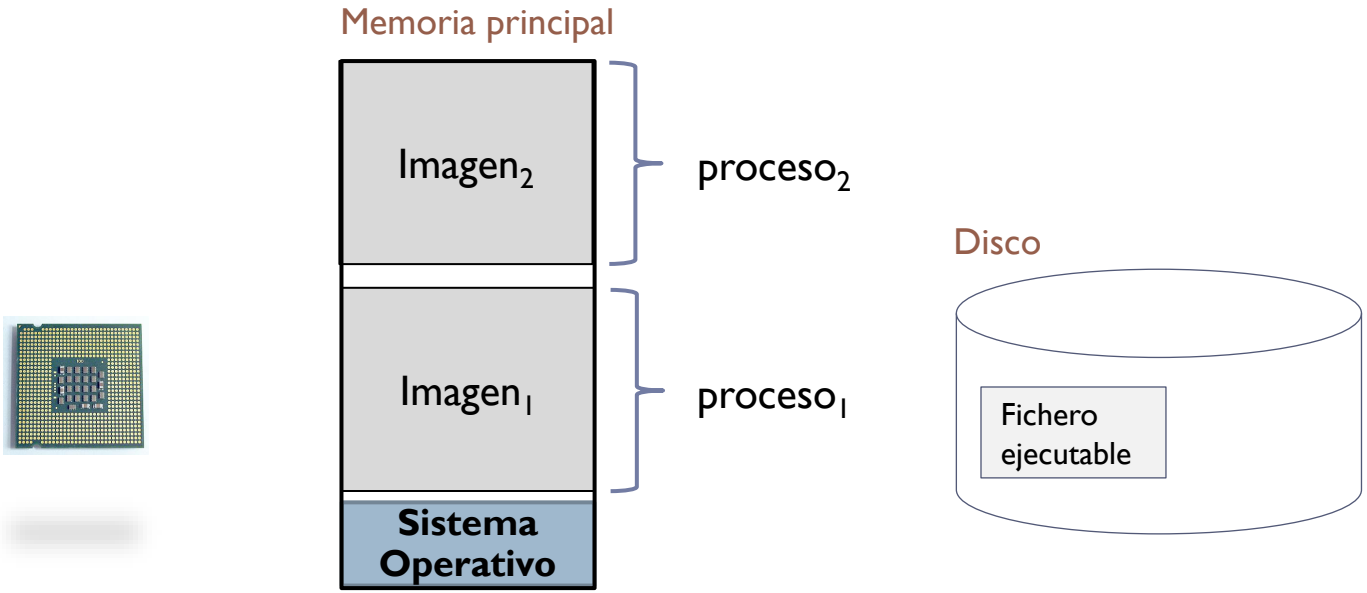
Gestión de memoria: MP+**Interfaz**+Metadatos

- 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



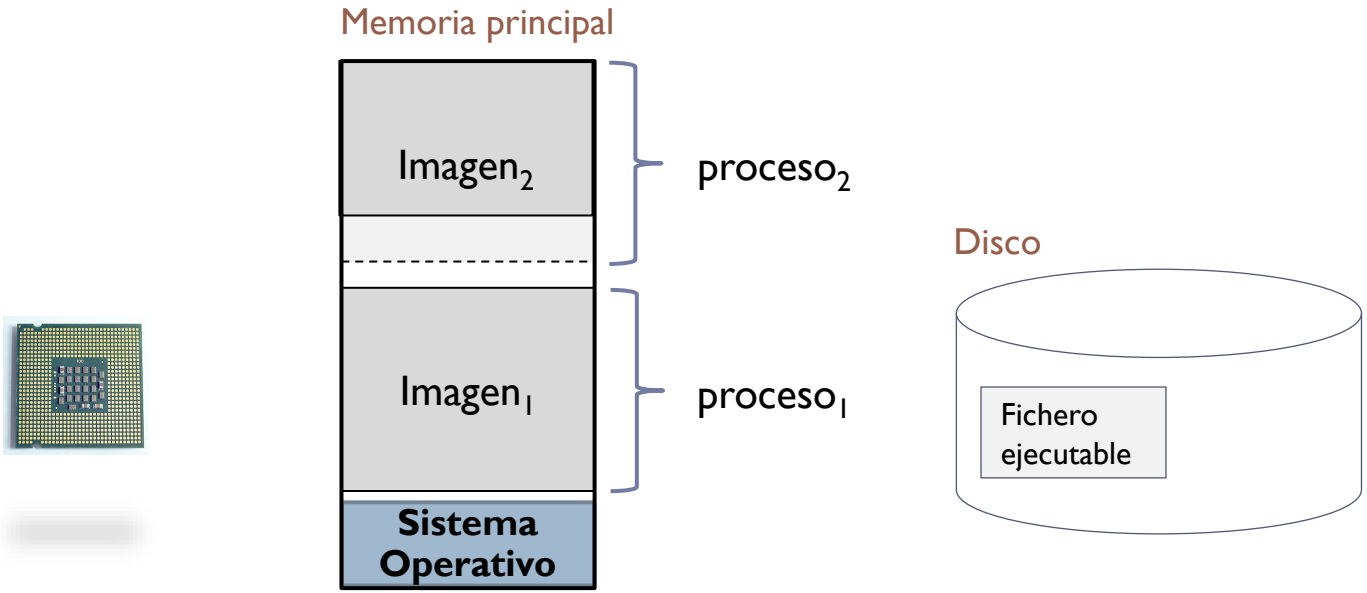
Gestión de memoria: MP+**Interfaz**+Metadatos

- 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



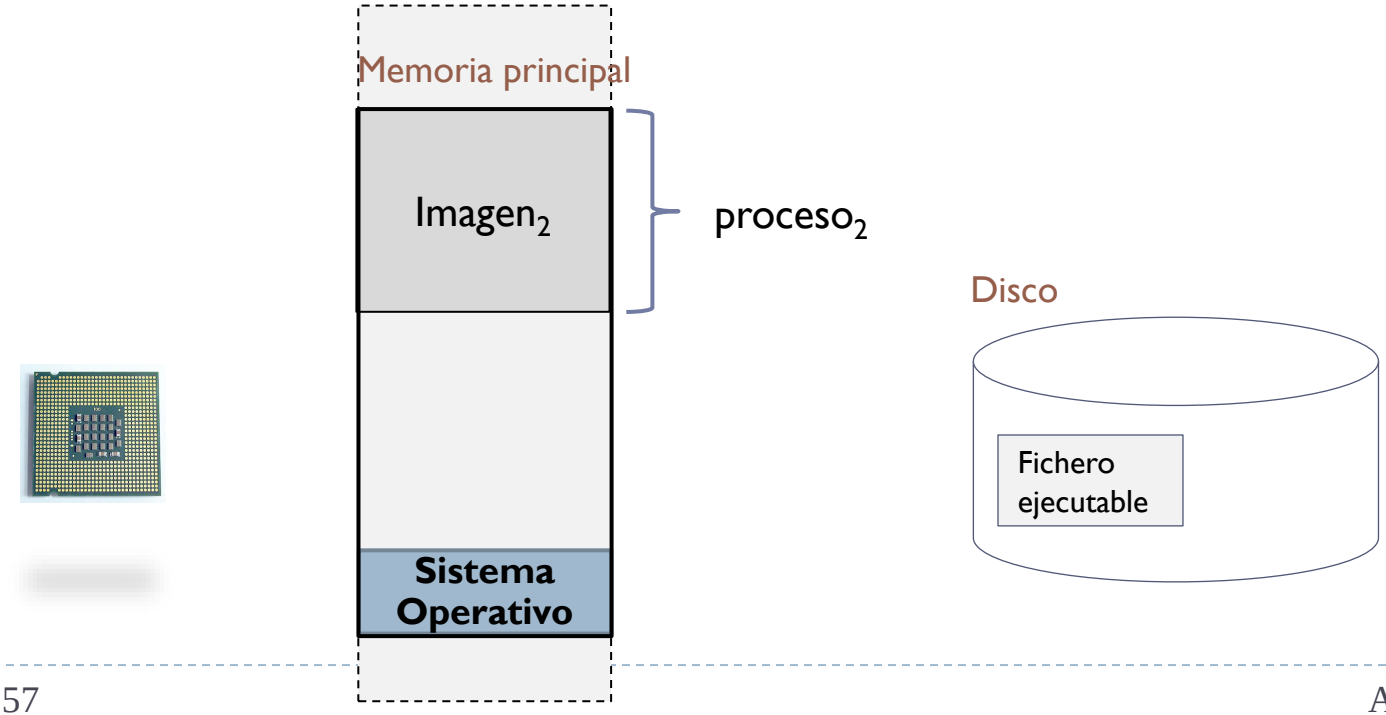
Gestión de memoria: MP+**Interfaz**+Metadatos

- 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

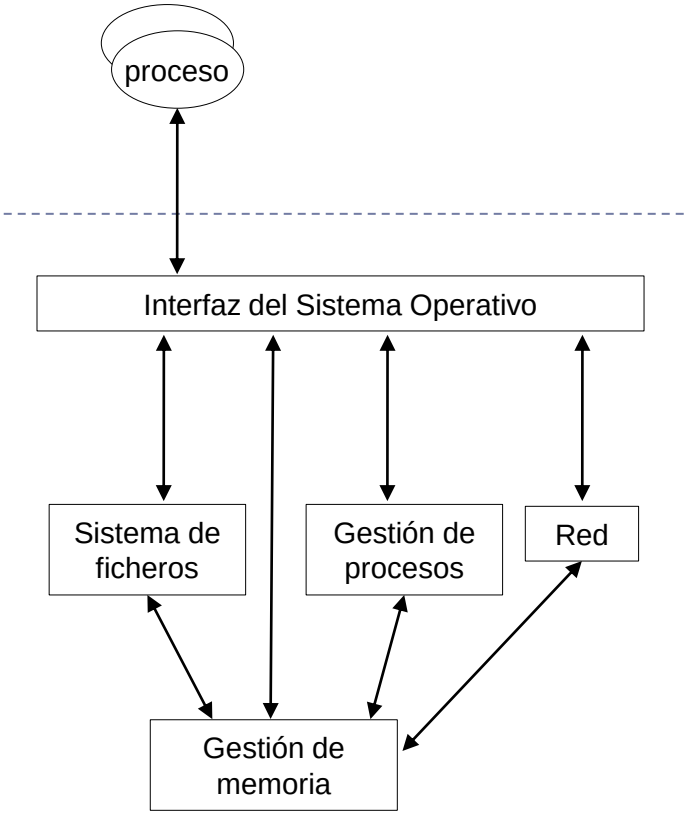


Gestión de memoria: MP+**Interfaz**+Metadatos

- 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)

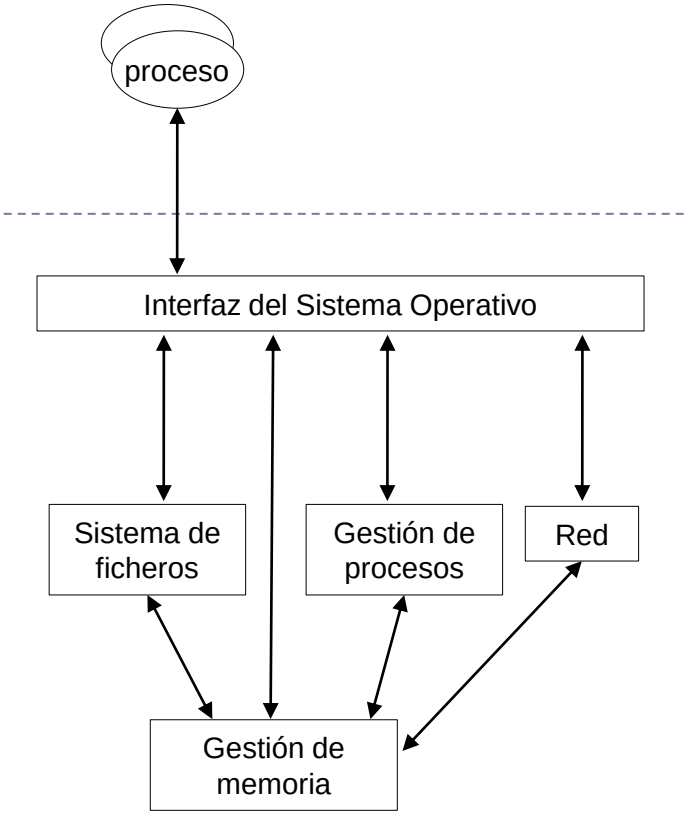


- S.O. multiplexa recursos entre procesos
  - Cada proceso cree que tiene una máquina para él solo.
  - Gestión de procesos: Reparto de procesador.
  - Gestión de memoria: Reparto de memoria.
- Objetivos:

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.

Objetivos generales de la memoria

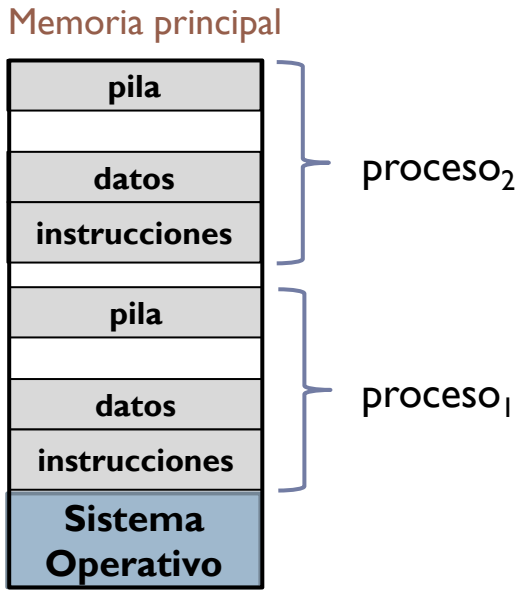


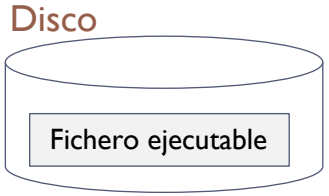
1. Localización de referencias a memoria
   - ha de traducir las referencias a memoria a direcciones físicas
2. Protección de espacios de memoria
   - prohibir referencias entre procesos distintos
3. Compartición de espacios de memoria
   - permitir que varios procesos accedan a un espacio de memoria 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

http://doursat.free.fr/docs/CS446_F05/CS446_F05_3_Memory1.pdf

Objetivos generales de la memoria
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)

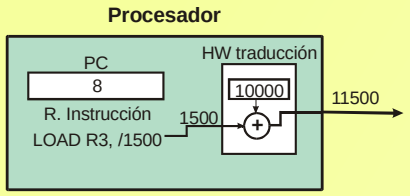


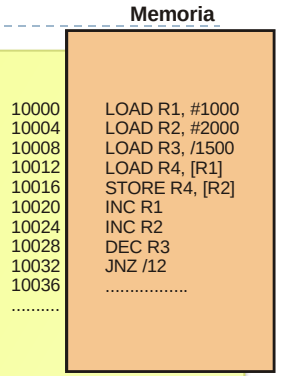


http://doursat.free.fr/docs/CS446_F05/CS446_F05_3_Memory1.pdf

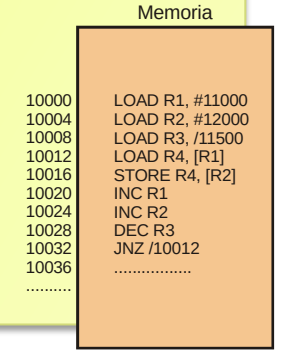
Objetivos generales de la memoria
1.- Localización de referencias a memoria

- 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

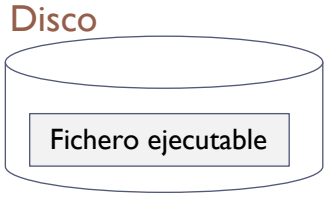




- Reubicación software
  - Traducción de direcciones al cargar el programa
  - Programa en memoria distinto del ejecutable
  - Desventajas:
    - No asegura protección
    - No permite mover imagen proceso en tiempo de ejecución



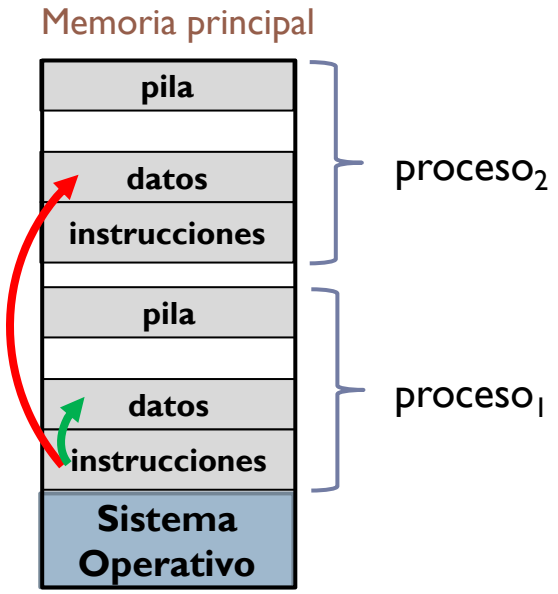
- Reubicación: traducción de las referencias lógicas (relativas) de memoria a direcciones físicas (absolutas)



Sistemas operativos: una visión aplicada (© J. Carrete et al.)
http://doursat.free.fr/docs/CS446_F05/CS446_F05_3_Memory1.pdf

Objetivos generales de la memoria
2.- Protección de espacios de memoria

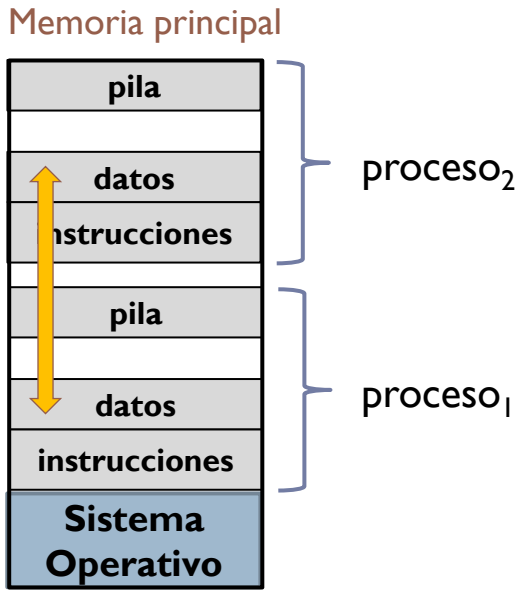
- Los procesos no han de usar posiciones de memoria de otros procesos por seguridad.
  - Excepción: depurador.
  - Reubicación previene, pero no evita.
- Las posiciones de memoria tendrían que ser comprobadas en tiempo de ejecución
  - No es posible comprobar los accesos a memoria física en tiempo de 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.



http://doursat.free.fr/docs/CS446_F05/CS446_F05_3_Memory1.pdf

Objetivos generales de la memoria
3.- Compartición de espacios de memoria

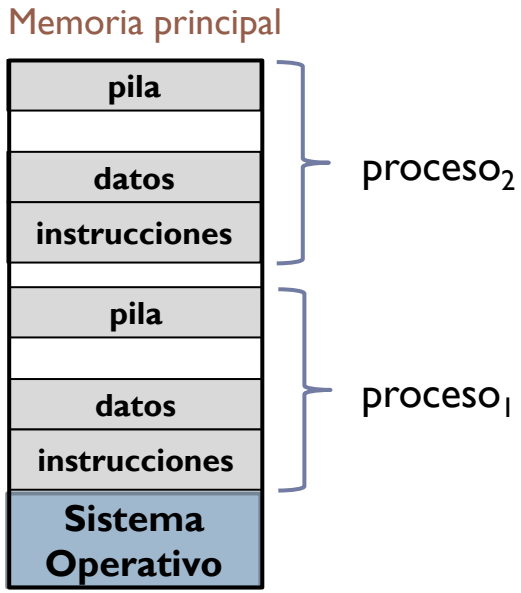
- Opuesto al punto anterior (aparentemente) debe ser posible que varios procesos puedan acceder a la misma porción de memoria:
  - Procesos ejecutando el mismo código podrían compartir la misma copia de código en memoria
  - Procesos que cooperan en la misma tarea pueden necesitar acceder a las mismas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



http://doursat.free.fr/docs/CS446_F05/CS446_F05_3_Memory1.pdf

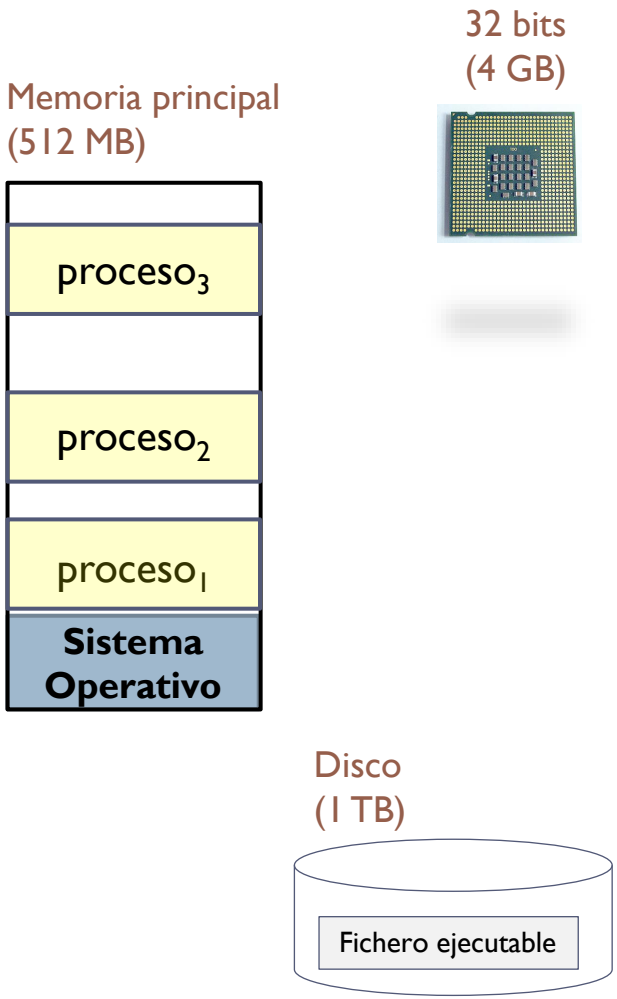
Objetivos generales de la memoria
4.- Organización lógica (de los programas)

- 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



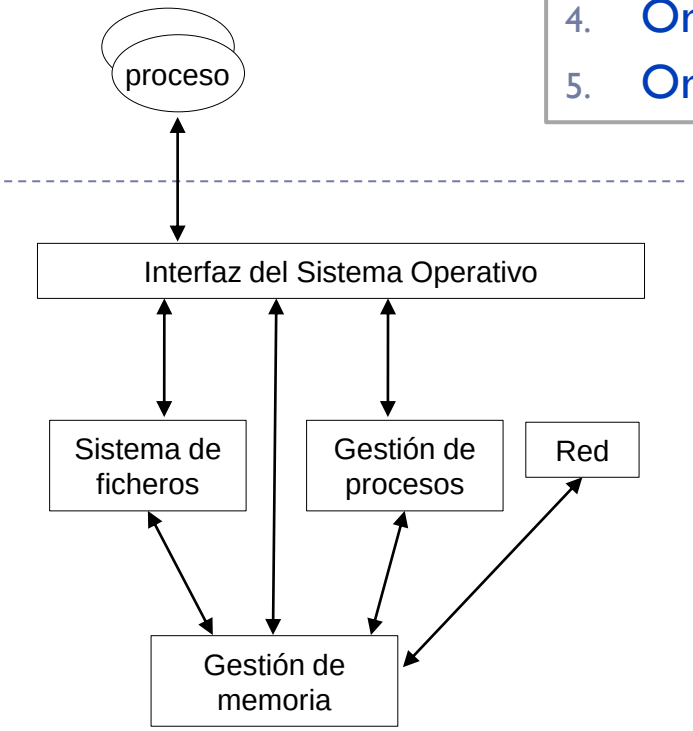
Objetivos generales de la memoria
5.- Organización física (de la memoria)

- 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



Ámbito, arquitectura y objetivos
resumen

1. Localización de referencias a memoria
2. Protección de espacios de memoria
3. Compartición de espacios de memoria
4. Organización lógica (de programas)
5. Organización física (de la memoria)



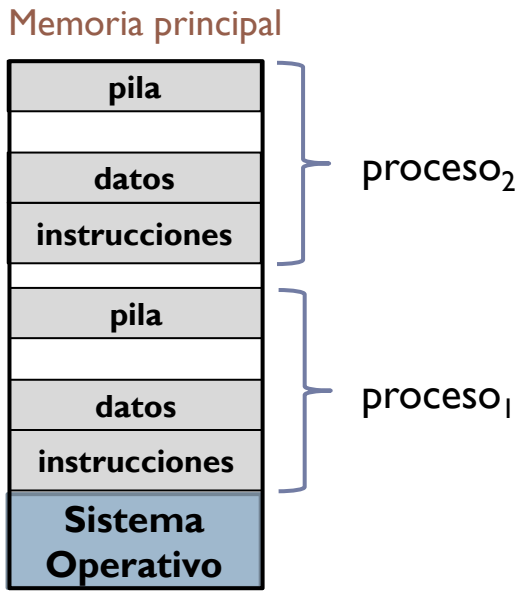
Sistemas operativos: una visión aplicada (© J. Carrete et al.)
http://doursat.free.fr/docs/CS446_F05/CS446_F05_3_Memory1.pdf

Contenidos

1. Introducción:
   1. 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.

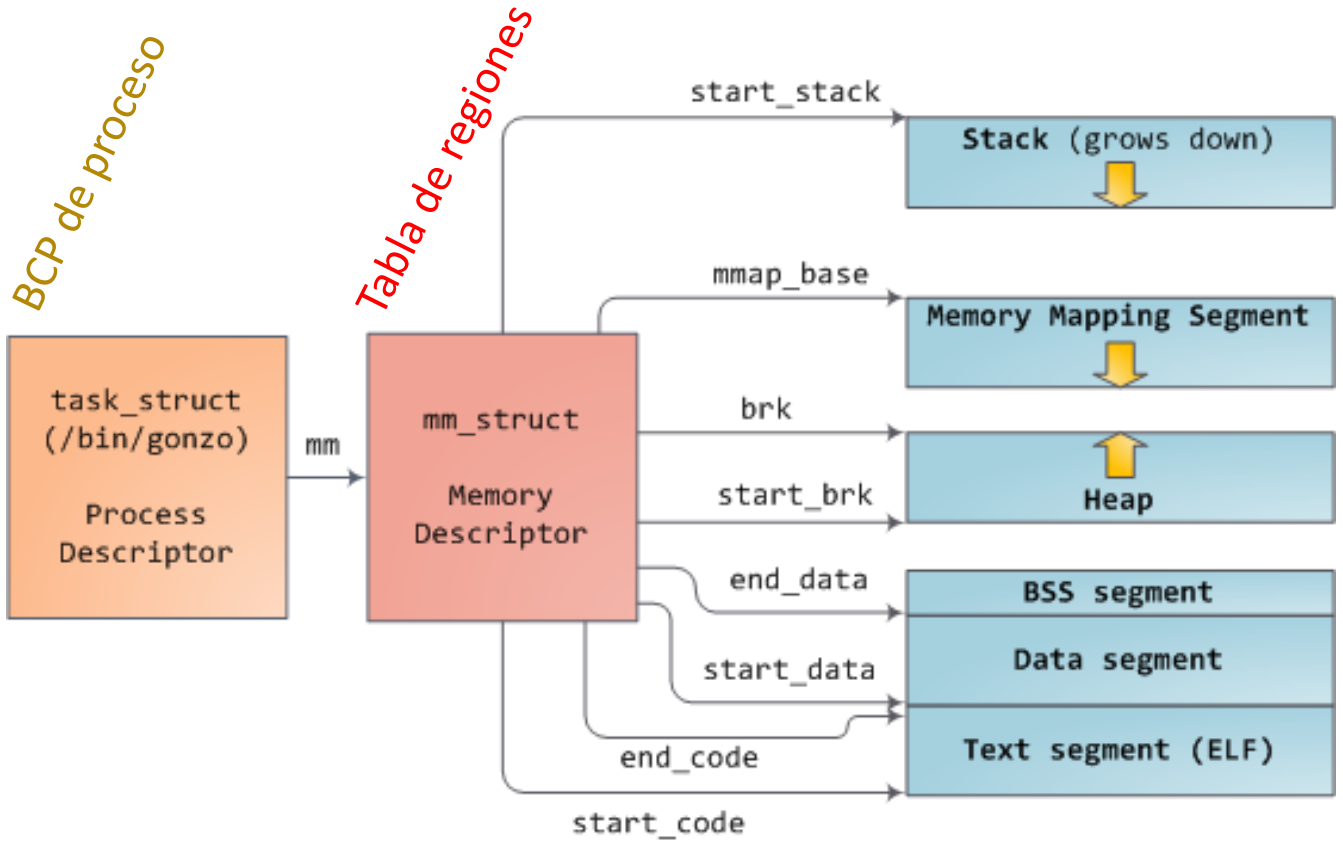
4.- Organización lógica (de los programas)
soporte de regiones de memoria

- 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



https://manybutfinite.com/post/how-the-kernel-manages-your-memory/

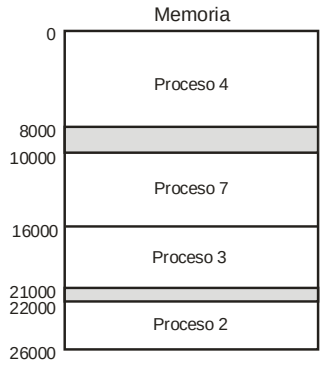
Gestión de información de regiones
particionado de memoria

- Típicas estructuras de datos:
  - Lista única
  - Múltiples listas
  - Sistema *buddy* binario (huecos: 2^n)
  - Mapa de bits
- Tipos generales de técnicas
  - Memoria continua
    - Particionamiento estático o particiones de tamaño fijo
    - Particionamiento dinámico o particiones de tamaño variable
  - Memoria no continua
    - Paginación
    - Segmentación
    - Segmentación paginada

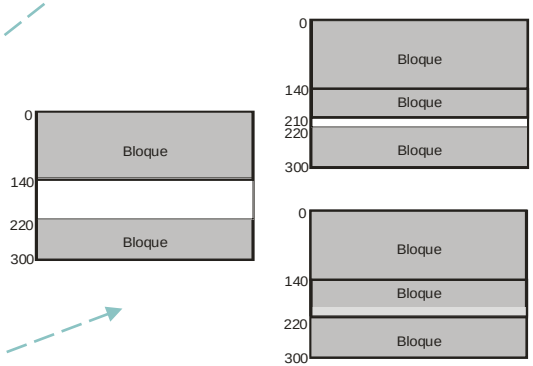
Algoritmos de reserva

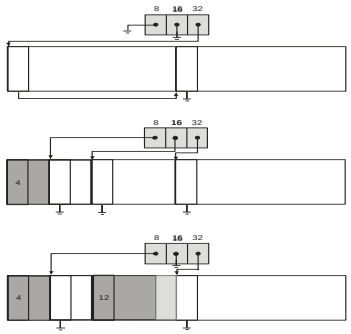
- First fit
- Best fit
- Worst fit

Gestión de información de regiones
particionado de memoria



- 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: 2^n)
  - Mapa de bits





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

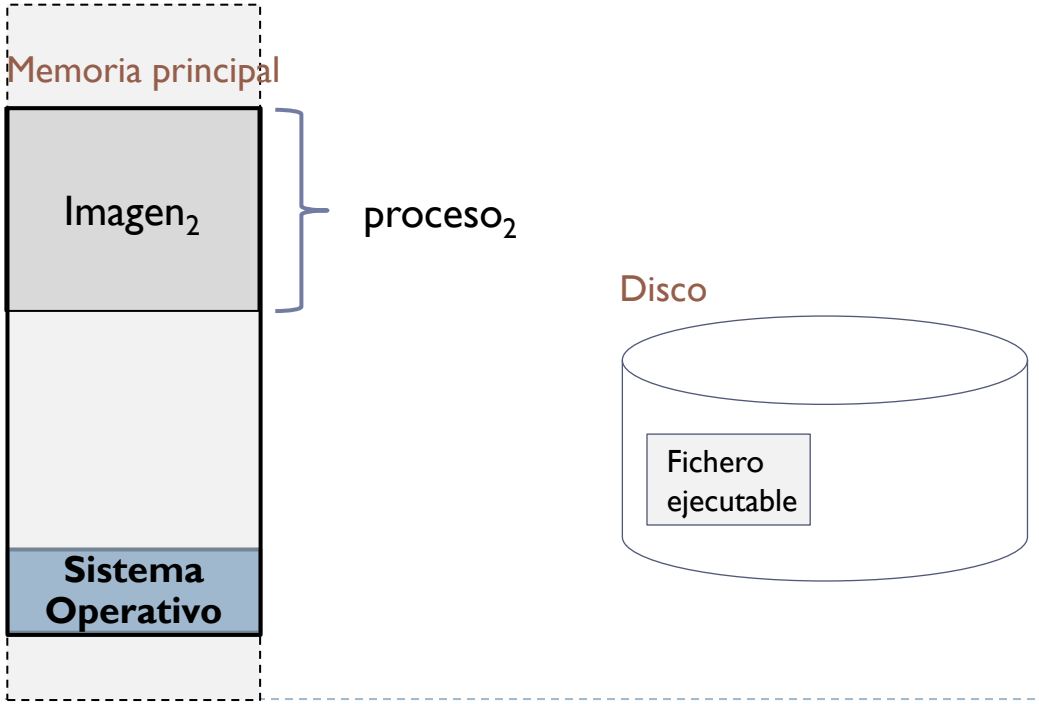
Contenidos

1. Introducción:
   1. 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.

El sistema operativo…

REPASO

- 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.

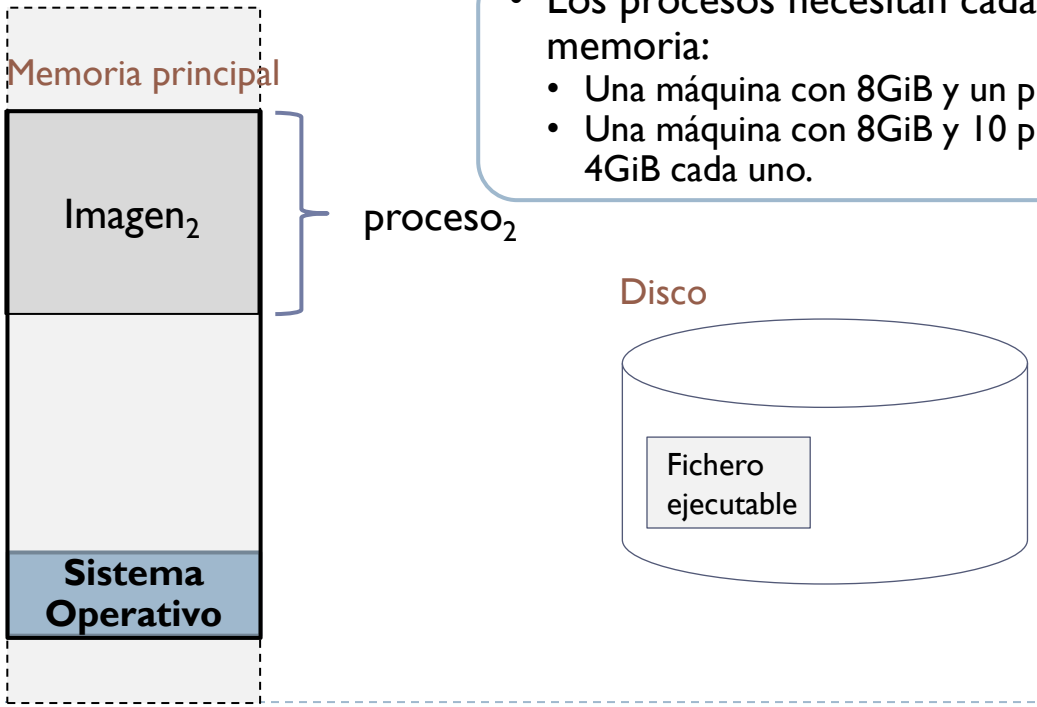


El sistema operativo…

REPASO

- 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: [illegible]eficiencia y compartición.

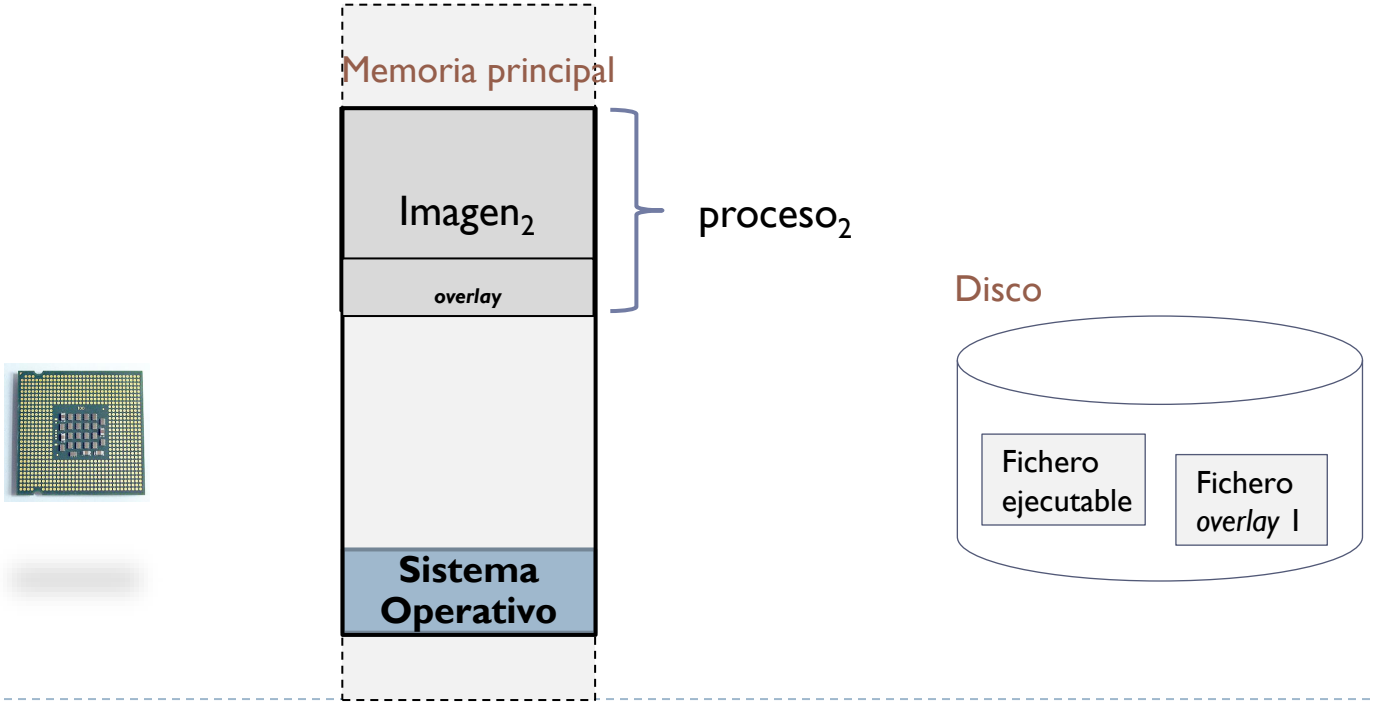
- Los procesos necesitan cada vez más memoria:
  - Una máquina con 8GiB y un proceso de 16GiB
  - Una máquina con 8GiB y 10 procesos que usan 4GiB cada uno.



El sistema operativo…

REPASO

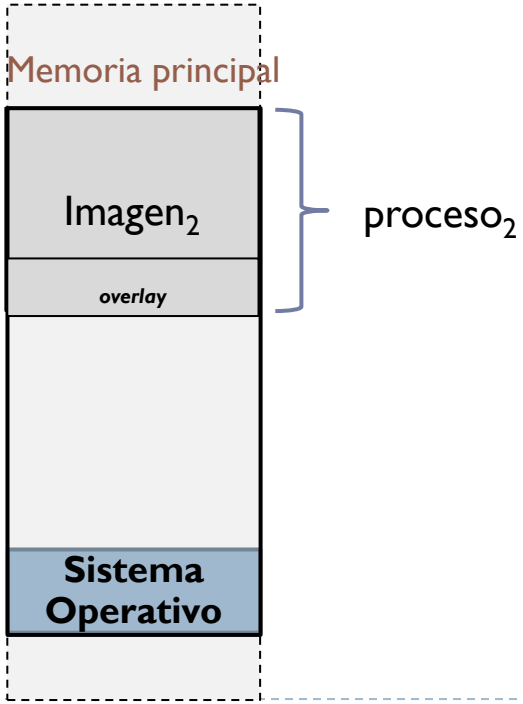
- Inicialmente se usó el mecanismo de *overlays* de:
  - Cargar/Descargar parte de la imagen (solo tener lo necesario en memoria).
  - Cada programador se ocupa explícitamente de los *overlays* de su programa.

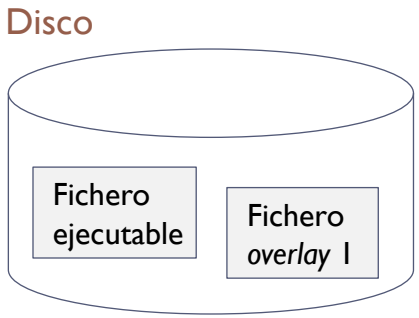


El sistema operativo…

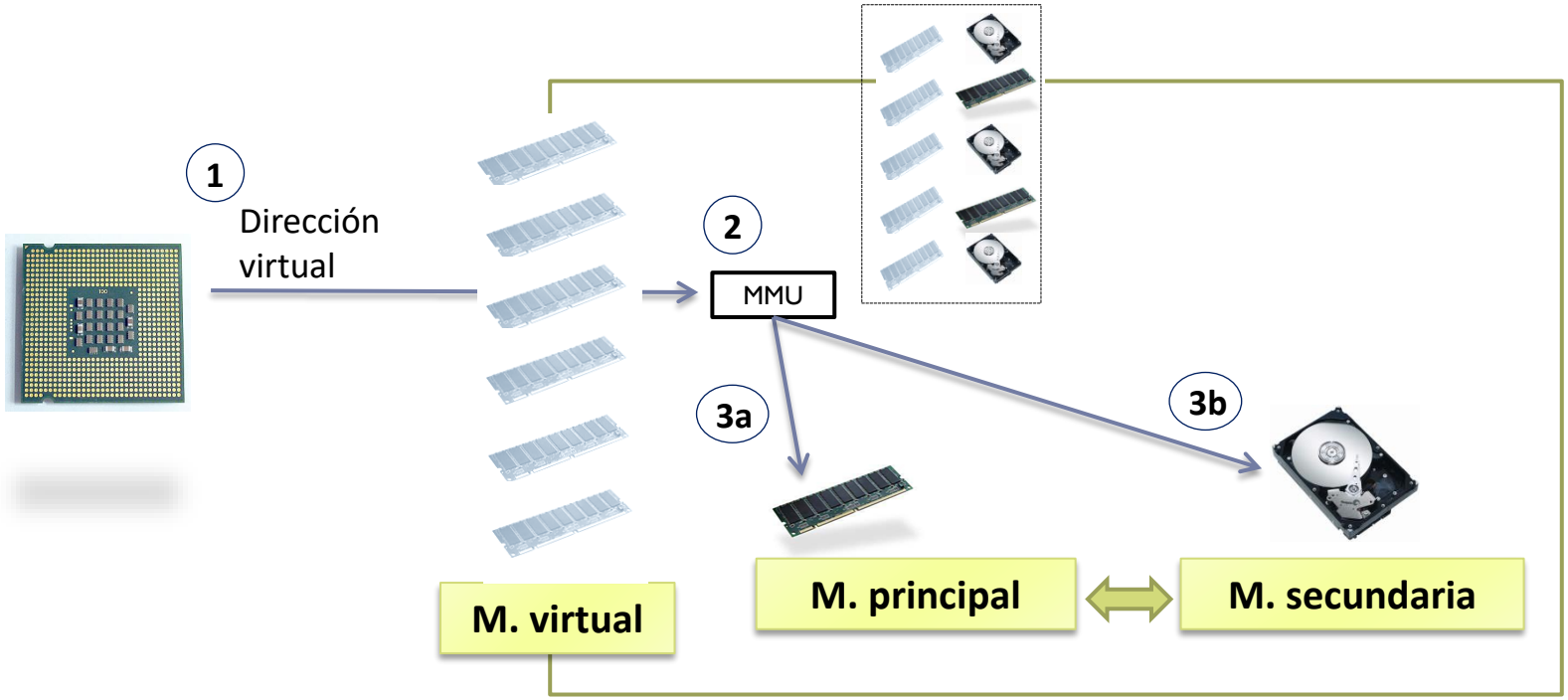
REPASO

- 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.

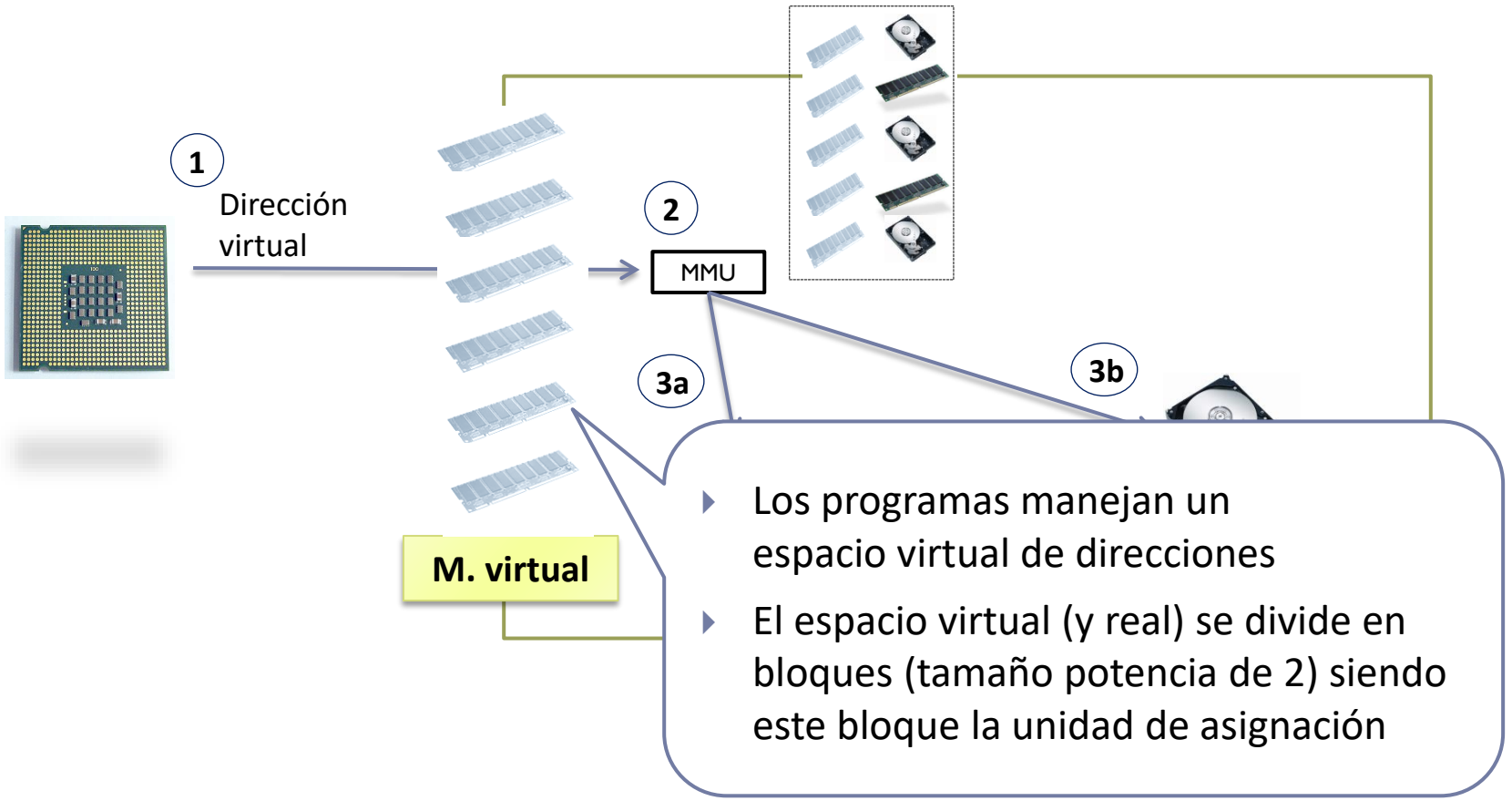




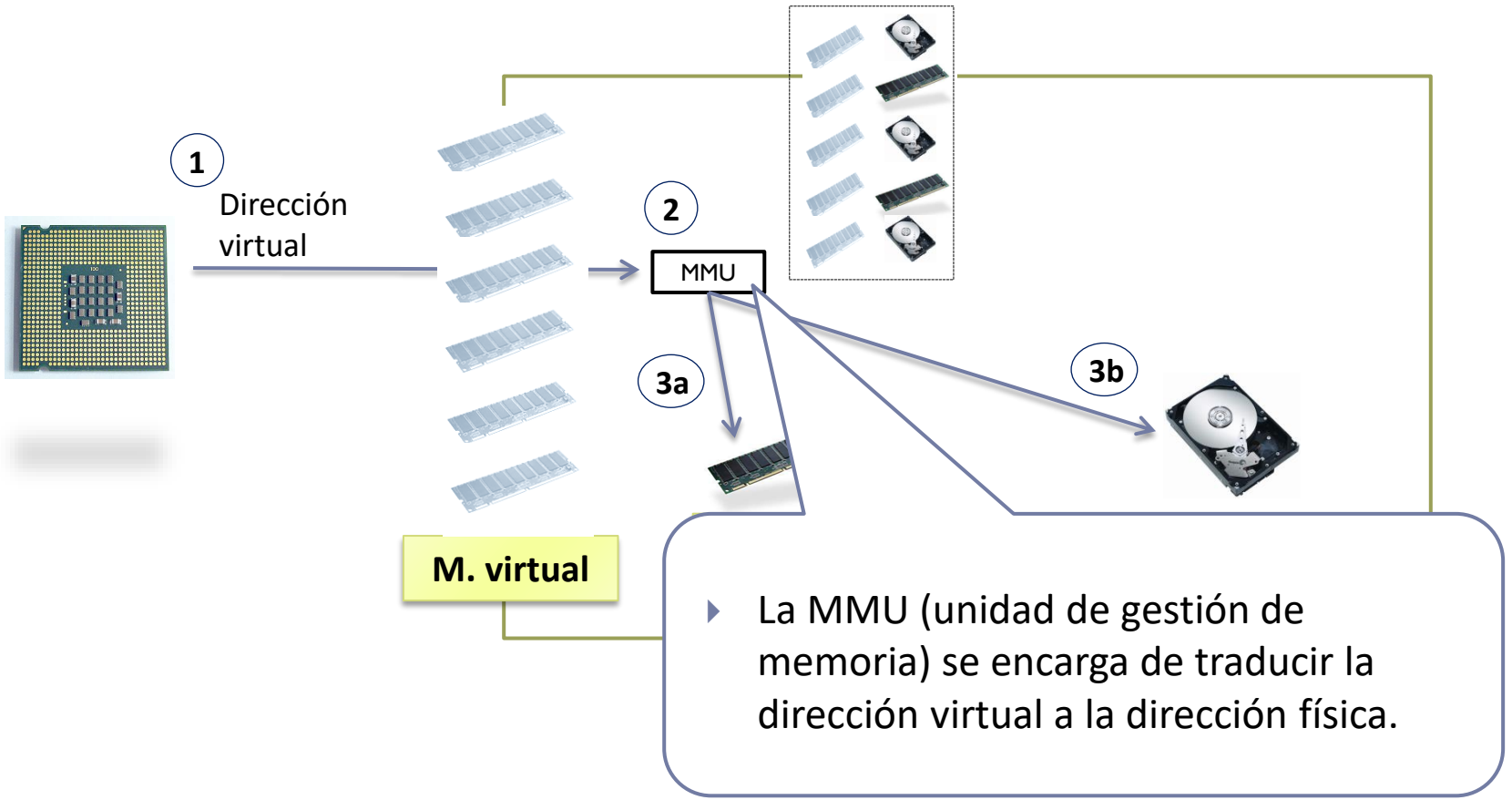
Sistemas con memoria virtual



Sistemas con memoria virtual

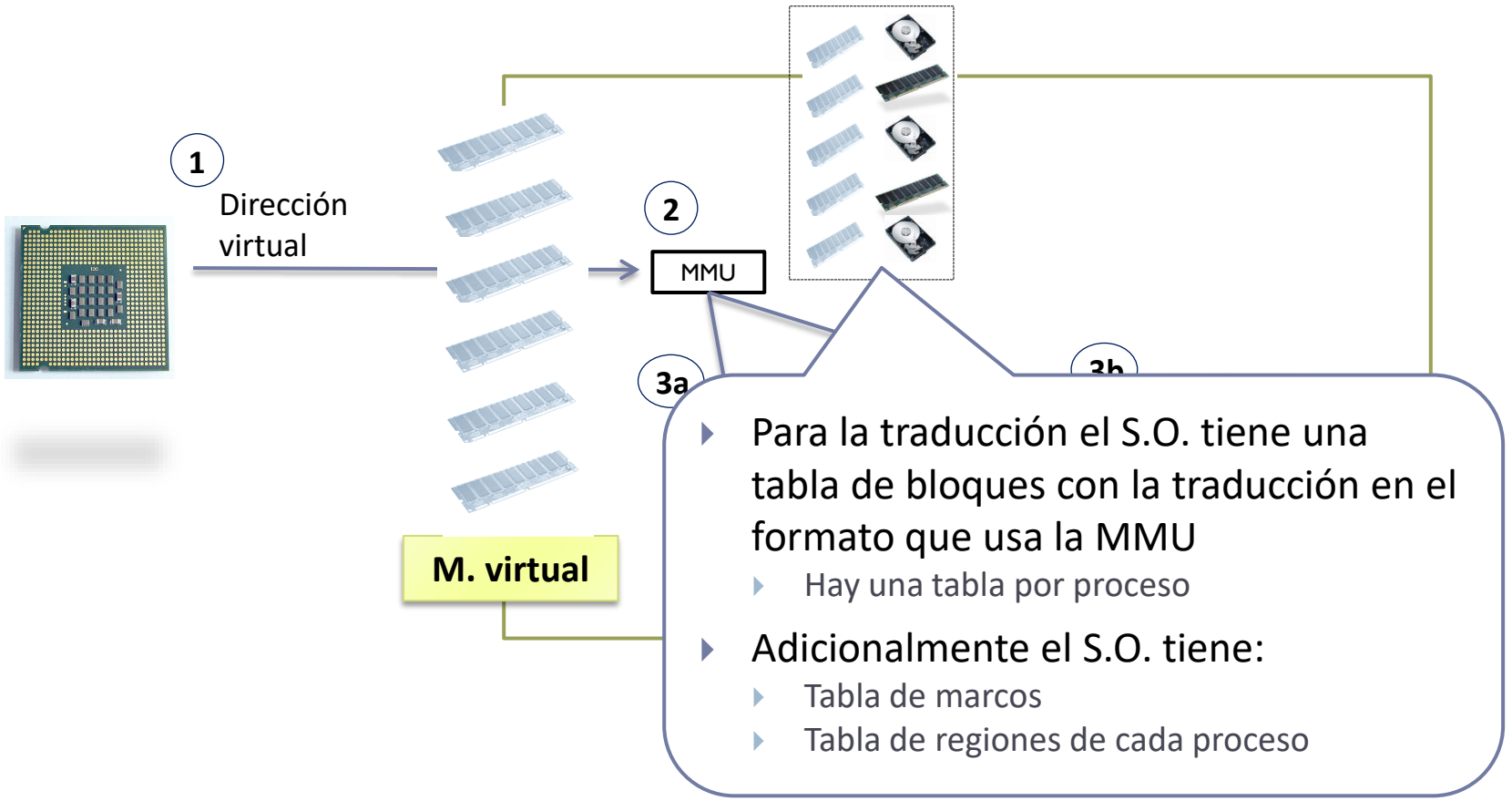


Sistemas con memoria virtual



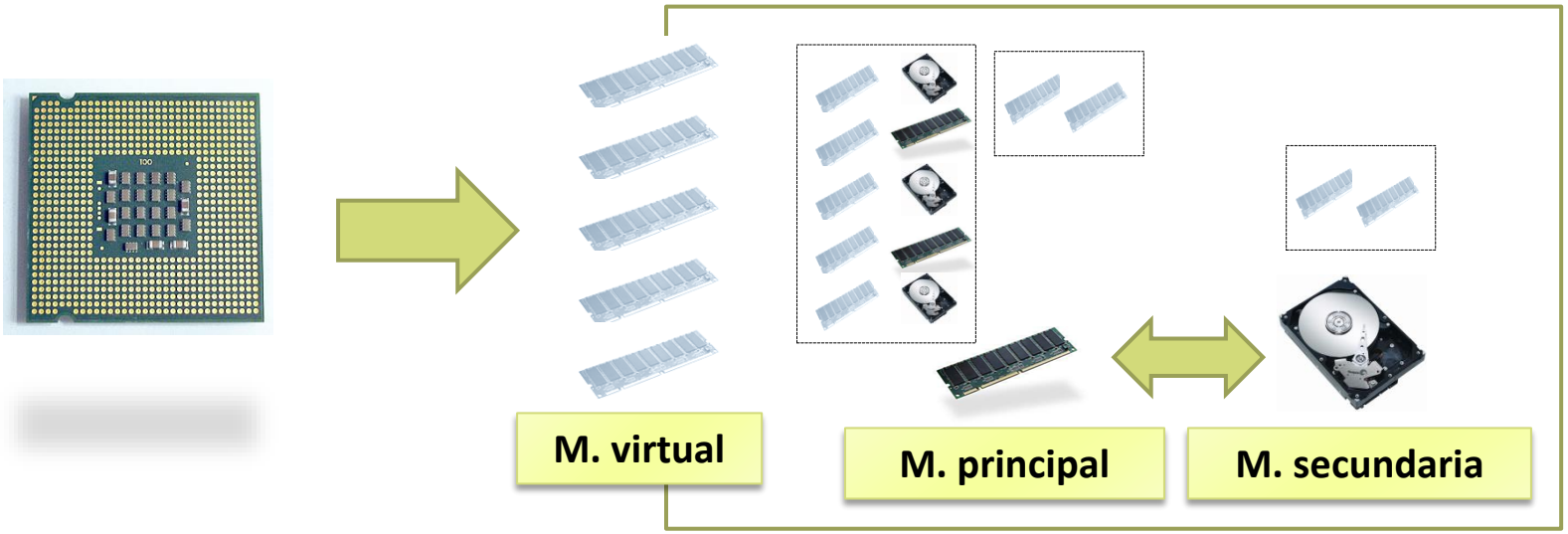
- La MMU (unidad de gestión de memoria) se encarga de traducir la dirección virtual a la dirección física.

Sistemas con memoria virtual



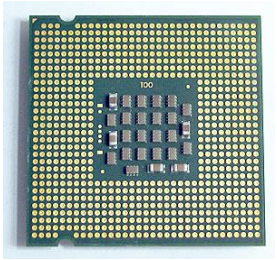
- Para la traducción el S.O. tiene una tabla de bloques con la traducción en el formato que usa la MMU
  - Hay una tabla por proceso
- Adicionalmente el S.O. tiene:
  - Tabla de marcos
  - Tabla de regiones de cada proceso

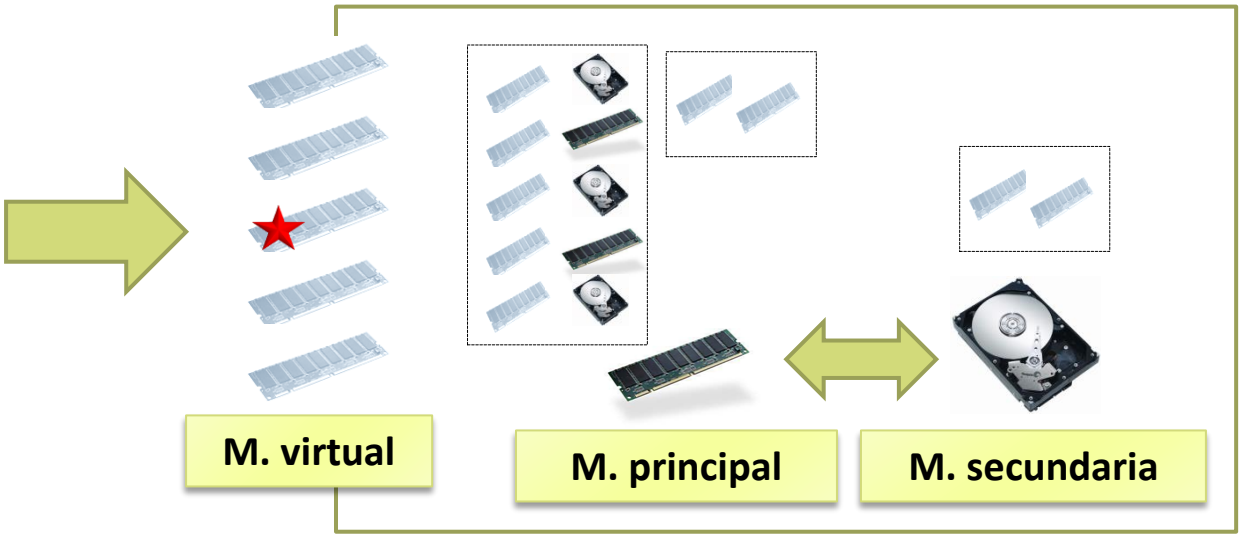
Introducción a memoria virtual



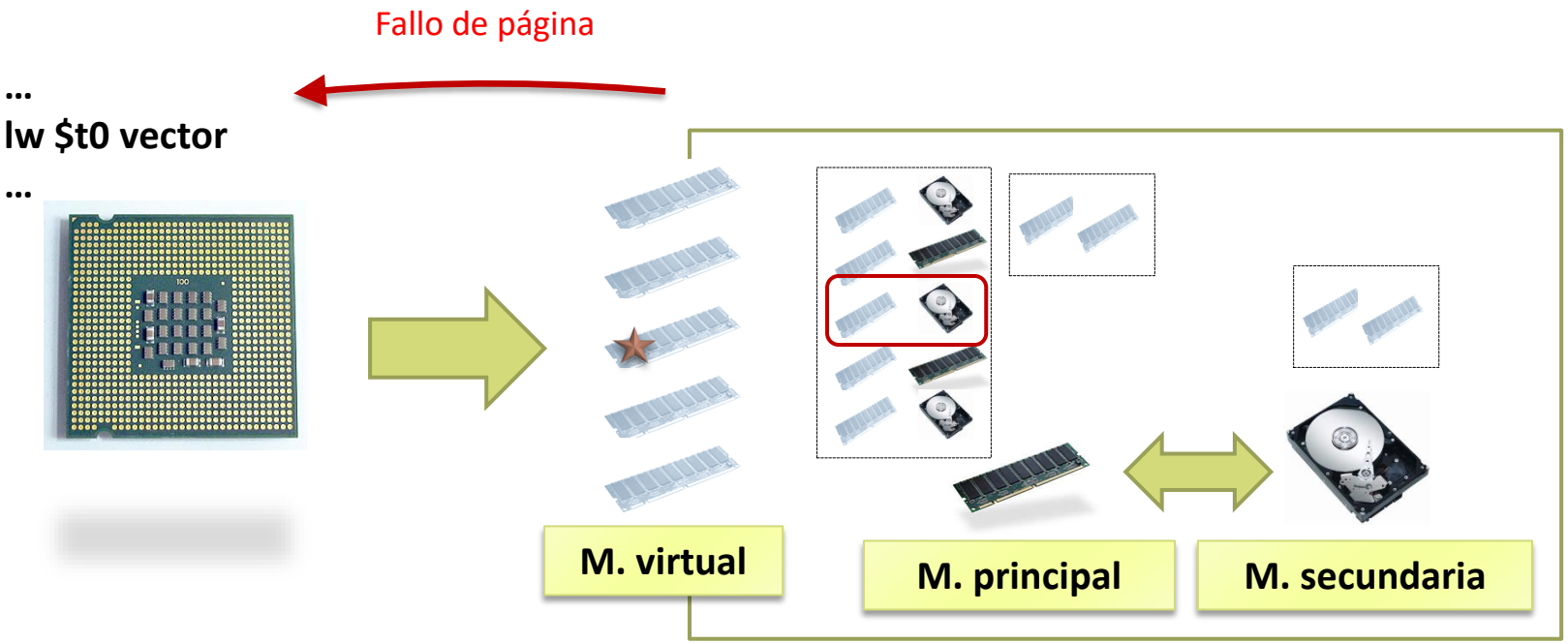
Introducción a memoria virtual

...
lw $t0 vector
...



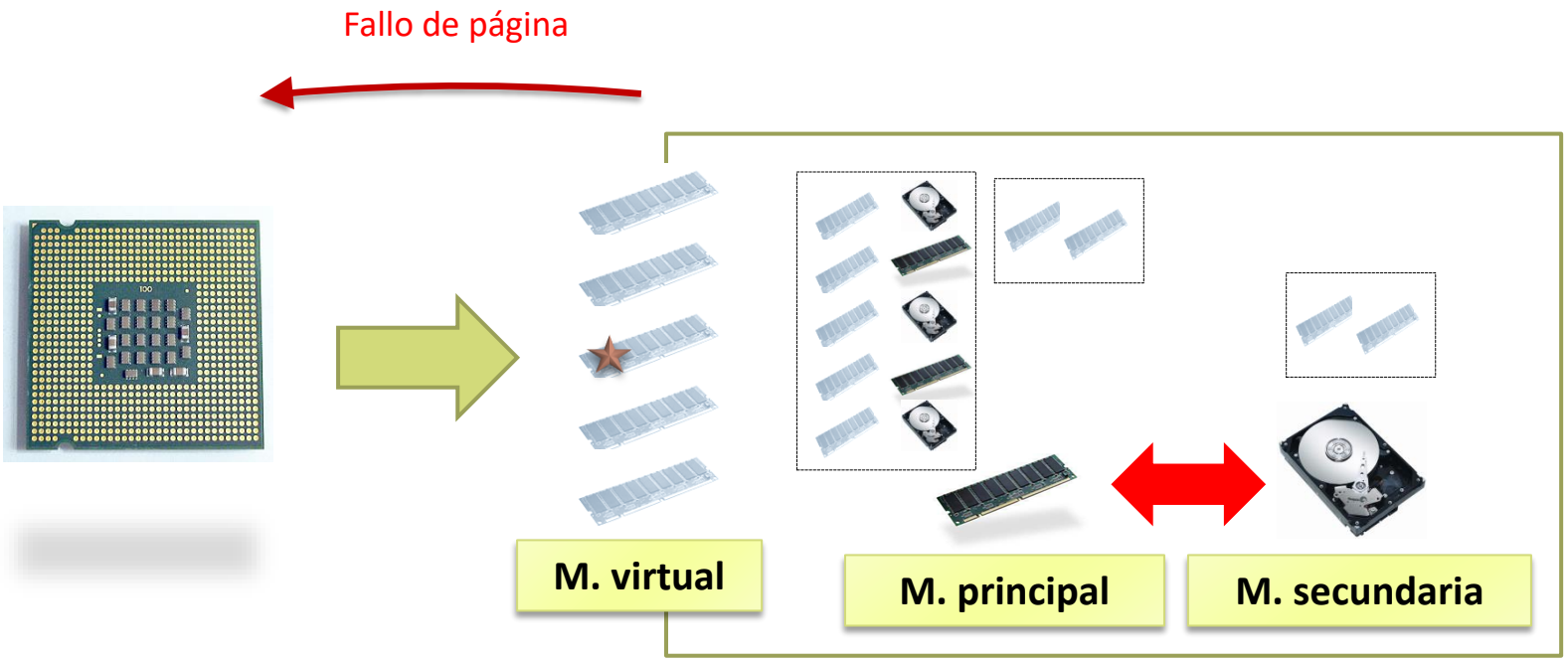


Introducción a memoria virtual



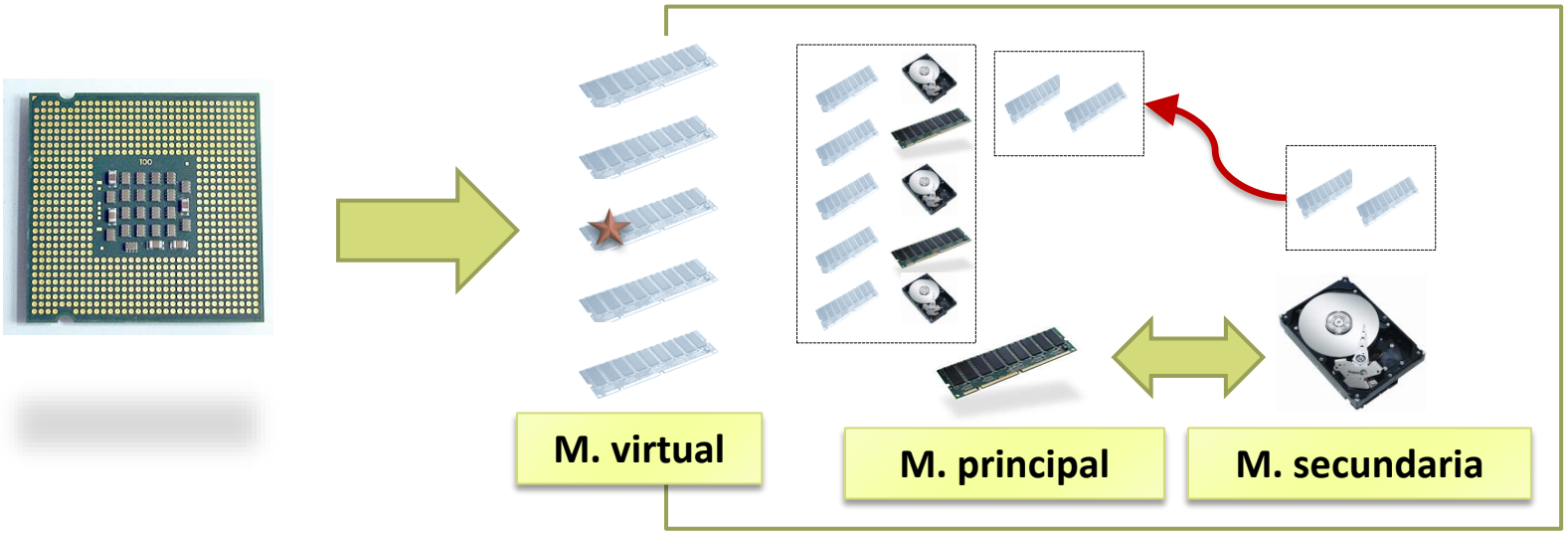
- El fallo de página es una excepción que provoca que el procesador ejecute la rutina de tratamiento asociada (kernel del s.o.).
- Fallo de pág. no es siempre error: acceso a pág. no residente.

Introducción a memoria virtual



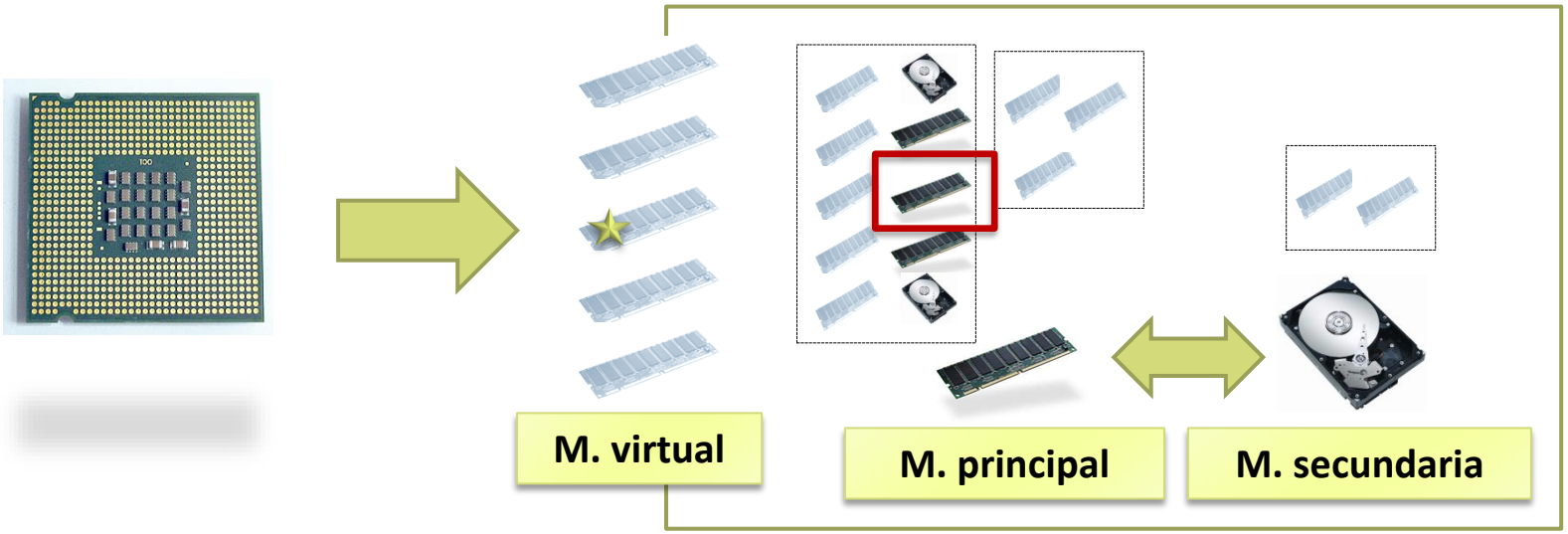
- La rutina de tratamiento de fallo de página pide los bloques de disco asociados y bloquea el proceso.

Introducción a memoria virtual



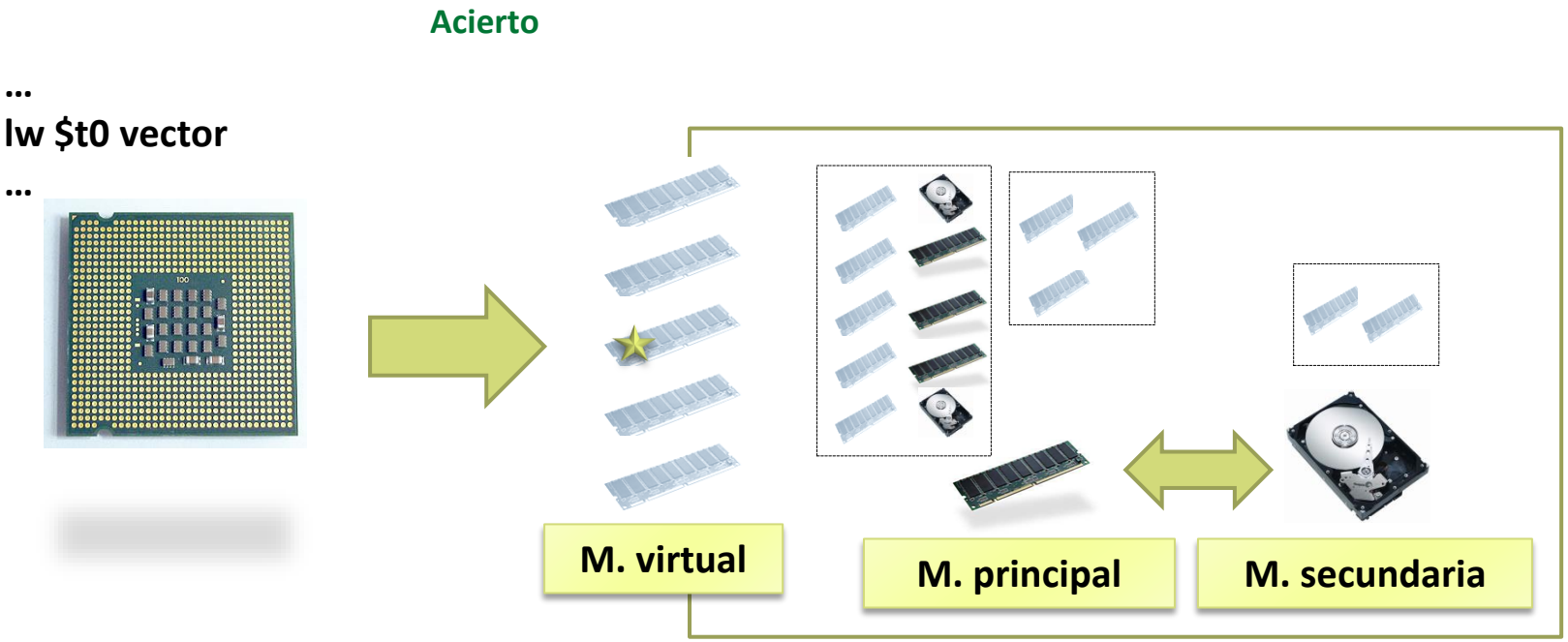
- En la interrupción hardware de disco
  se transfiere el 'bloque' solicitado a memoria principal, ...

Introducción a memoria virtual



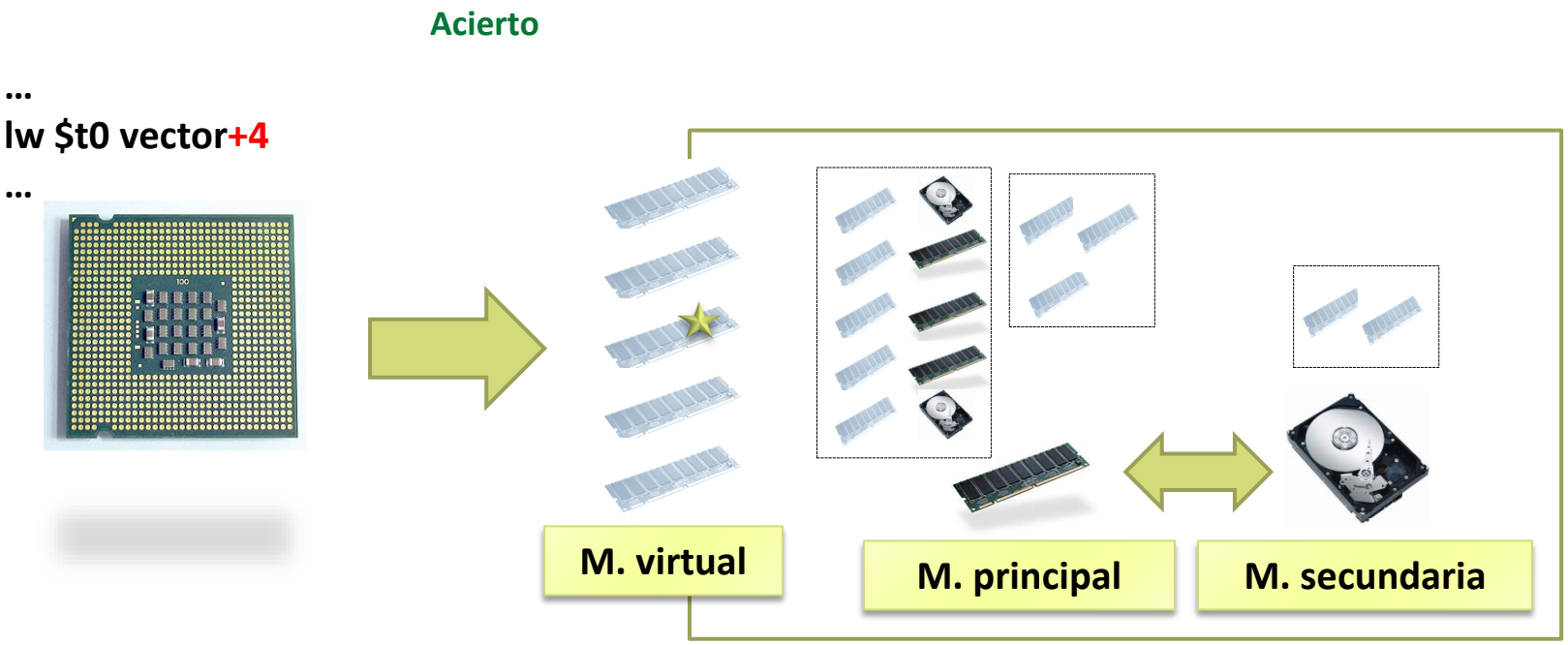
- … se actualiza la tabla de 'bloques' y se pone el proceso listo para ejecutar.

Introducción a memoria virtual



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

Introducción a memoria virtual

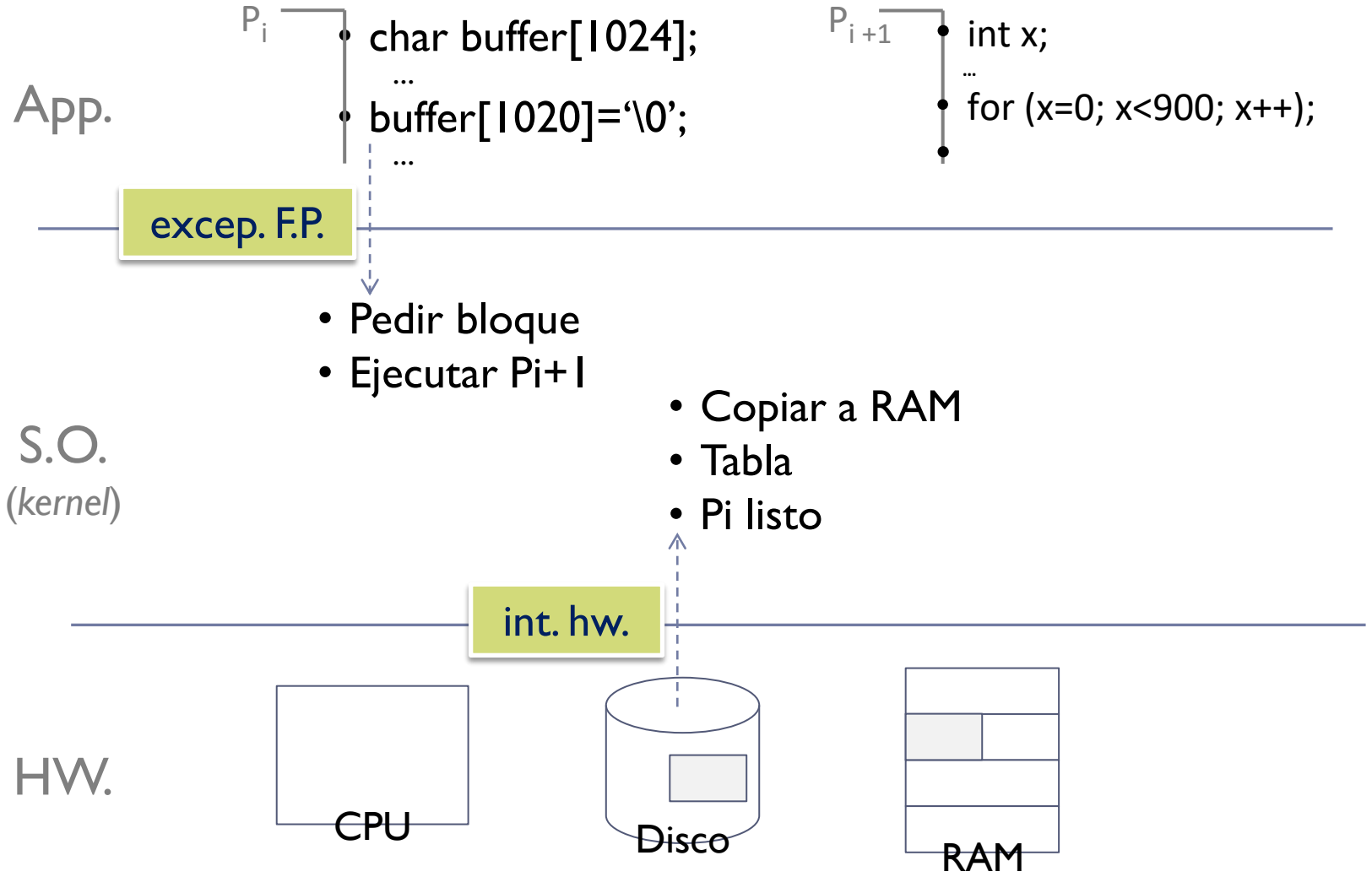


- La siguiente instrucción del mismo bloque no provoca fallo.

Fundamento de la memoria virtual
resumen

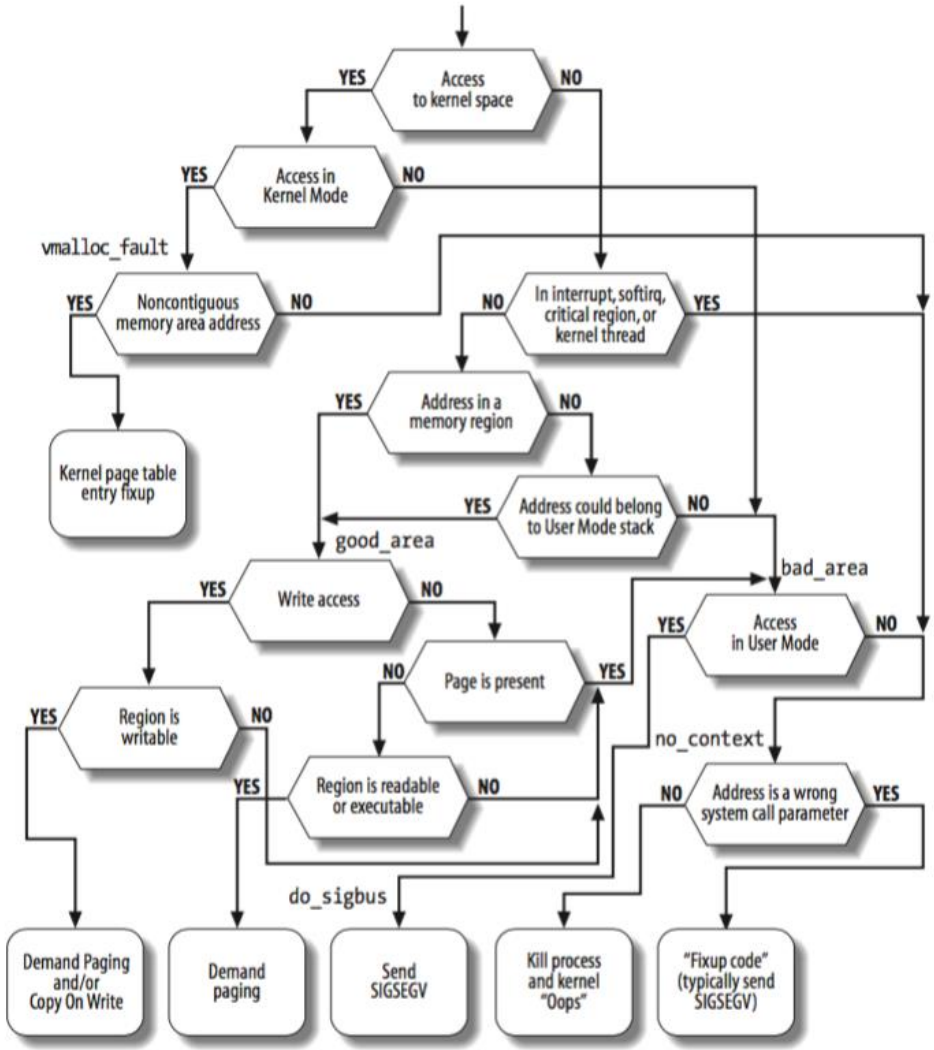
- M. virtual:
  - SO gestiona niveles de m. principal y m. secundaria.
  - Dividido en bloques (ej.: páginas) y tabla de páginas para gestión.
  - Página no residente se marca con bit de validez a cero (no válida).
  - En acceso: excepción de fallo de página.
  - Sube (ms->mp) por demanda; Baja (mp->ms)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



https://medium.com/hungys-blog/linux-kernel-process-address-space-9c6b0a89ac6a

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

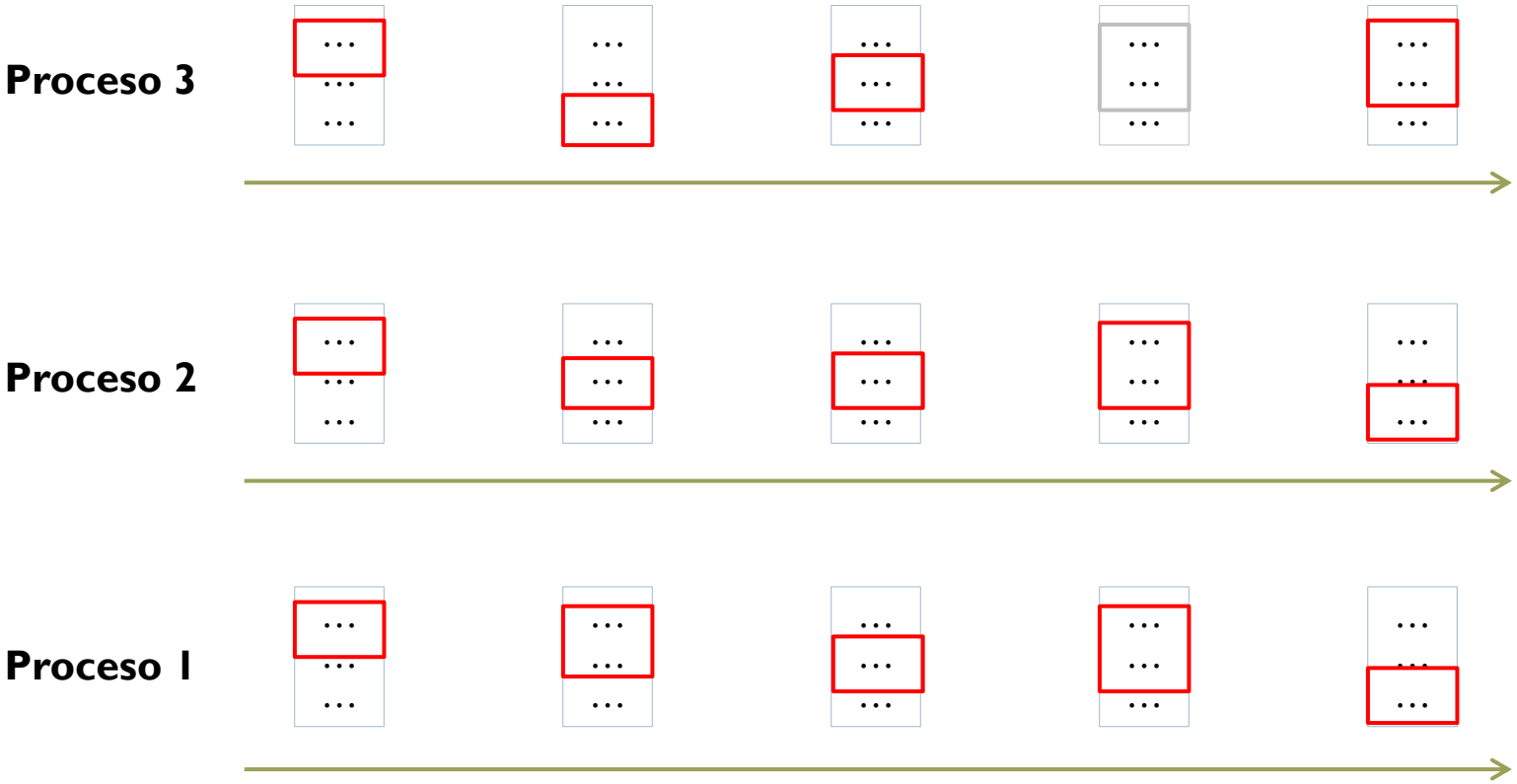
- **Política de reemplazo**:
  - Reemplazo **local**: dentro del proceso.
  - Reemplazo **global**: de cualquier proceso del sistema.
- **Algoritmo de reemplazo**:
  - Qué página se va a reemplazar:
    - La página tiene que ser la que tenga menor probabilidad de ser referenciada en un futuro lejano (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$_{\uparrow}$ o global$_{\downarrow}$):
    - 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()`)

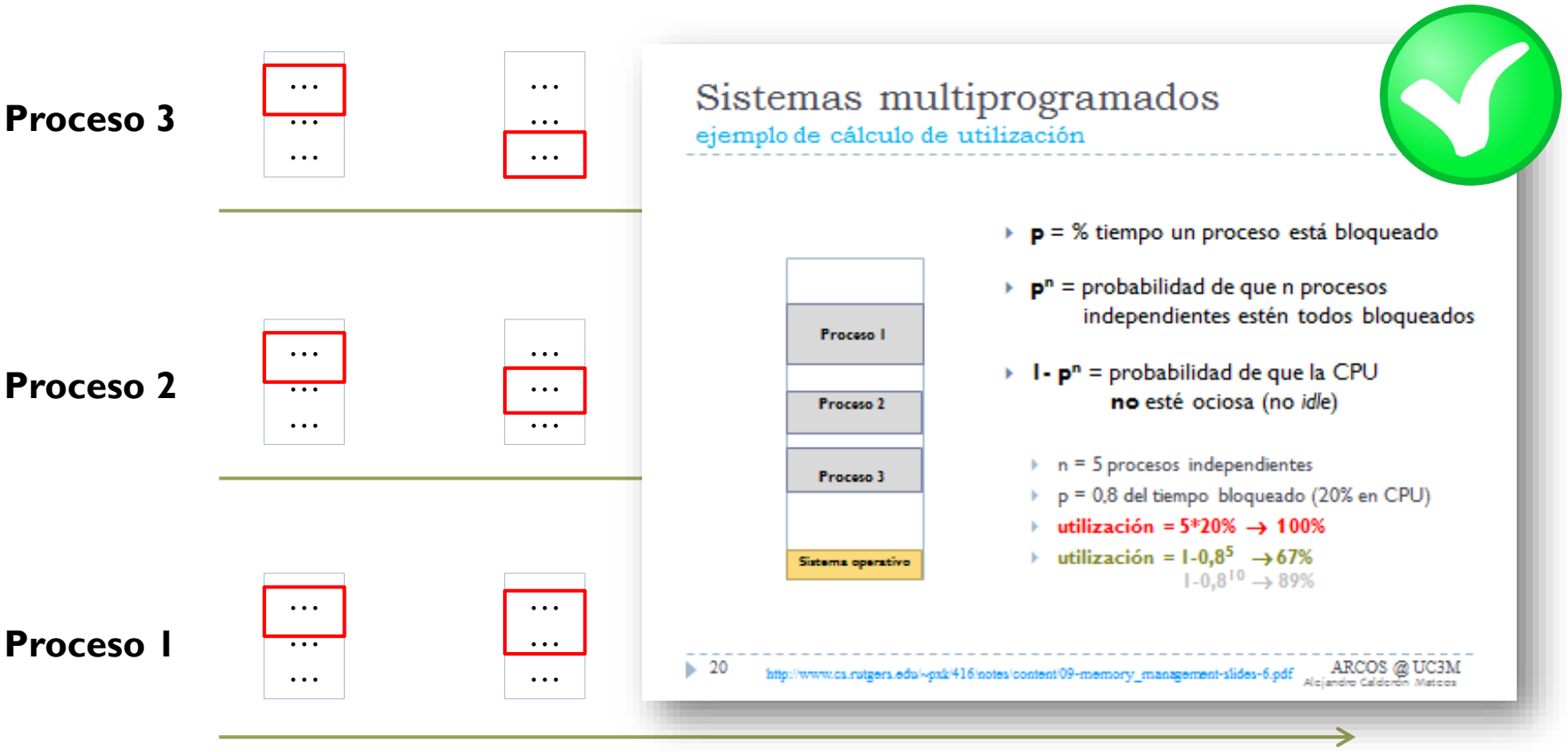
M.virtual: principales parámetros

grado multiprogramación + conjunto residente + tamaño de página



M.virtual: principales parámetros

grado multiprogramación + conjunto residente + tamaño de página

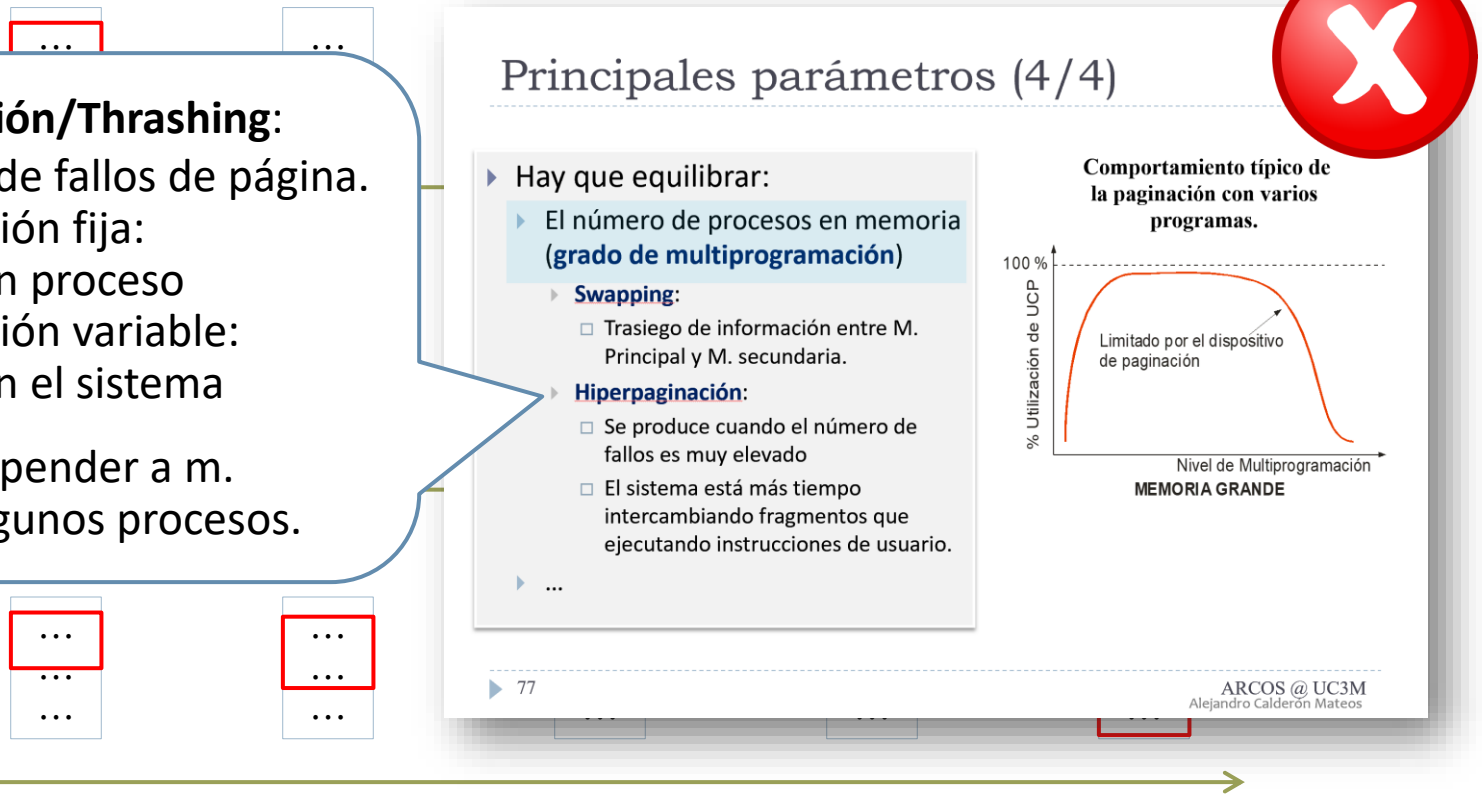


M.virtual: principales parámetros

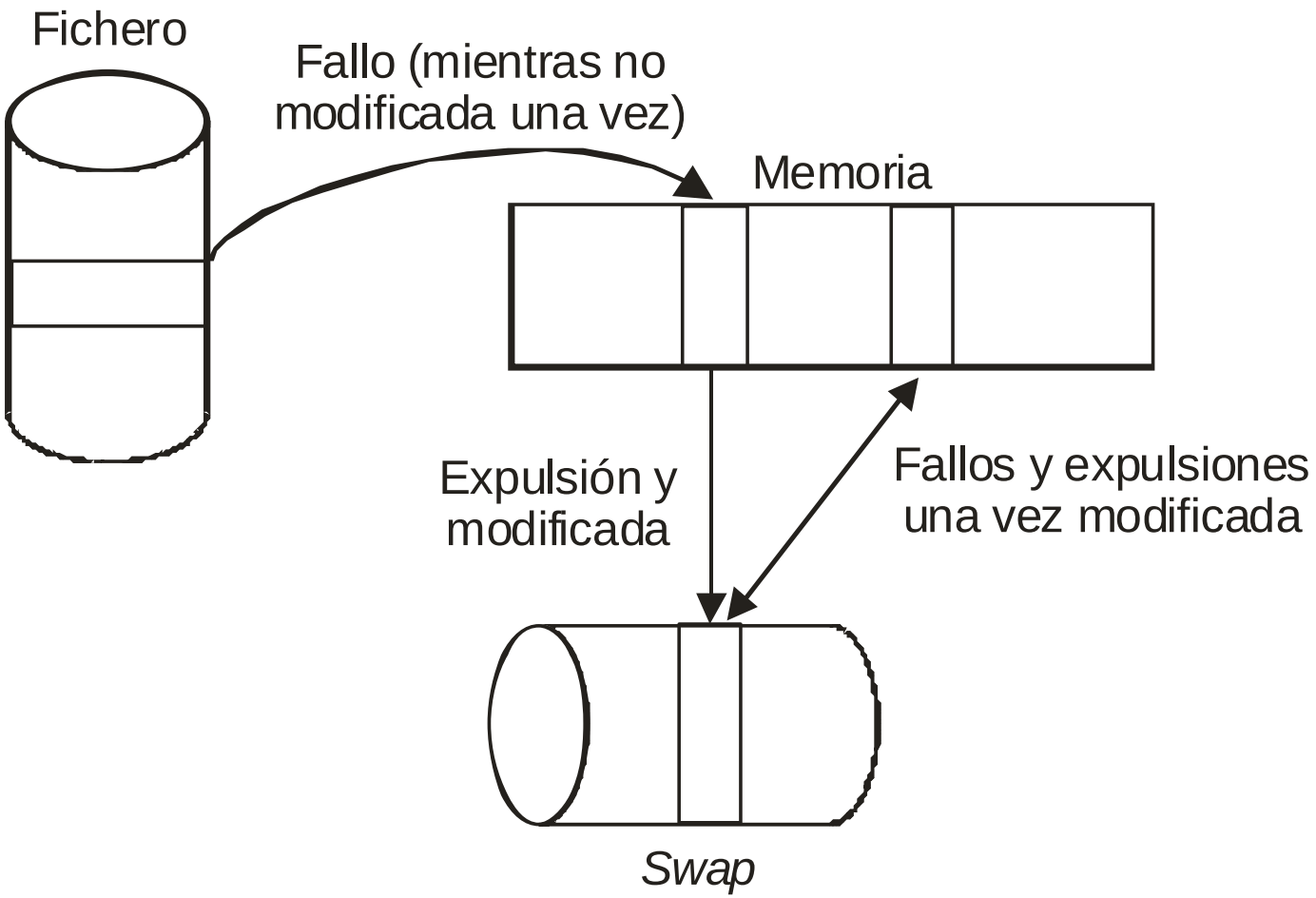
grado multiprogramación + conjunto residente + tamaño de página

- **Hiperpaginación/Thrashing**: tasa excesiva de fallos de página.
  - Con asignación fija: Hiperpag. en proceso
  - Con asignación variable: Hiperpag. en el sistema
- Necesario suspender a m. secundaria algunos procesos.

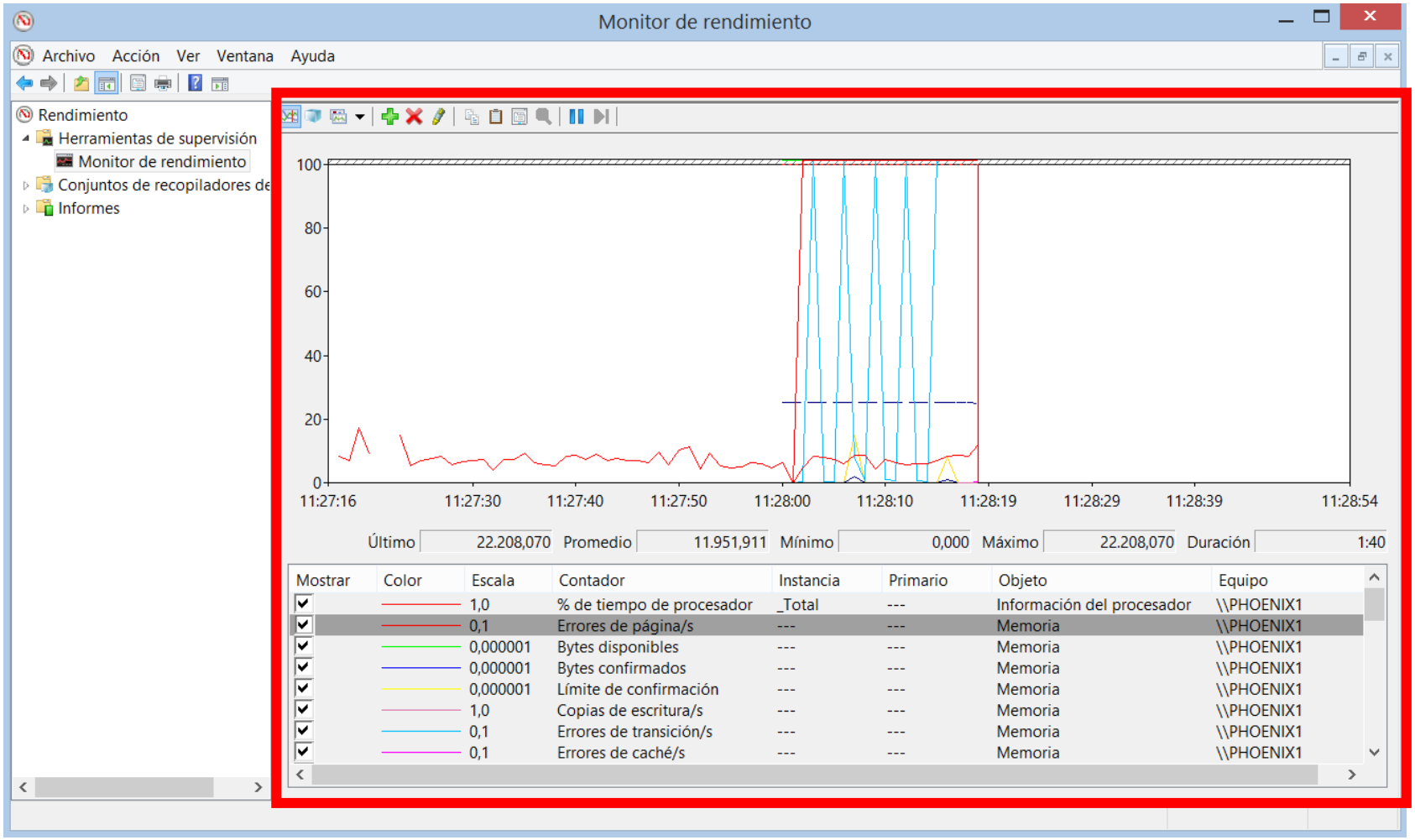
Proceso I



Ciclo de vida de página privada y en fichero



Windows: perfmon



http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc958290.aspx

Linux: ps, top, …

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

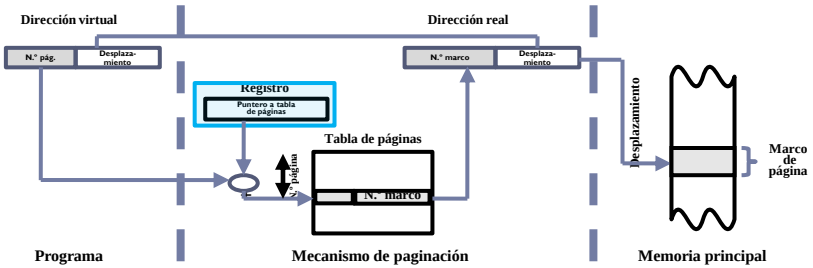
Minor fault: petición de reserva de página

Major fault: se precisa acceso a disco

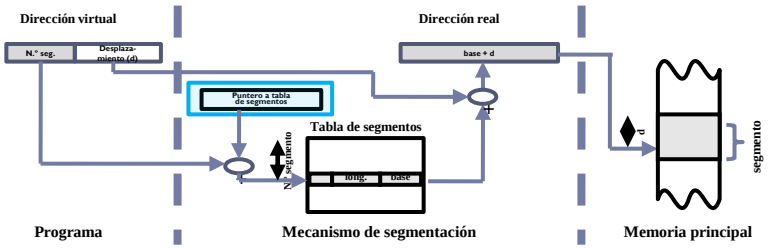
http://www.cyberciti.biz/faq/linux-command-to-see-major-minor-pagefaults/

Memoria virtual
mecanismos de implementación

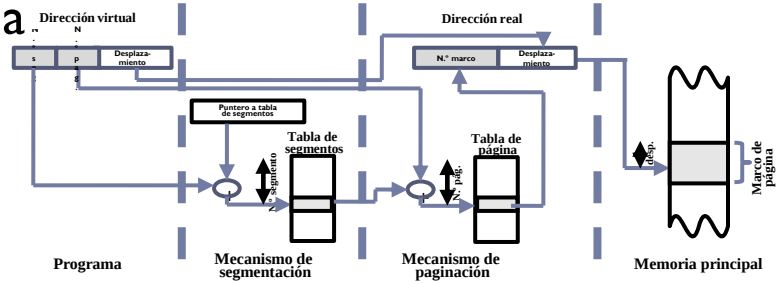
- Paginación



- Segmentación

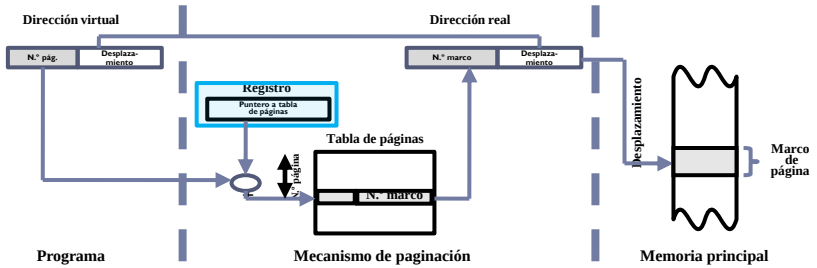


- Segmentación paginada

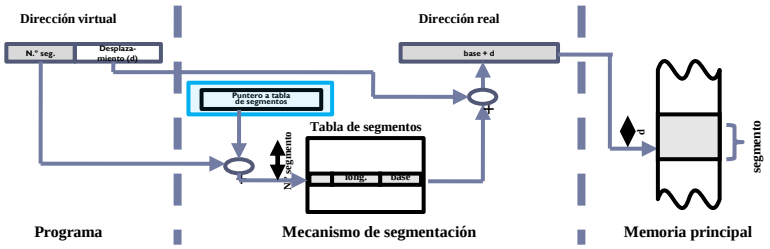


Memoria virtual
mecanismos de implementación

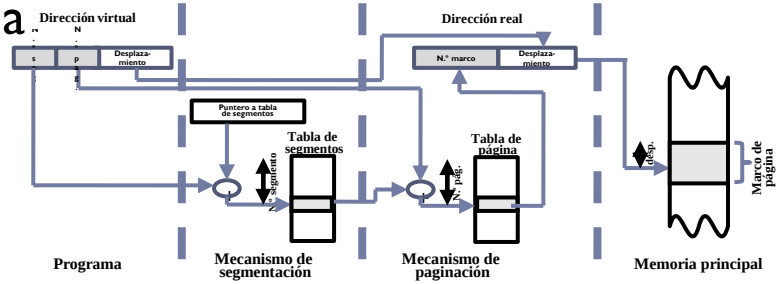
- Paginación



- Segmentación



- Segmentación paginada

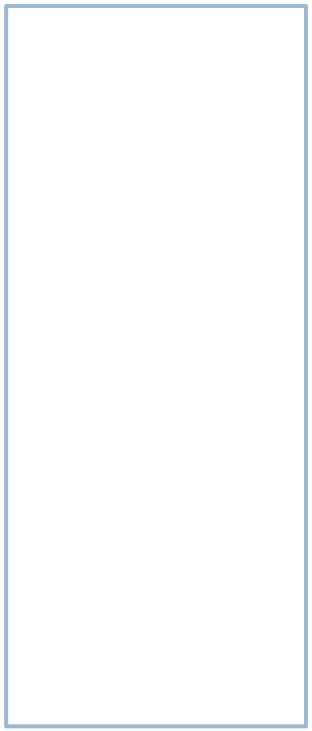


Ejemplo

32 bits

01101000100101O

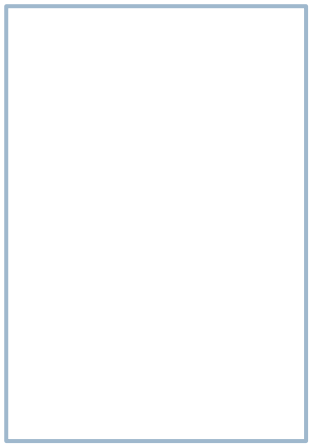
Dirección virtual

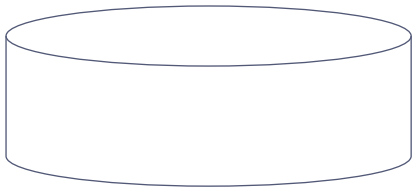


22 bits

1111100100000

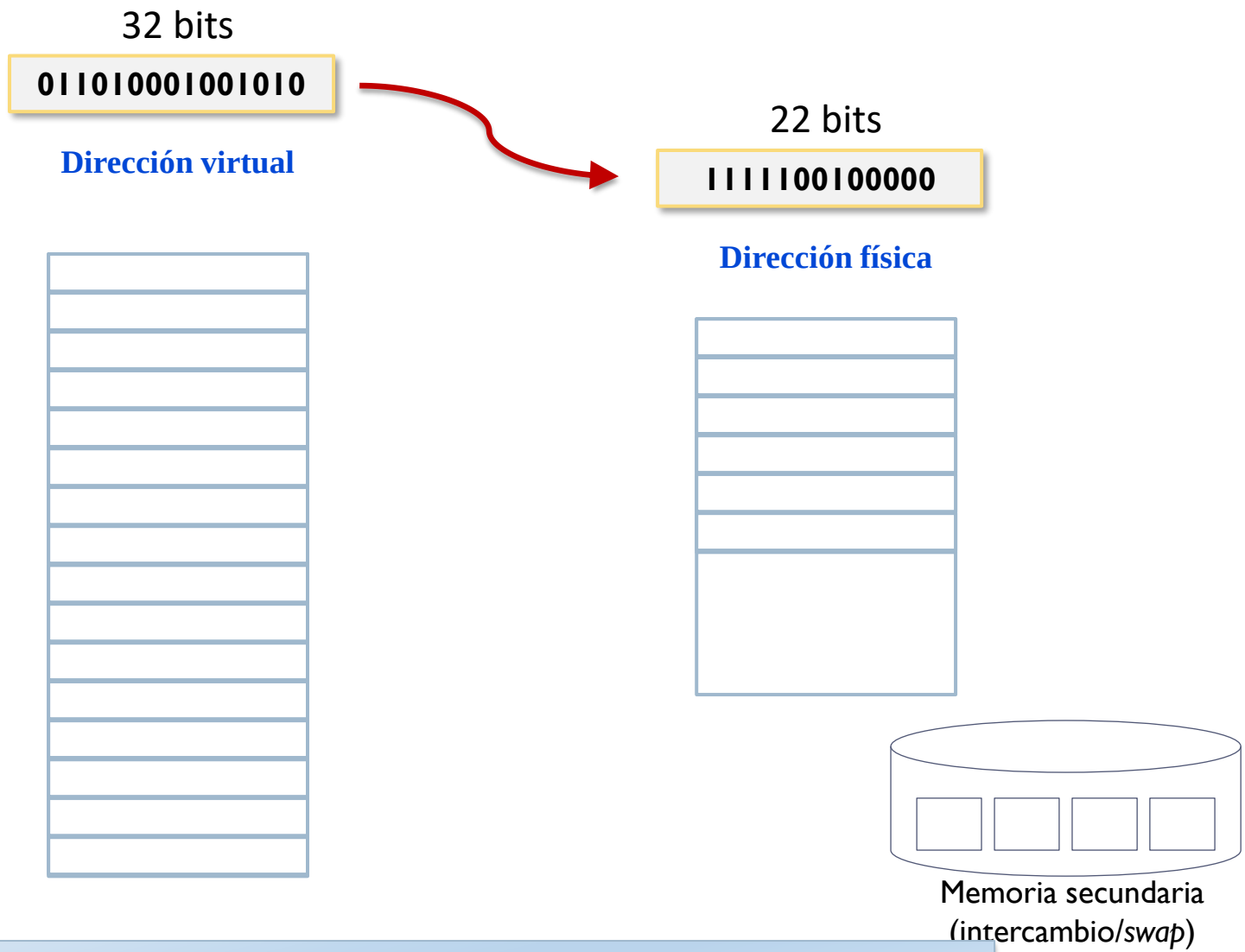
Dirección física





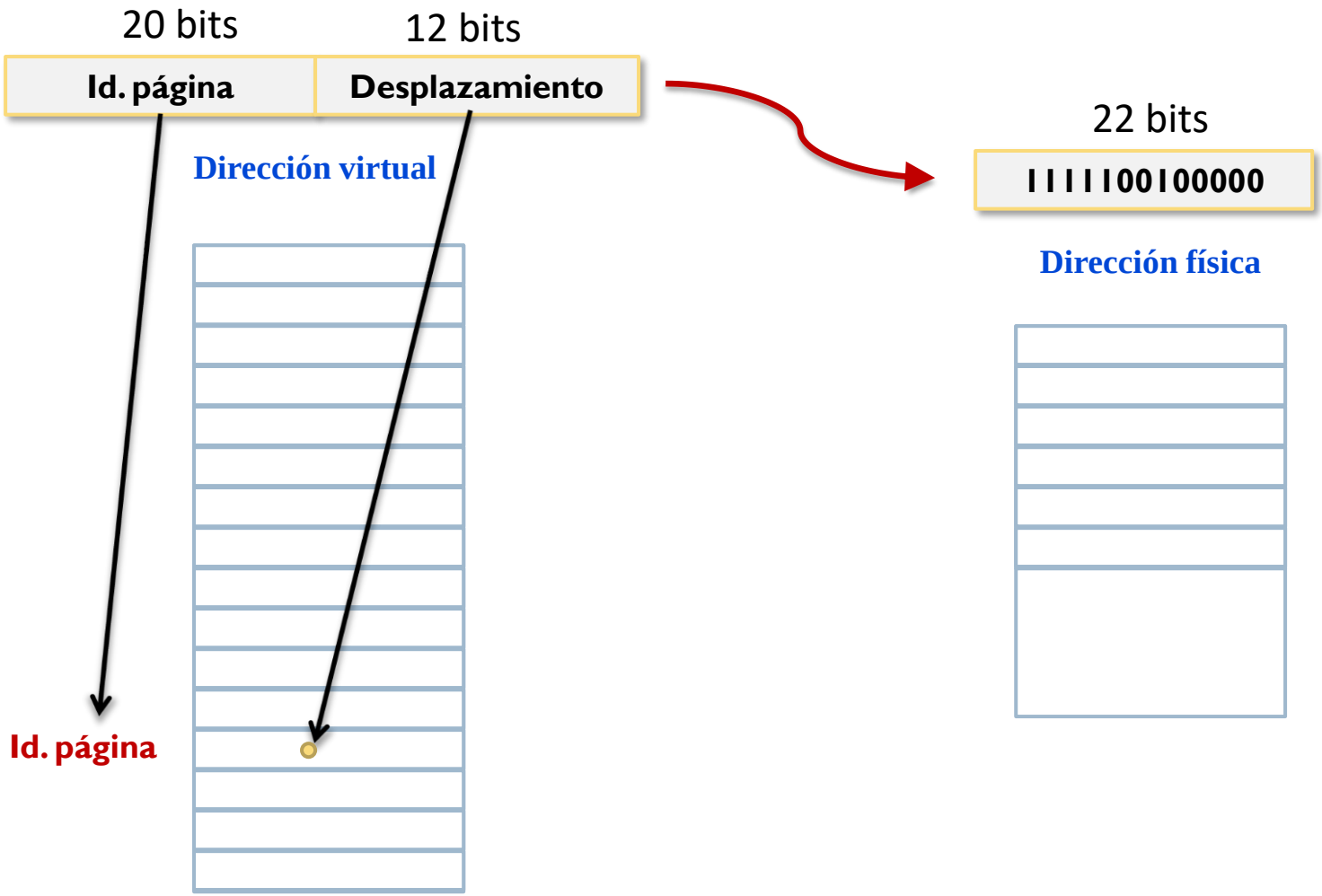
Memoria secundaria
(intercambio/*swap*)

Ejemplo



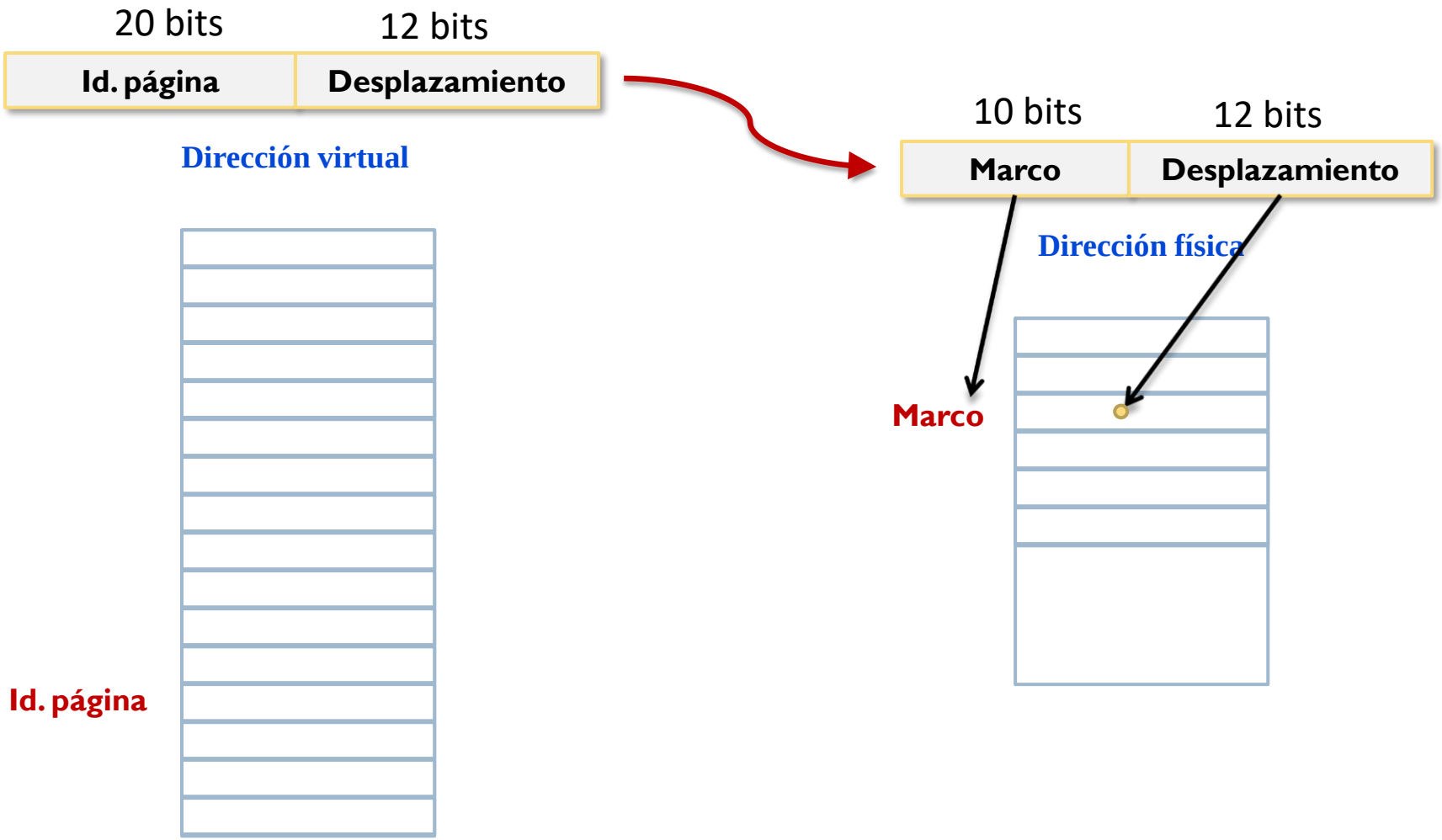
División en bloques del mismo tamaño -> páginas

Ejemplo



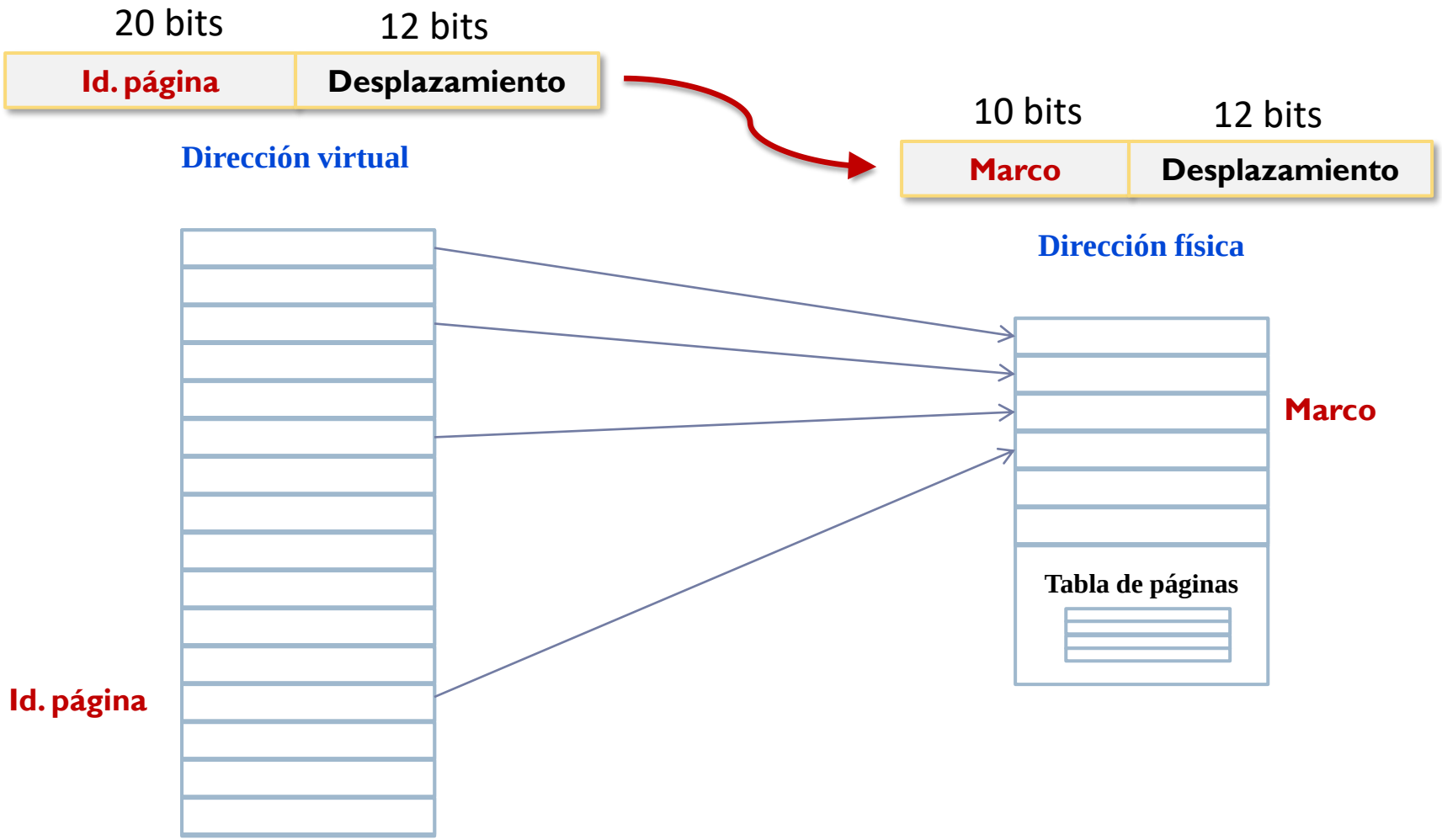
División en bloques del mismo tamaño -> páginas

Ejemplo



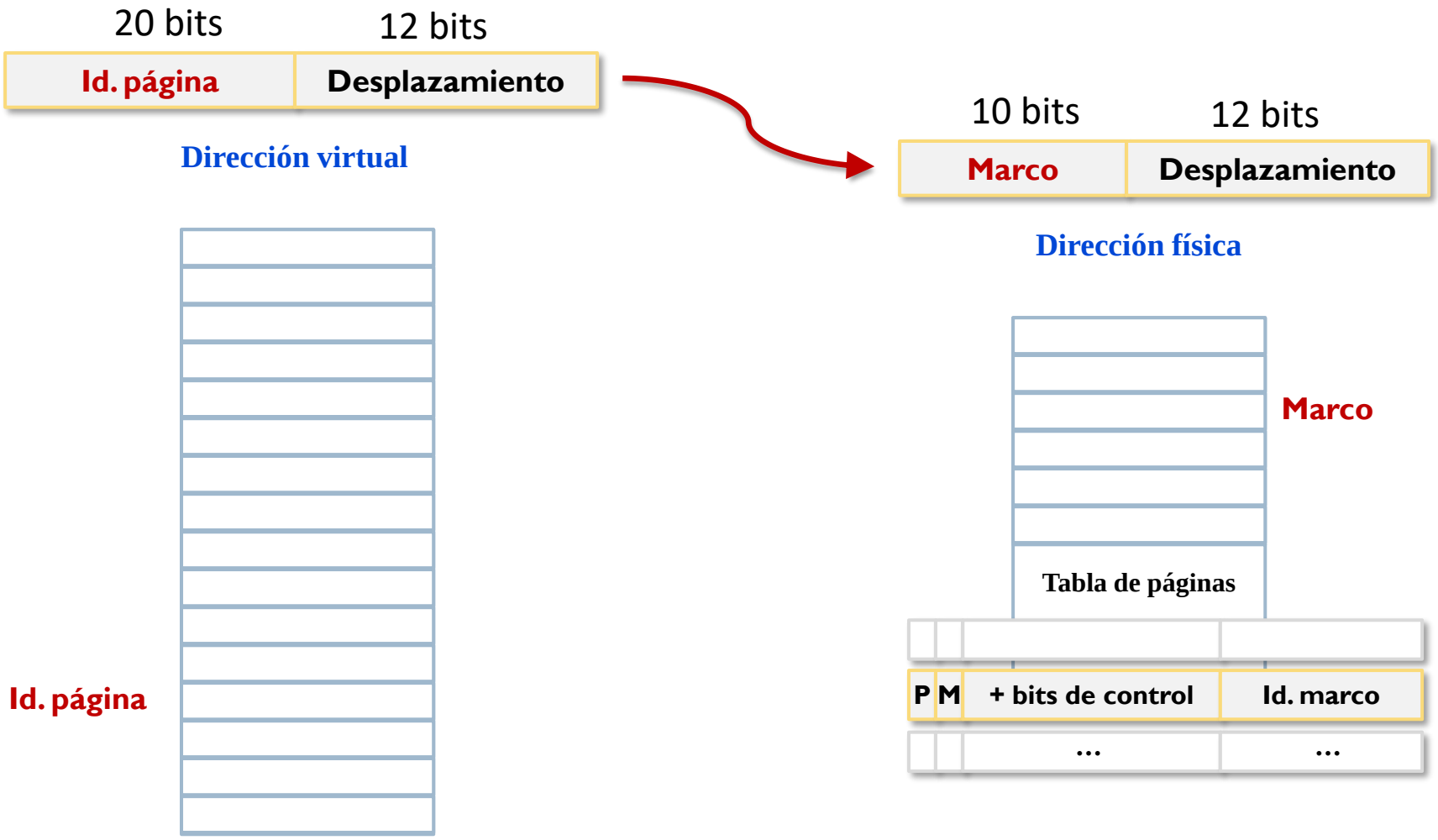
División en bloques del mismo tamaño -> páginas

Ejemplo



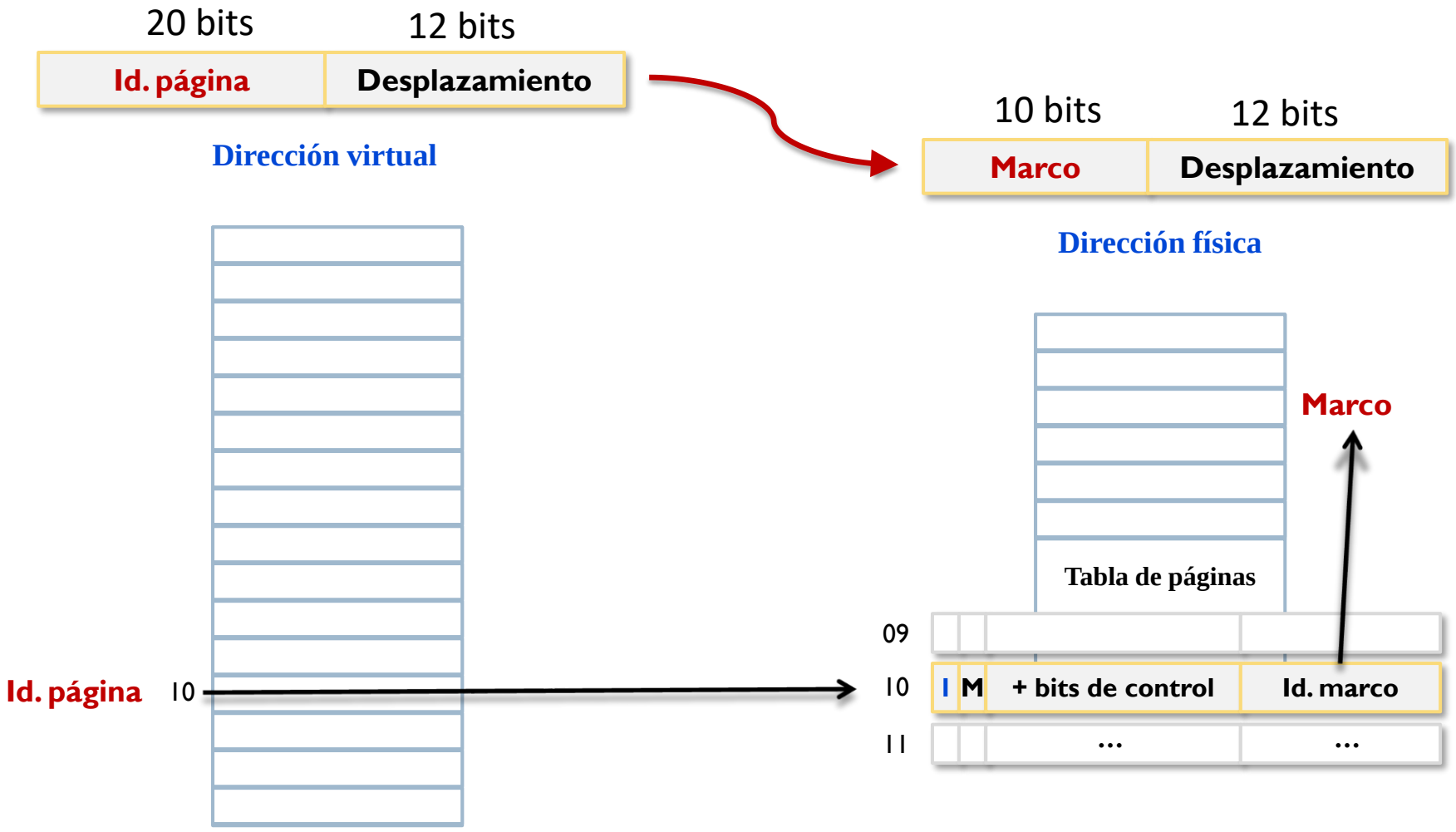
Correspondencia entre Id. página y marco -> T. páginas

Ejemplo

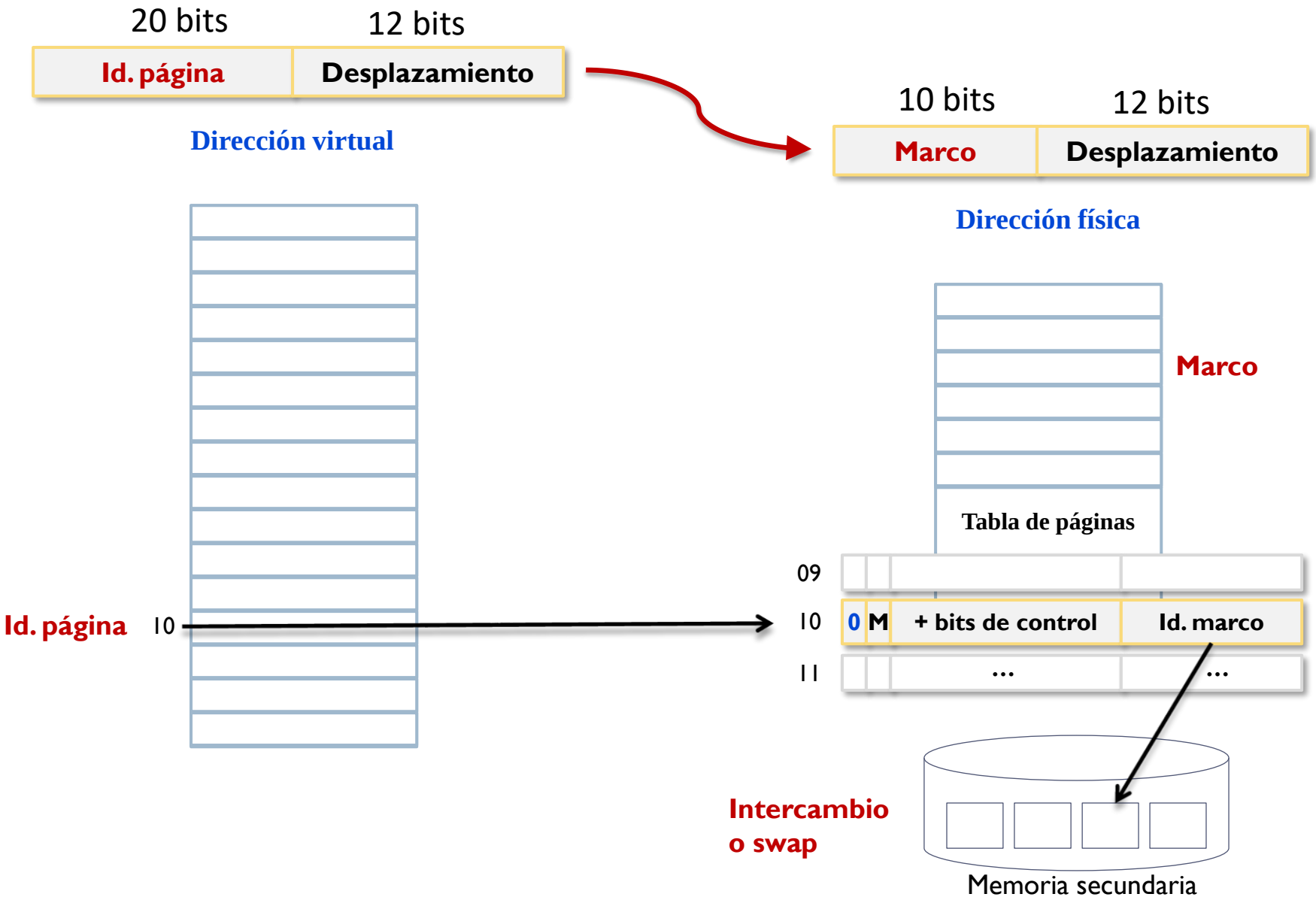


Correspondencia entre Id. página y marco -> T. páginas

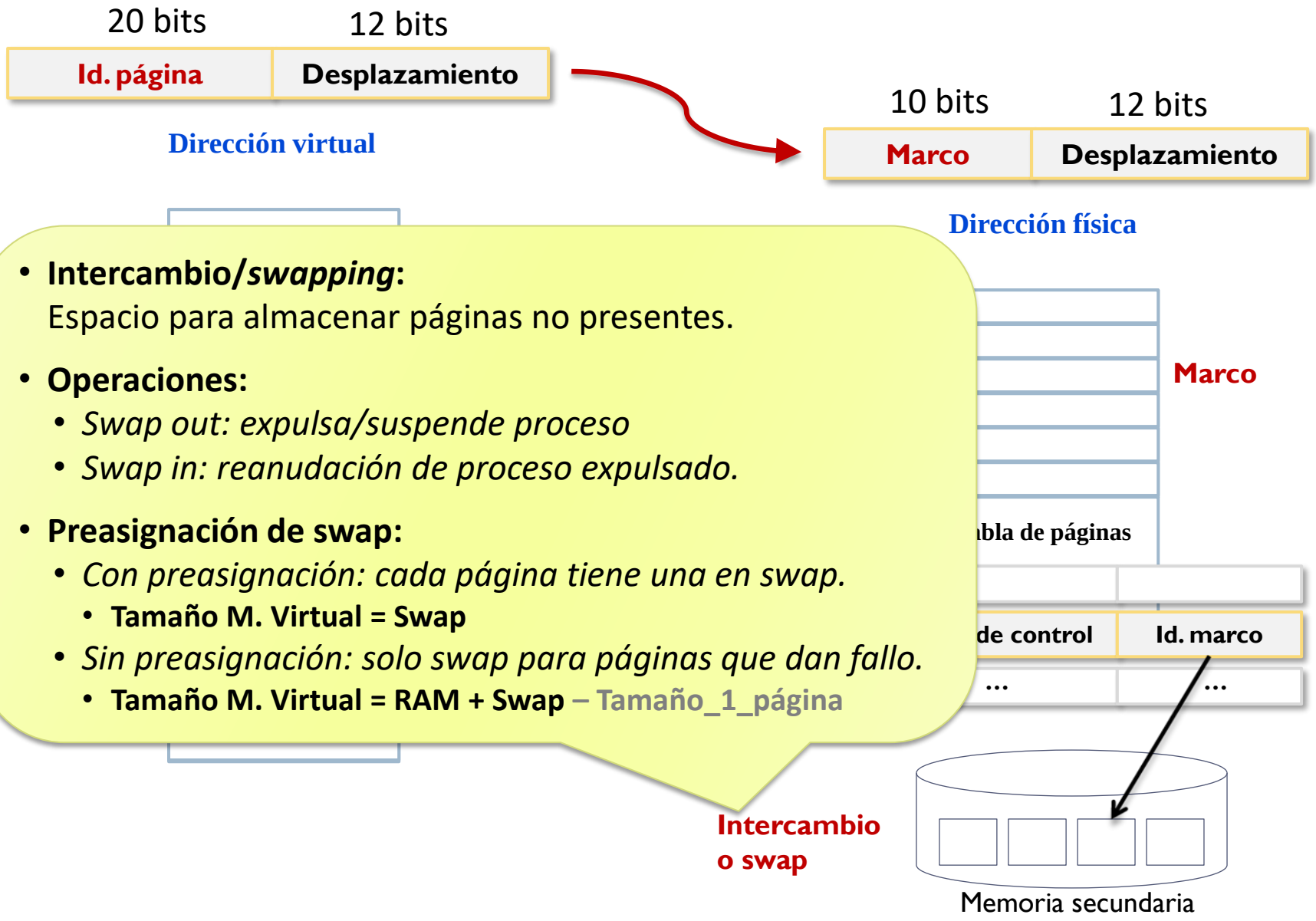
Ejemplo


20 bits
12 bits
Id. página
Desplazamiento
Dirección virtual
10 bits
12 bits
Marco
Desplazamiento
Dirección física
Marco
Tabla de páginas
Id. página
10
09
10
11
I
M
+ bits de control
Id. marco
...
...

Ejemplo

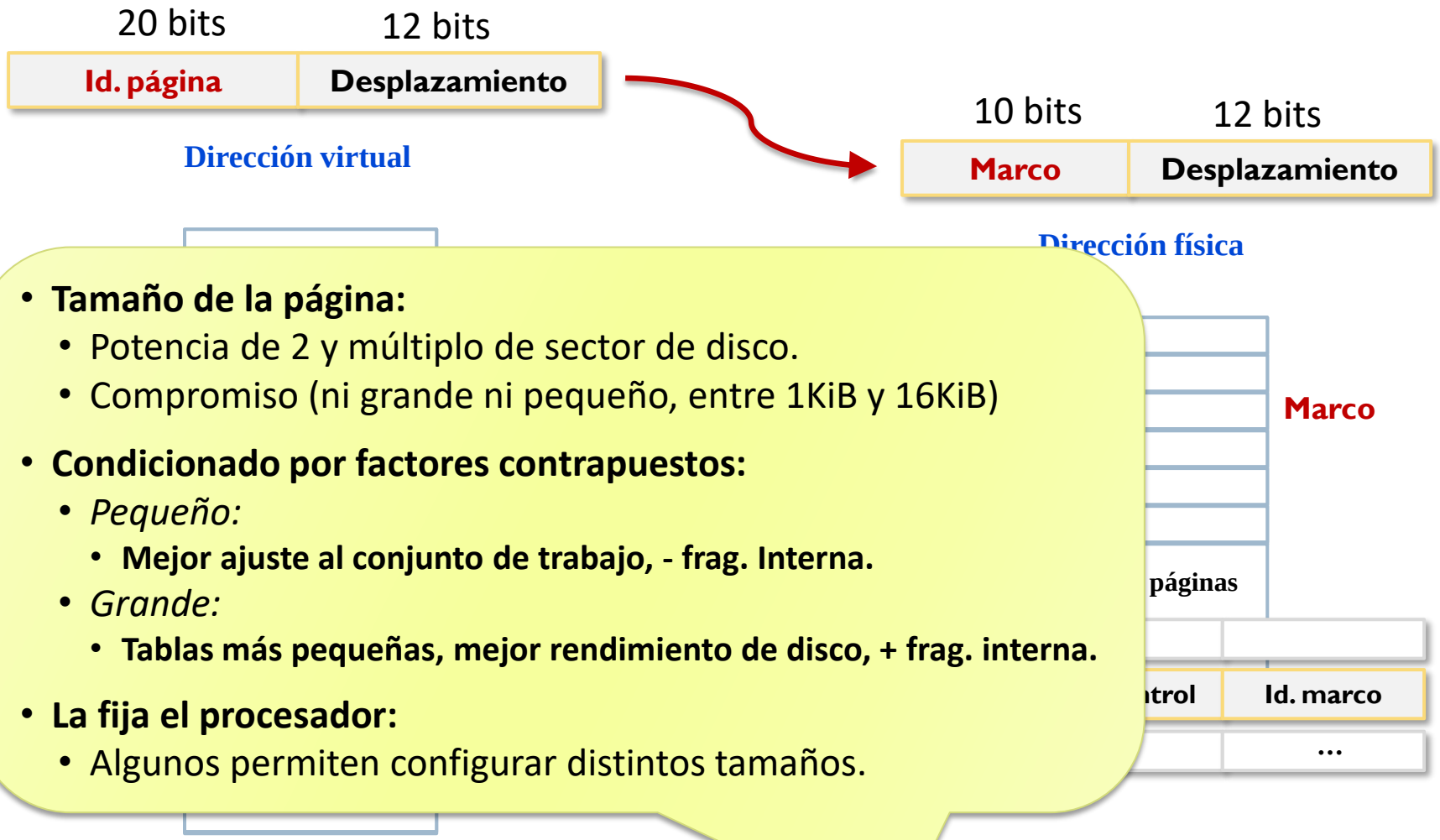

20 bits
12 bits
Id. página
Desplazamiento
Dirección virtual
10 bits
12 bits
Marco
Desplazamiento
Dirección física
Marco
Tabla de páginas
Id. página
10
09
10
11
0
M
+ bits de control
Id. marco
...
...
Intercambio o swap
Memoria secundaria

Ejemplo



- **Intercambio/*swapping*:**
  Espacio para almacenar páginas no presentes.
- **Operaciones:**
  - *Swap out: expulsa/suspende proceso*
  - *Swap in: reanudación de proceso expulsado.*
- **Preasignación de swap:**
  - *Con preasignación: cada página tiene una en swap.*
    - **Tamaño M. Virtual = Swap**
  - *Sin preasignación: solo swap para páginas que dan fallo.*
    - **Tamaño M. Virtual = RAM + Swap** – Tamaño_1_página

Ejemplo



- **Tamaño de la página:**
  - Potencia de 2 y múltiplo de sector de disco.
  - Compromiso (ni grande ni pequeño, entre 1KiB y 16KiB)
- **Condicionado por factores contrapuestos:**
  - *Pequeño:*
    - **Mejor ajuste al conjunto de trabajo, - frag. Interna.**
  - *Grande:*
    - **Tablas más pequeñas, mejor rendimiento de disco, + frag. interna.**
- **La fija el procesador:**
  - Algunos permiten configurar distintos tamaños.

División en bloques del mismo tamaño -> páginas

Ejemplo: memoria virtual con paginación

Sea un computador con direcciones virtuales de 32 bits y páginas de 4 KB.
En este computador se ejecuta un programa cuya tabla de páginas es:

P	M	Perm.	Marco/Bloque
0	0	R	1036
1	0	R	4097
0	0	W	3000
0	0	W	7190
0	0	W	3200
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	W	2400
0	0	W	3000

- Se pide:
  a) Tamaño que ocupa la imagen de memoria del programa
  b) Si la primera dirección virtual del programa es 0x00000000, indique la última
  c) Dadas las siguientes direcciones virtuales, indique si generan fallo de página o no:
     - 0x00001000
     - 0x0000101C
     - 0x00004000

Ejercicio (solución)

P	M	Perm.	Marco/Bloque
0	0	R	1036
1	0	R	4097
0	0	W	3000
0	0	W	7190
0	0	W	3200
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	W	2400
0	0	W	3000

- El tamaño que ocupa la imagen de memoria del programa dependerá del número de páginas total que tenga asignado y el tamaño de la página:
  - 7 * 4 KB = 28 KB

Ejercicio (solución)

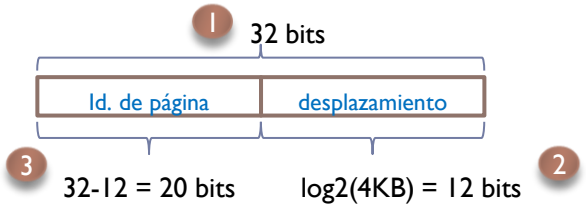
P	M	Perm.	Marco/Bloque
0	0	R	1036
1	0	R	4097
0	0	W	3000
0	0	W	7190
0	0	W	3200
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	W	2400
0	0	W	3000

- Si el tamaño total del programa es de 28 KB y la primera dirección virtual es la 0x00000000, la última dirección será:
  - 28 * 1024 - 1

Ejercicio (solución)

P	M	Perm.	Marco/Bloque
0	0	R	1036
1	0	R	4097
0	0	W	3000
0	0	W	7190
0	0	W	3200
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	W	2400
0	0	W	3000

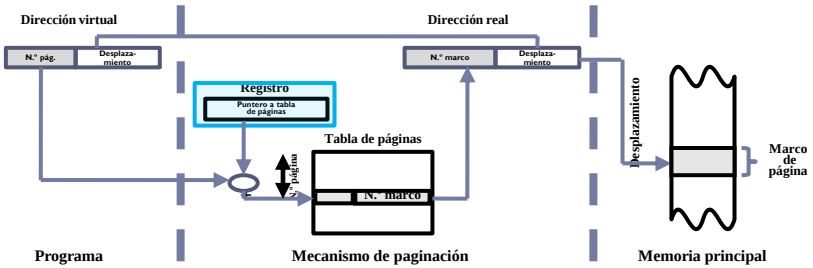
- Lo primero es conocer el formato de la dirección virtual



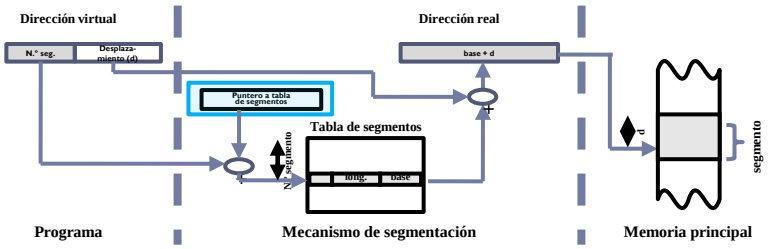
- Para cada dirección virtual, se extrae el identificador de página, se busca en la Tabla de páginas su entrada, y se ve si el bit de presente (P) está a 1:
  - 0x**00001**000 -> no
  - 0x**00001**01C -> no
  - 0x**00004**000 -> si

Memoria virtual
mecanismos de implementación

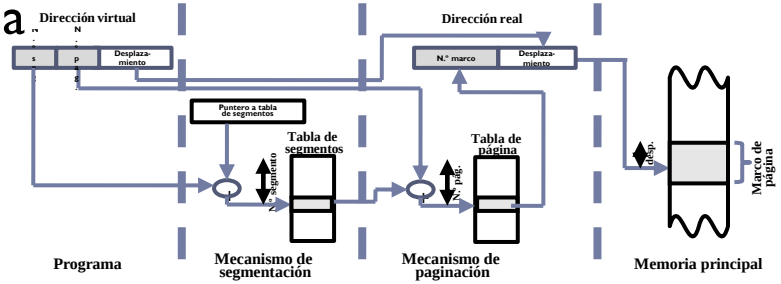
- Paginación



- Segmentación



- Segmentación paginada

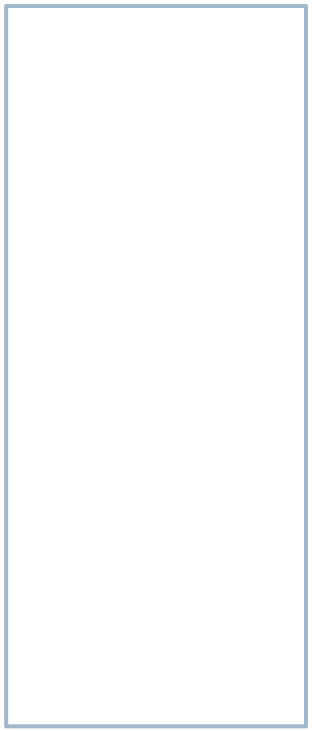


Ejemplo

32 bits

01101000100101O

Dirección virtual

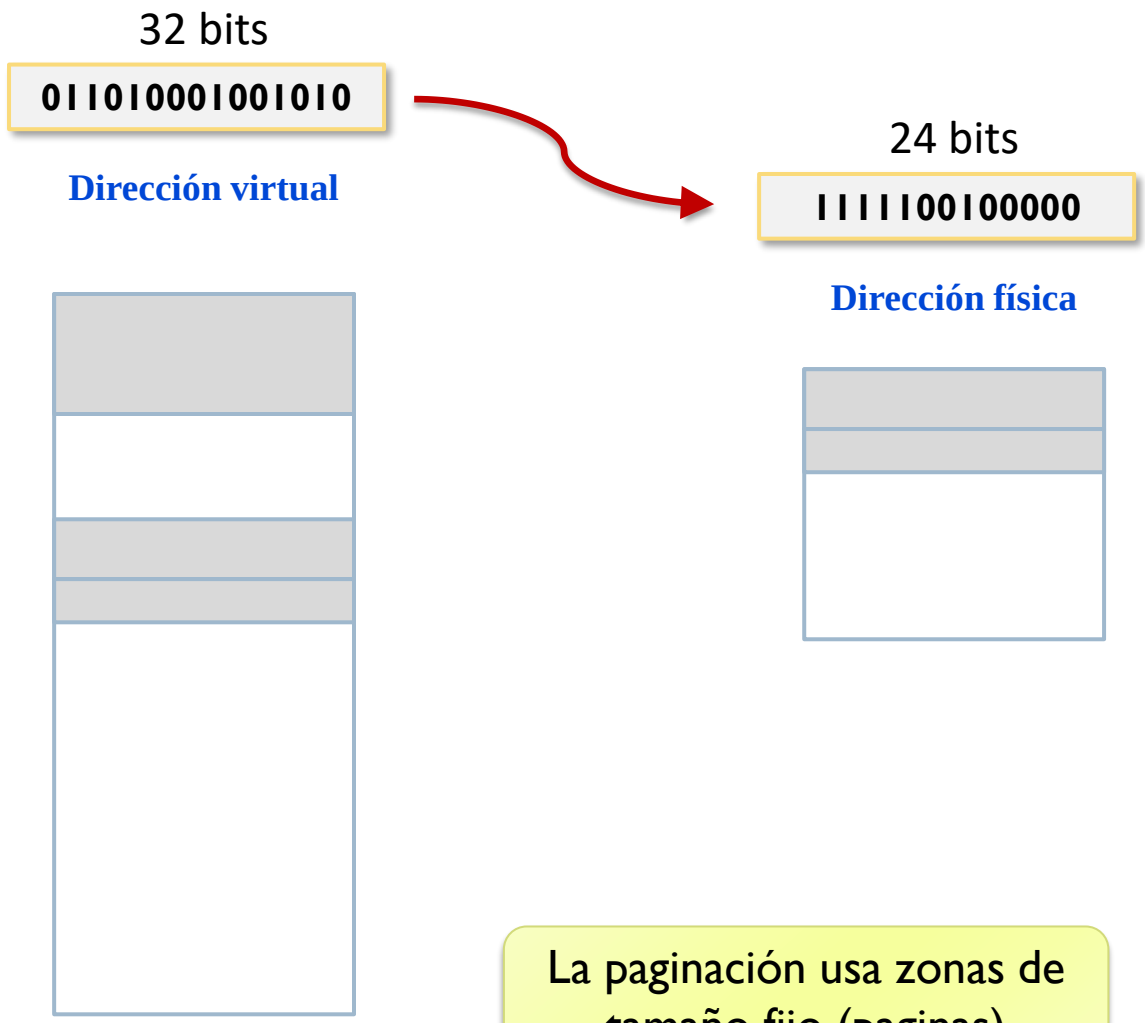


24 bits

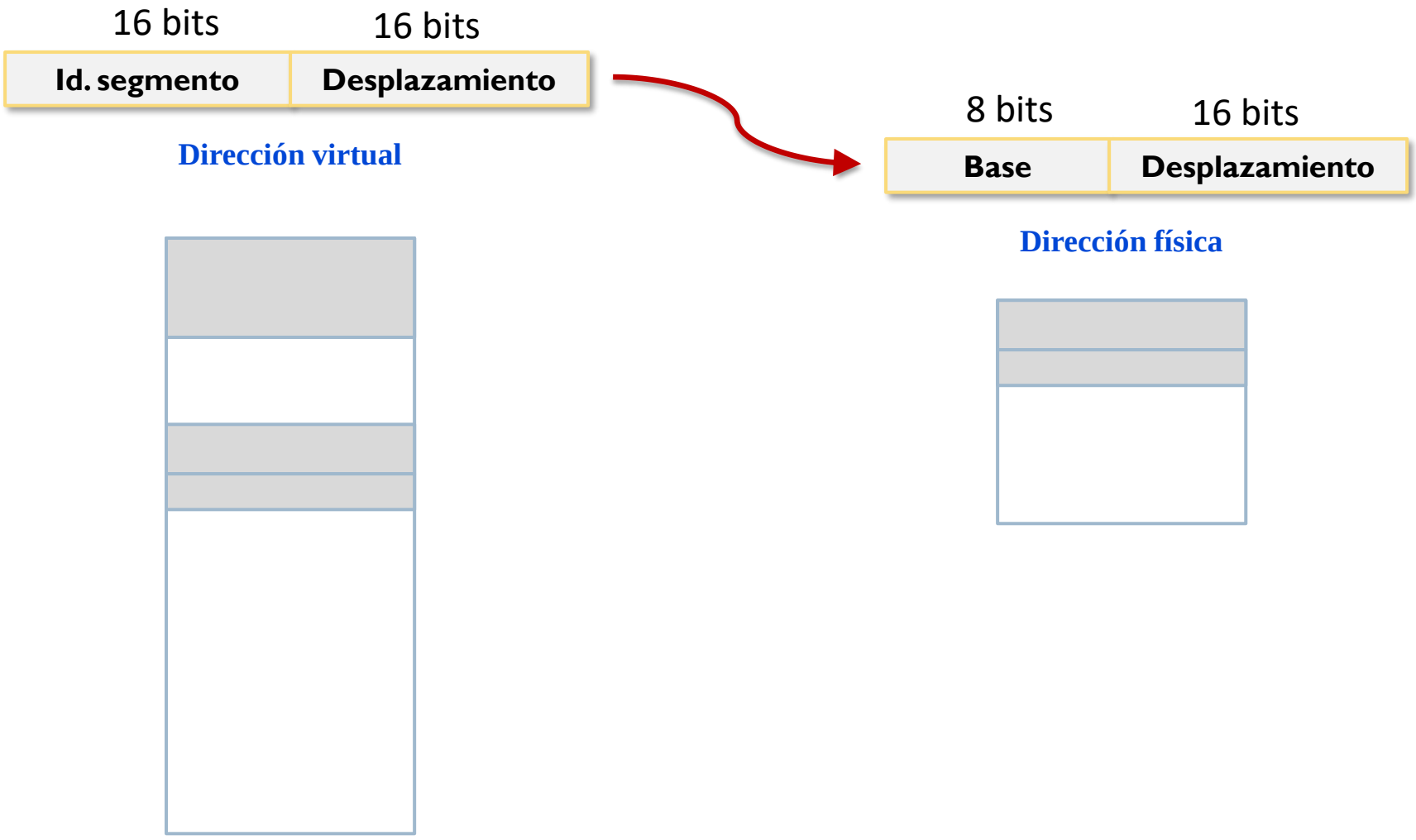
111110010000O

Dirección física

Ejemplo

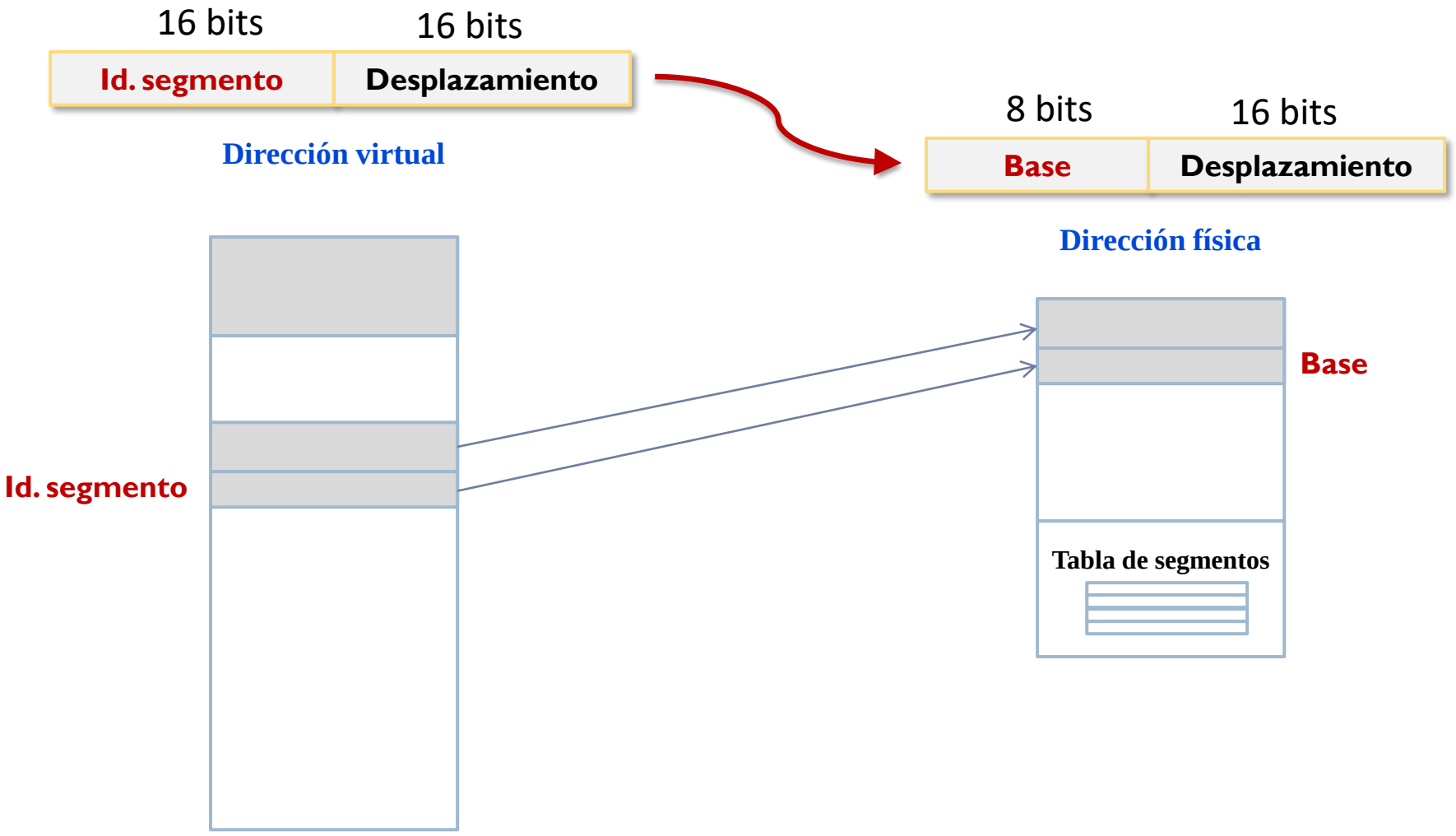

32 bits
01101000100101O
Dirección virtual
24 bits
111110010000O
Dirección física
La paginación usa zonas de tamaño fijo (paginas)
División en zonas de tamaño variable -> segmentos

Ejemplo



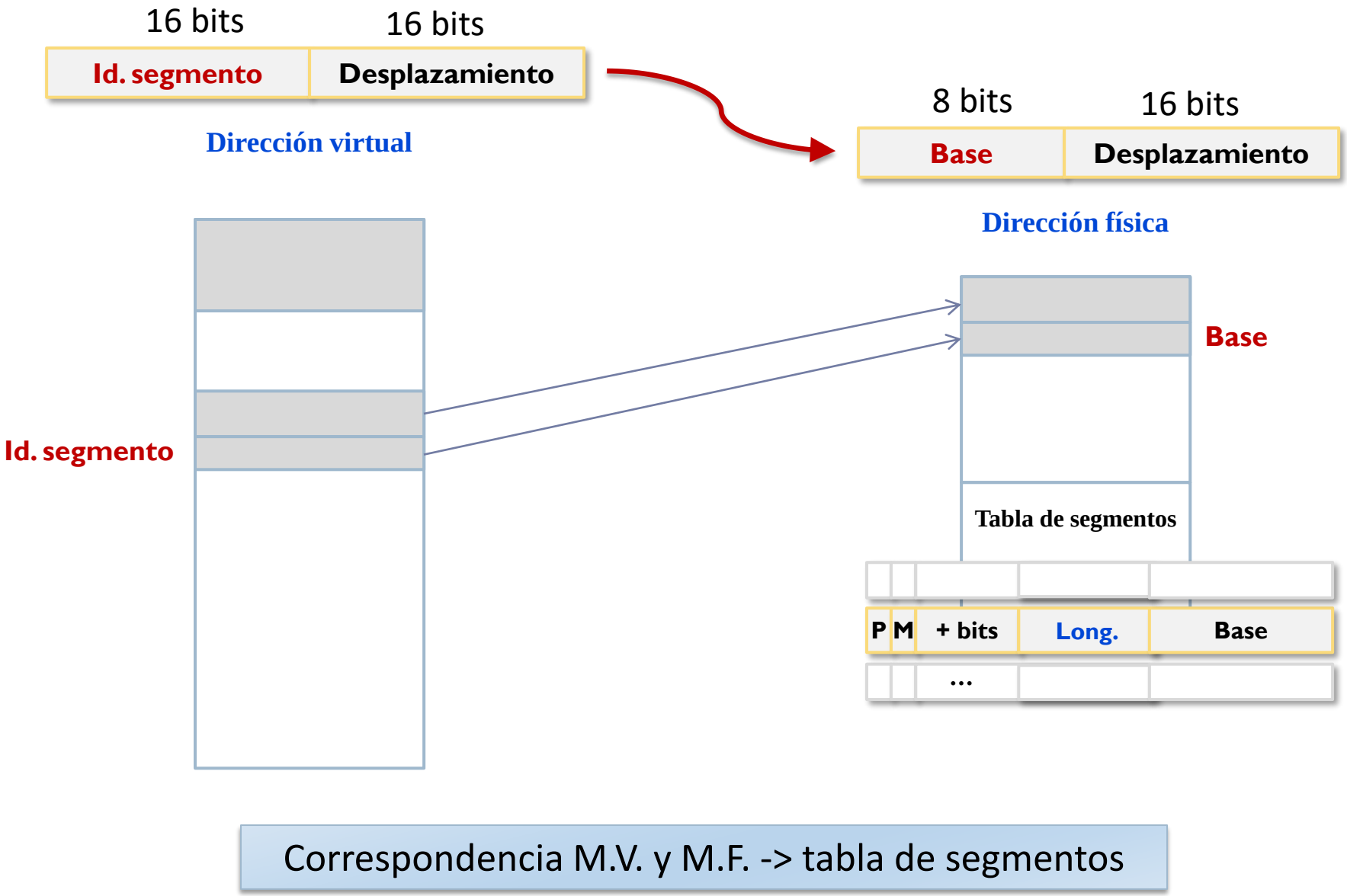
División en zonas de tamaño variable -> segmentos

Ejemplo



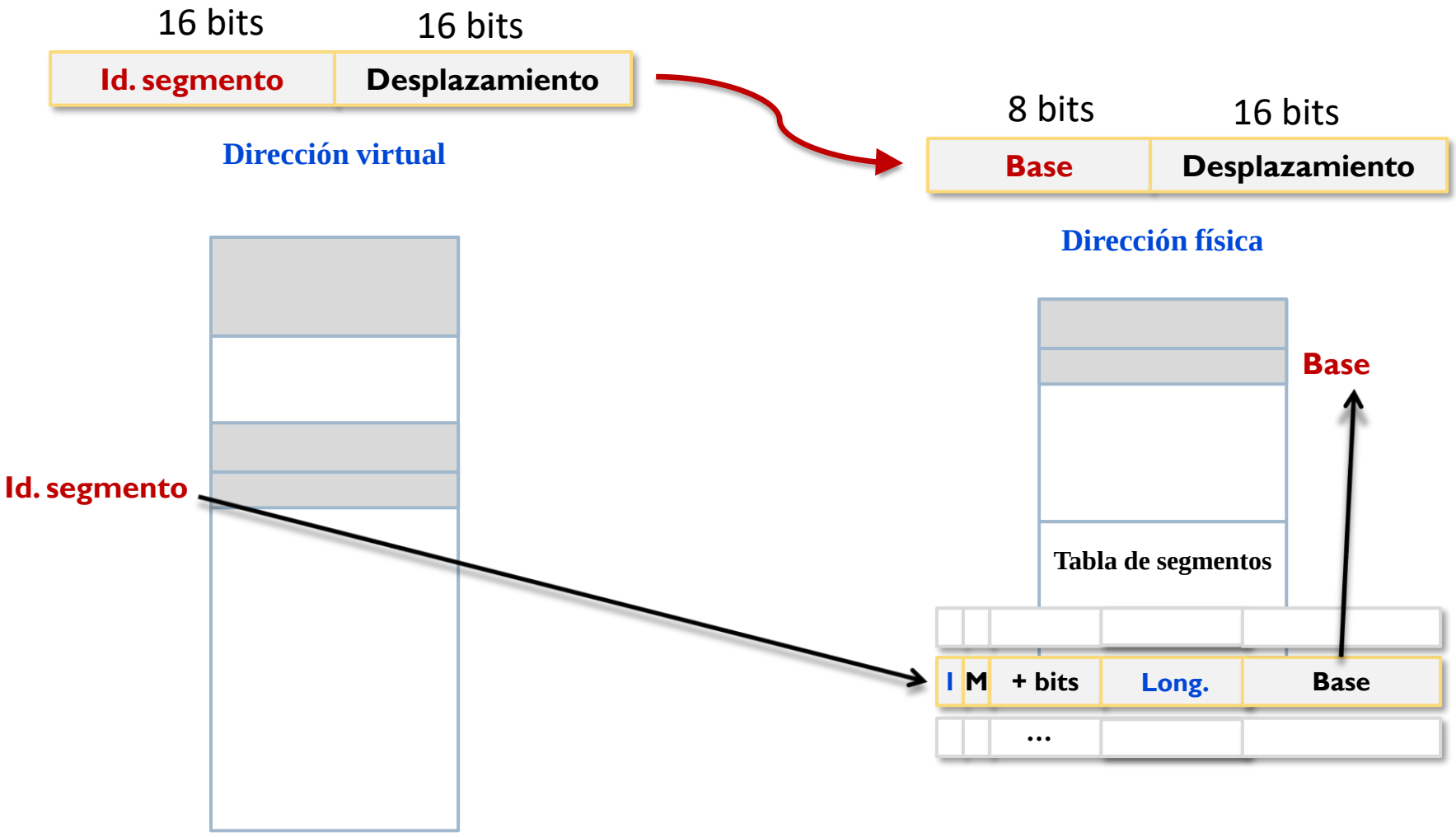
Correspondencia M.V. y M.F. -> tabla de segmentos

Ejemplo

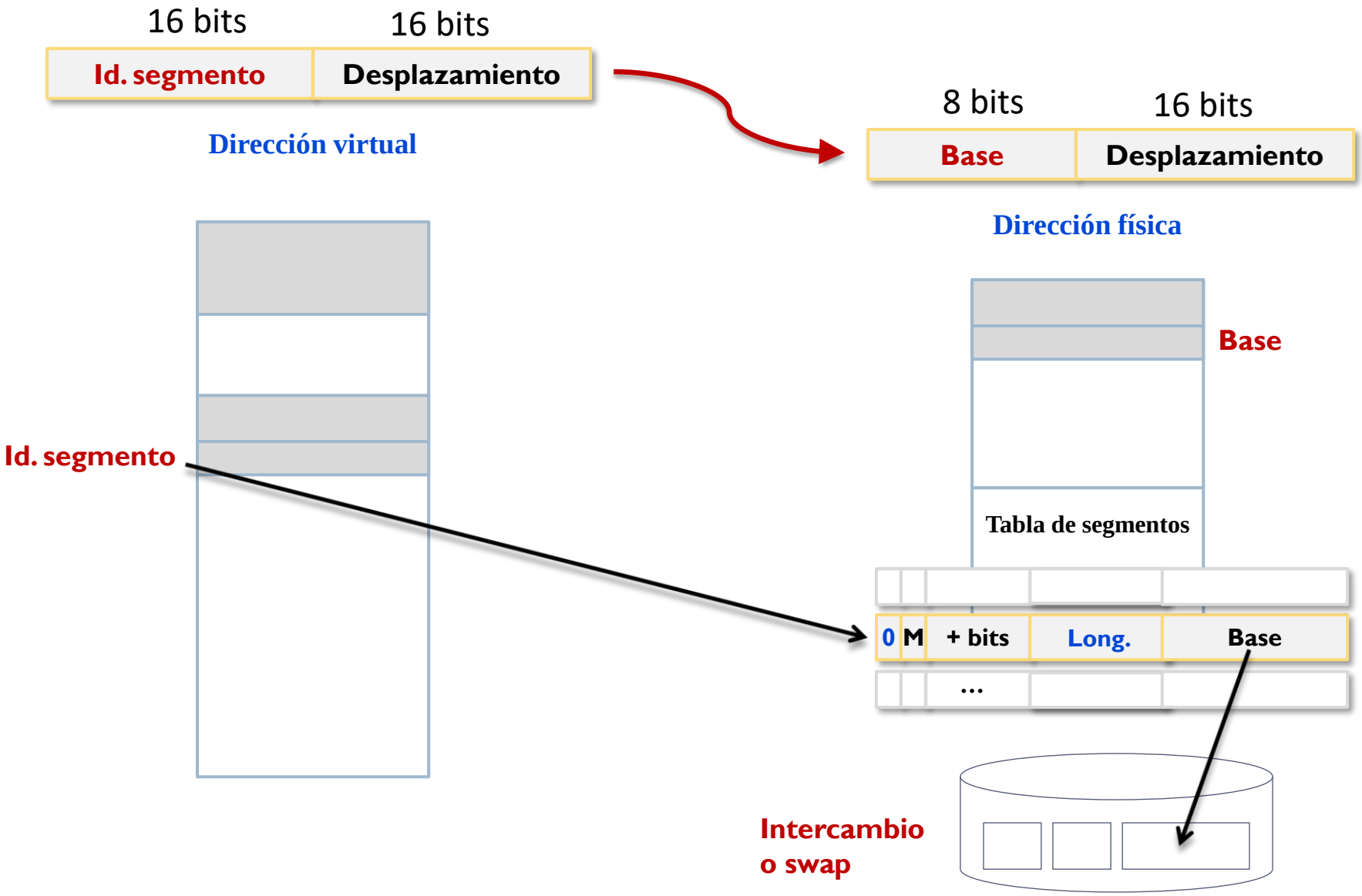


Correspondencia M.V. y M.F. -> tabla de segmentos

Ejemplo

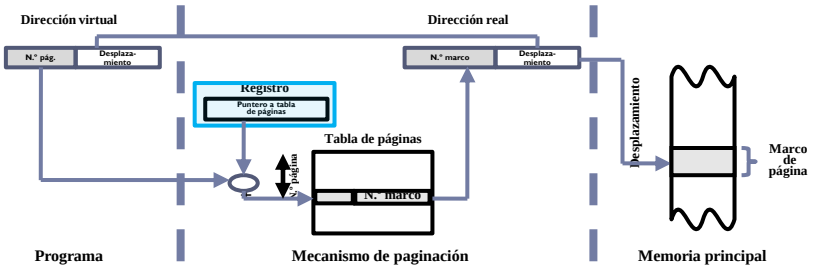

16 bits
16 bits
Id. segmento
Desplazamiento
Dirección virtual
8 bits
16 bits
Base
Desplazamiento
Dirección física
Id. segmento
Base
Tabla de segmentos
I
M
+ bits
Long.
Base
...

Ejemplo

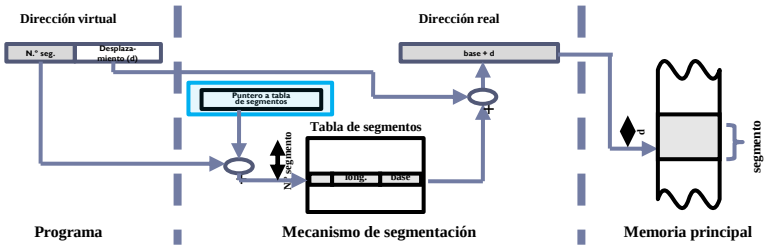

16 bits
16 bits
Id. segmento
Desplazamiento
Dirección virtual
8 bits
16 bits
Base
Desplazamiento
Dirección física
Id. segmento
Base
Tabla de segmentos
0
M
+ bits
Long.
Base
...
Intercambio
o swap

Memoria virtual
mecanismos de implementación

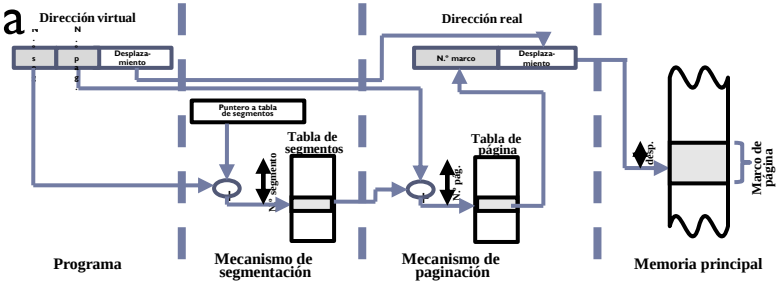
- Paginación



- Segmentación

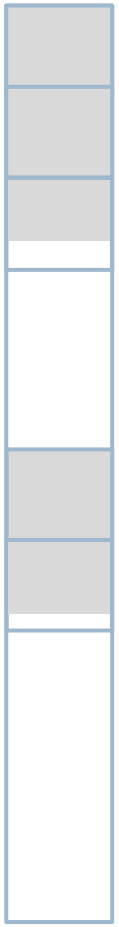


- Segmentación paginada

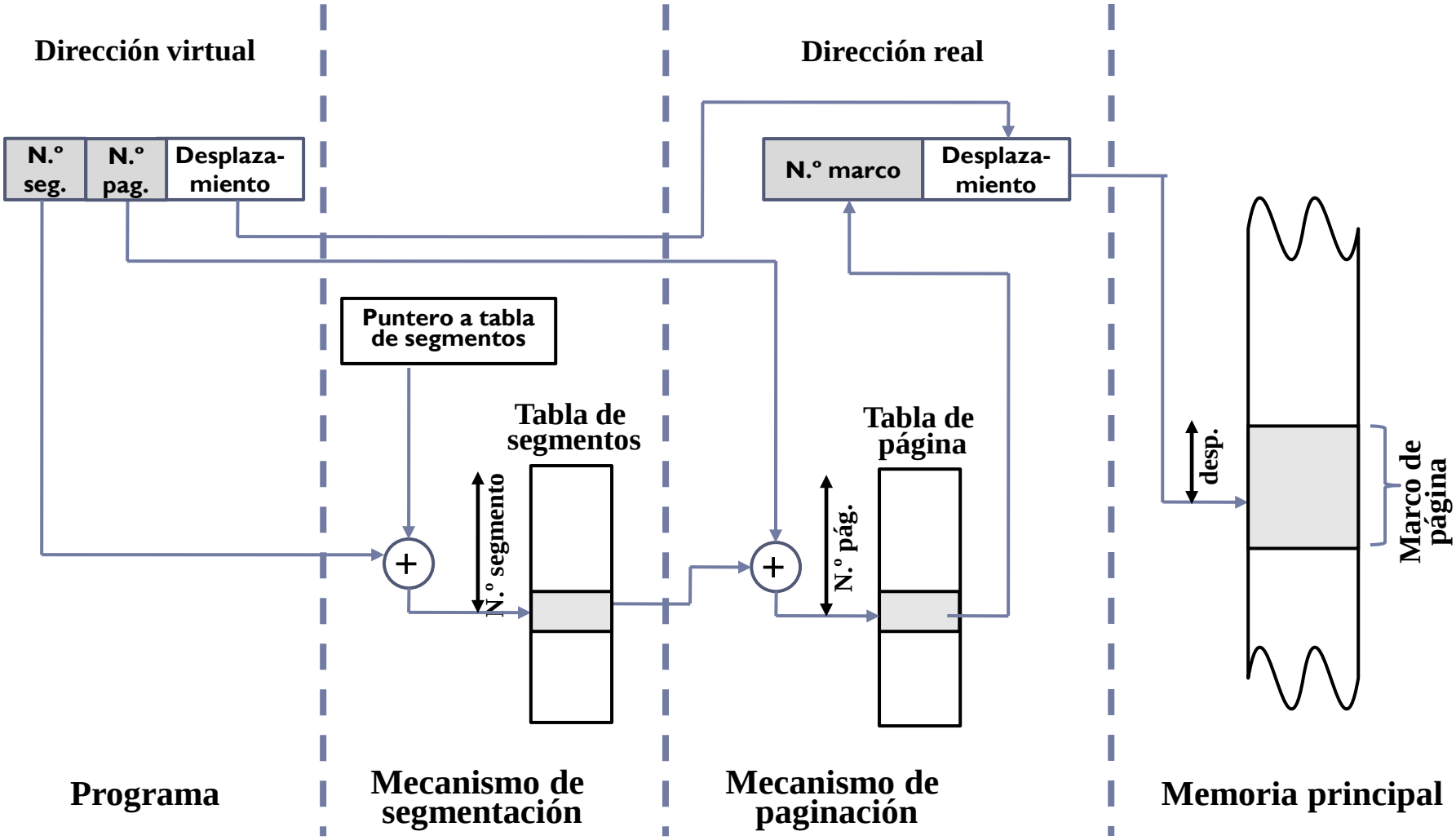


Memoria virtual:
segmentación y paginación

- 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

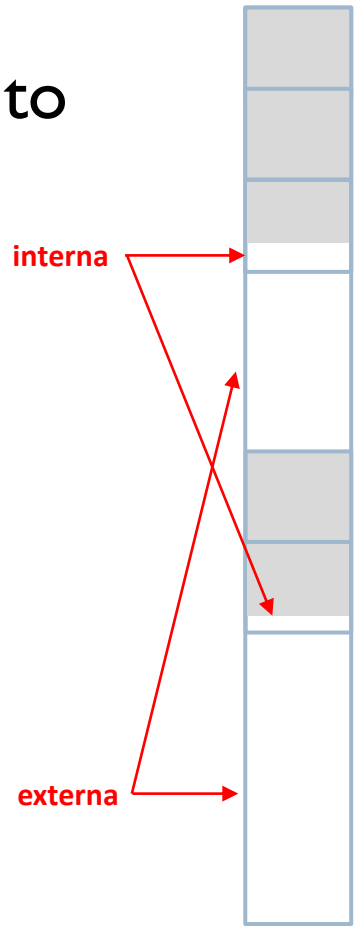


Traducción de direcciones
segmentación paginada



Memoria virtual:
segmentación y paginación

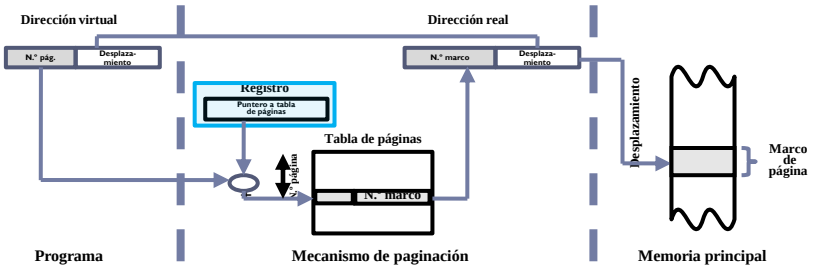
- Entrada en la tabla de segmentos 'apunta' a una tabla de páginas asociada al segmento
  - Los segmentos de tamaño variable se fragmentan en páginas de tamaño fijo
- Lo mejor de las dos soluciones:
  - Segmentación:
    - Facilita operaciones con regiones de memoria
    - Evita la fragmentación interna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



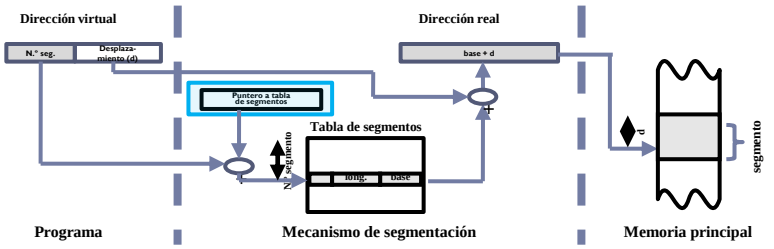
Memoria virtual

resumen

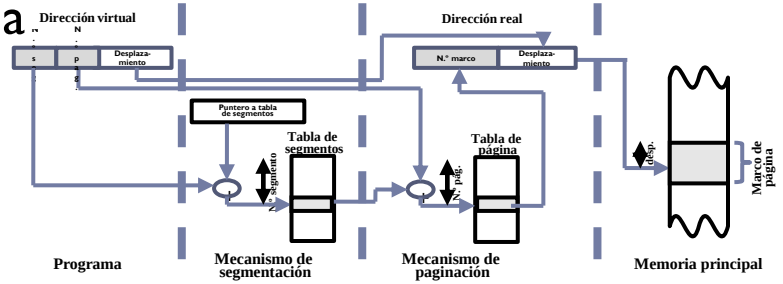
- Paginación



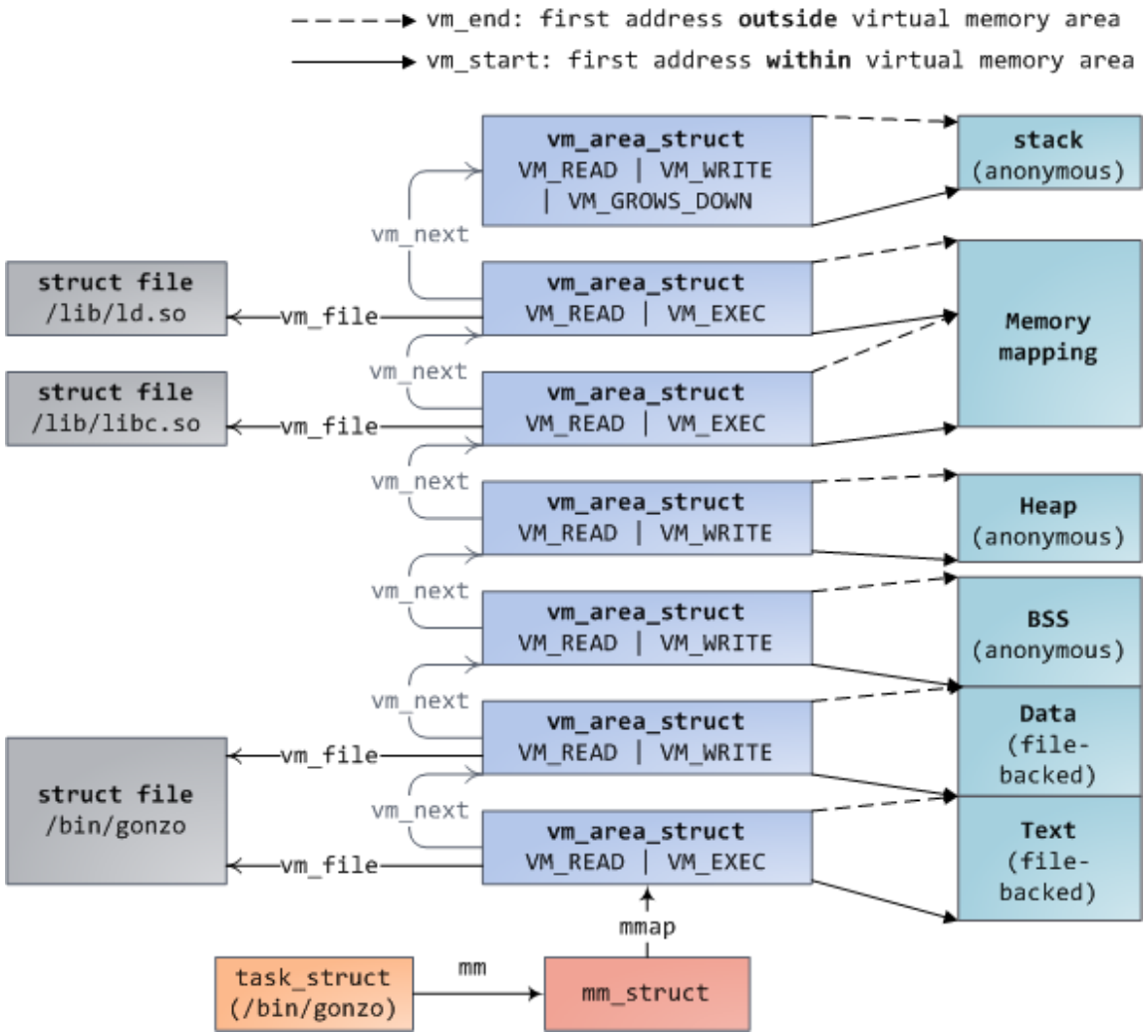
- Segmentación



- Segmentación paginada

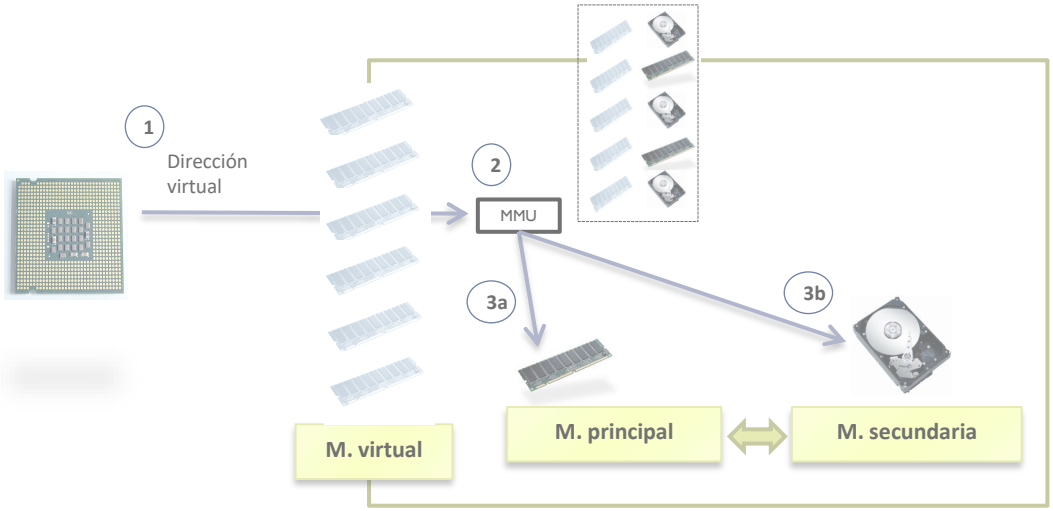


Estructuras principales de gestión
gestión de memoria de un proceso: Linux



https://manybutfinite.com/post/how-the-kernel-manages-your-memory/

Gestión de memoria
aspectos avanzados



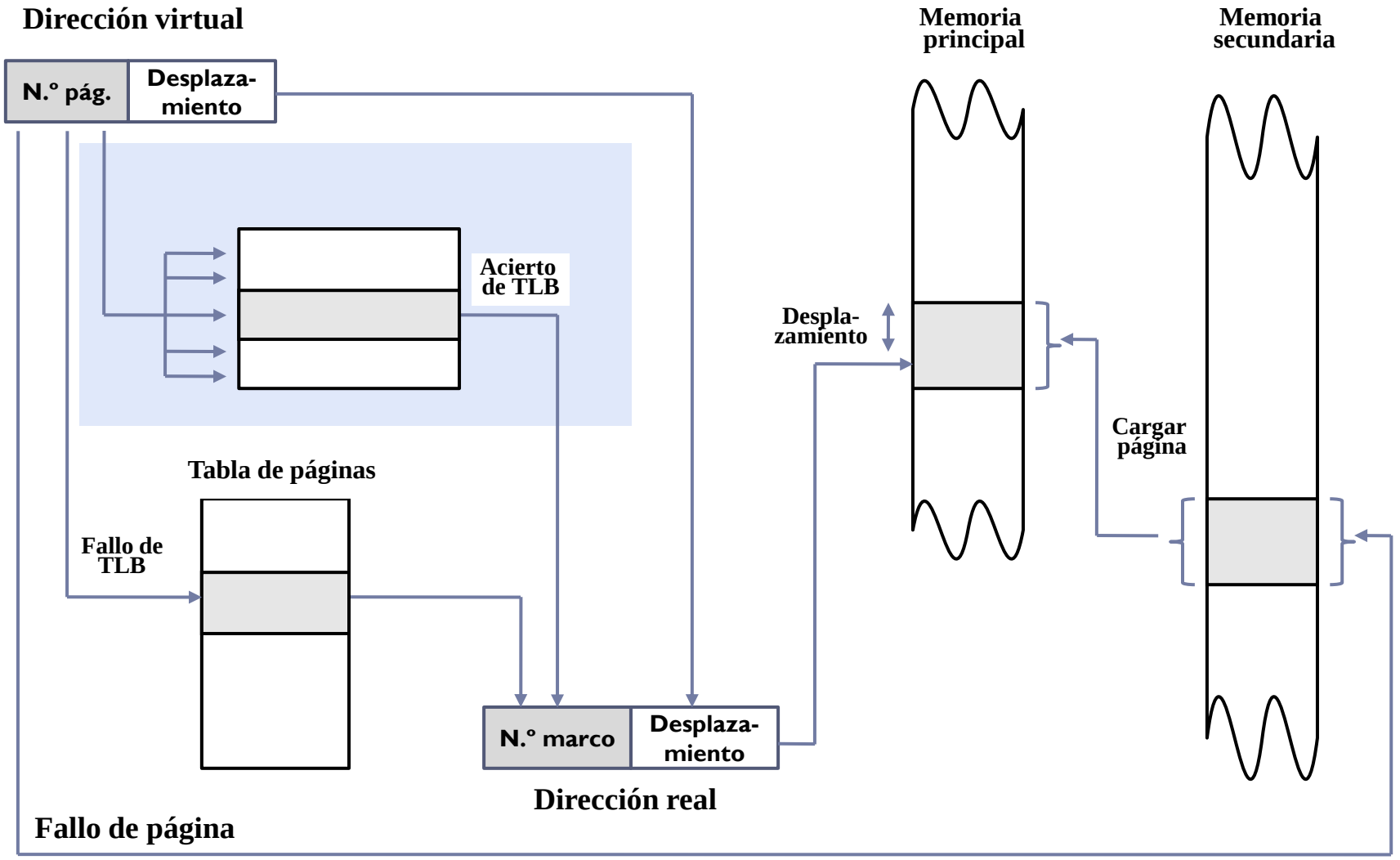
- TLB
- Tablas multinivel
- Kernel/Procesos

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 asociativa 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)

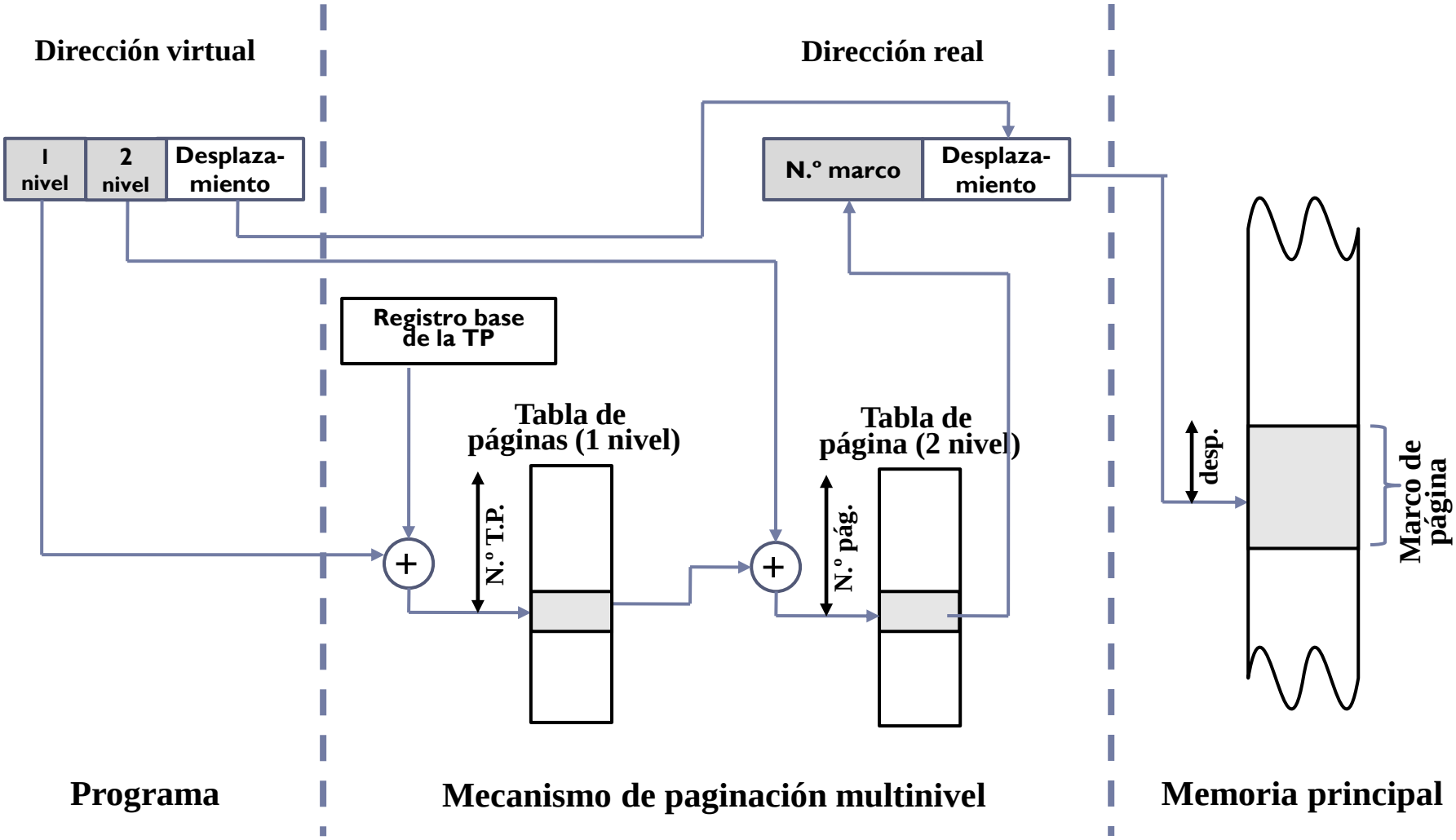


Tablas multinivel

- 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

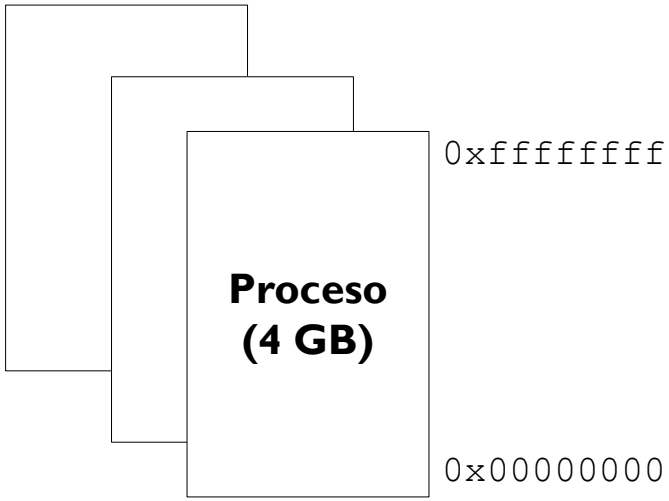
- Tabla multinivel
  - Esquema de traducción en dos niveles:
    - En memoria la tabla de primer nivel
    - Solo en memoria las tablas de segundo nivel que se necesiten
  - Tablas de cada nivel mucho más compactas: $2^{10} * 4$ = 4KB/tabla

Tablas multinivel



Espacio de memoria: proceso + kernel

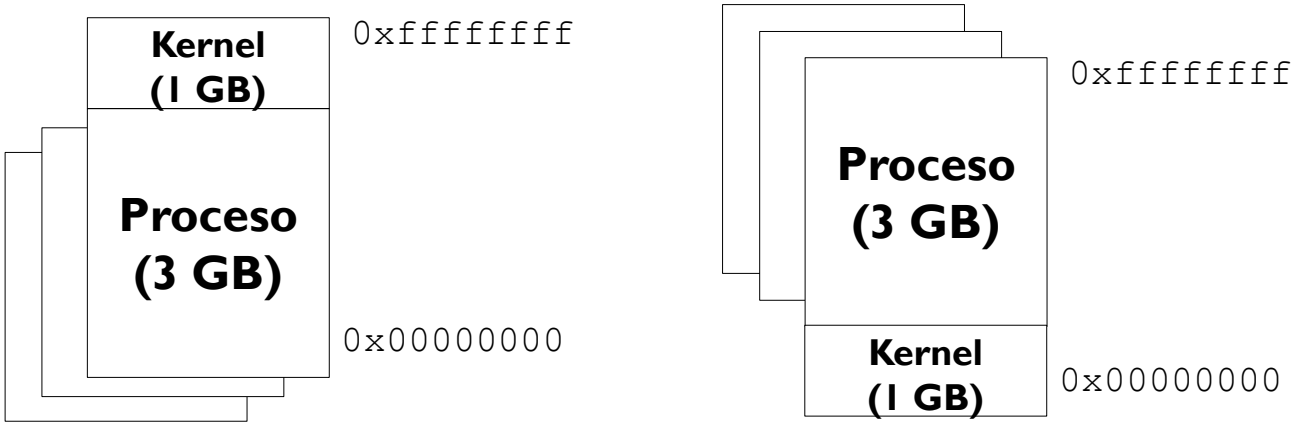
- Cada proceso ve un espacio de direcciones lineal y plano
  - Cada proceso podría acceder a todo el espacio de direcciones posible



http://www.cs.rutgers.edu/~pxk/416/notes/content/09-memory_management-slides-6.pdf

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→k y k → u)



http://www.cs.rutgers.edu/~pxk/416/notes/content/09-memory_management-slides-6.pdf

Contenidos

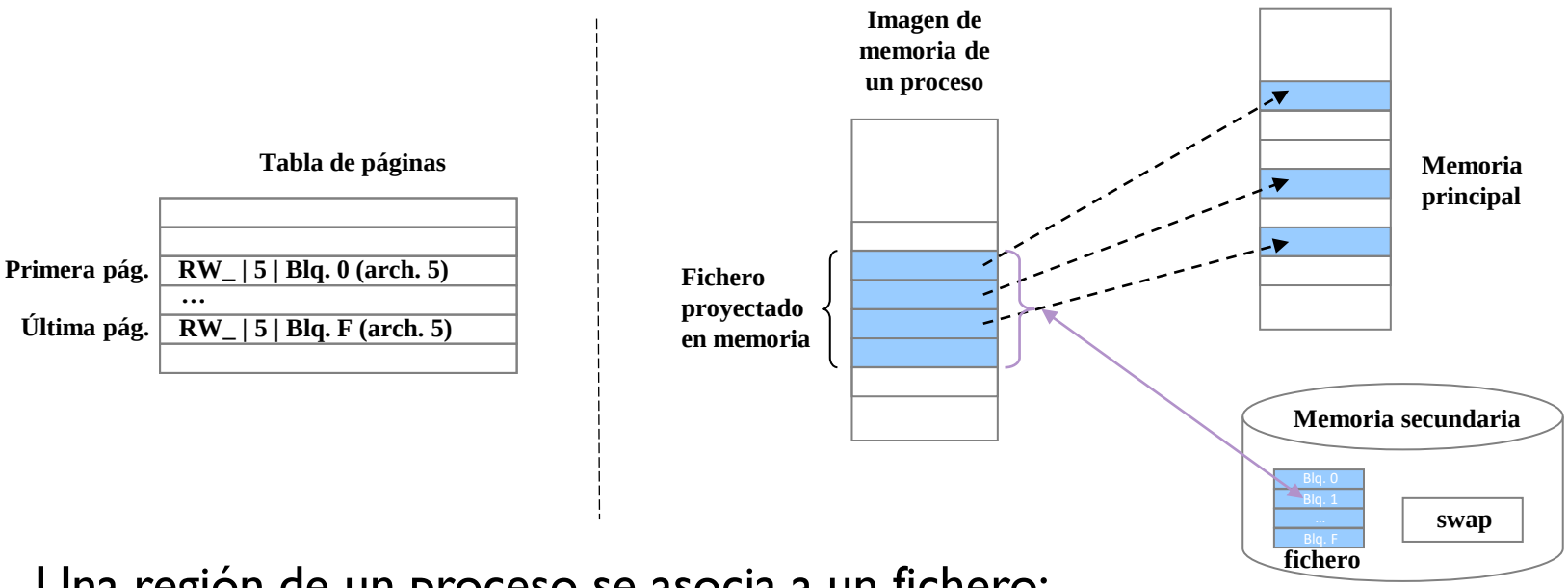
1. Introducción:
   1. Modelo abstracto y definiciones básicas.
   2. Mapa de memoria de un proceso: regiones de memoria.
2. Funciones del gestor de memoria.
   1. Particionamiento de memoria.
   2. Algoritmos de gestión de memoria.
3. Memoria virtual.
4. **Servicios del gestor de memoria.**

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	`void *mmap( void *addr, size_t len, int prot, int flags, int fildes, off_t off );`
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

Argumentos

- **`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.

- ica 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 (c idos, privado, etc.).
- ta el descriptor de fichero del fichero o descriptor 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.

D

D

Ficheros proyectados en memoria
munmap

Servicio	`void munmap(void *addr, size_t len);`
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 <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);
 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++) {
    *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_CREAT|O_TRUNC|O_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++) {
    *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++) {
    *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;
```

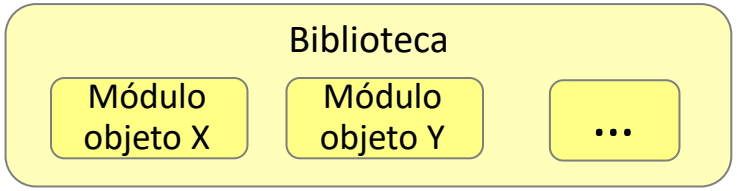
Ejemplo: contar el # de espacios (2/2)

```
#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++) {
    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++) {
       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

2

```
#include <stdio.h>

extern void hola ( void );

int main()
{
  hola();
  return 0;
}
```

```
gcc –Wall –g –o main main.c –lhola –L./
./main
```

1

```
#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
```

Ejemplo: biblioteca dinámica (carga implícita)

2

```
#include <stdio.h>

extern void hola ( void );

int main()
{
  hola();
  return 0;
}
```

1

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

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

```
gcc –Wall –g –fPIC –o libhola.o –c libhola.c
gcc –shared –Wl,-soname,libhola.so \
        -o libhola.so.1.0 libhola.o
ln –s libhola.so.1.0 libhola.so
```

```
gcc –Wall –g –o main main.c –lhola –L./
env LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:. ./main
```

Ejemplo: biblioteca dinámica (carga explícita)

2

```
#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;
}
```

gcc –Wall –g –o main main.c –ldl
env LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:. ./main

1

```
#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

Bibliotecas dinámicas
dlopen

Servicio	`#include <dlfcn.h>` `void * dlopen ( const char * bib, int flags );`

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	`#include <dlfcn.h>` `void * dlsym ( void *descr, char *simbolo );`
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	`#include <dlfcn.h>` `void dlclose ( void * descriptor );`
Argumentos	▫ `descriptor` es el descriptor devuelto previamente por dlopen.
Devuelve	No devuelve nada.
Descripción	Descarga una biblioteca dinámica del proceso que llama a dlclose.

Grupo ARCOS
Universidad Carlos III de Madrid

Lección 4
Gestión de memoria

Sistemas Operativos
Ingeniería Informática