

# Tema 6 Administración de la memoria

## Sistemas Operativos

Grado en Ingeniería Informática

Departamento de Ingeniería Informática

Universidad de Cádiz

- 1 Introducción
- 2 Esquemas de asignación contigua
- 3 Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual
- 4 Problemas de las tablas de páginas convencionales
- 5 Funciones del gestor de memoria virtual

# Unidades de memoria

Tema 6  
Administración de  
la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

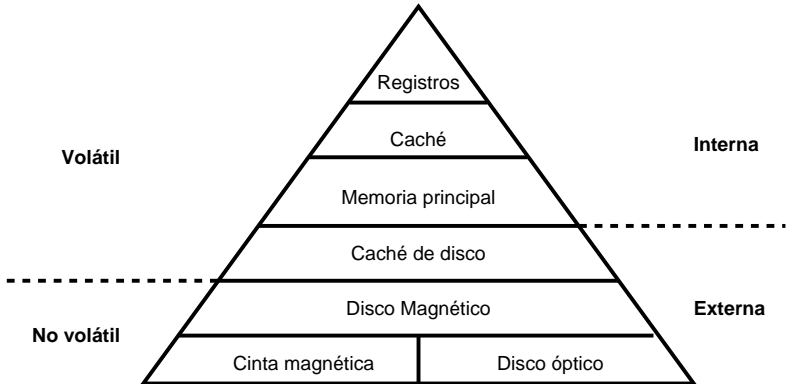
Recomendaciones del IEC (*International Electrotechnical Commission*)  
(1998) sobre prefijos para múltiplos binarios

Factor	Nombre	Símbolo	Origen	Derivación
$2^{10}$	kibi	Ki	kilobinario: $(2^{10})^1$	kilo: $(10^3)^1$
$2^{20}$	mebi	Mi	megabinario: $(2^{10})^2$	mega: $(10^3)^2$
$2^{30}$	gibi	Gi	gigabinario: $(2^{10})^3$	giga: $(10^3)^3$
$2^{40}$	tebi	Ti	terabinario: $(2^{10})^4$	tera: $(10^3)^4$
$2^{50}$	pebi	Pi	petabinario: $(2^{10})^5$	peta: $(10^3)^5$
$2^{60}$	exbi	Ei	exabinario: $(2^{10})^6$	exa: $(10^3)^6$

Ejemplos:

1 kibibit	1 Kibit = $2^{10}$ bit = 1024 bit
1 kilobit	1 kbit = $10^3$ bit = 1000 bit
1 mebibyte	1 MiB = $2^{20}$ B = 1.048.576 B
1 megabyte	1 MB = $10^6$ B = 1.000.000 B
1 gibibyte	1 GiB = $2^{30}$ B = 1.073.741.824 B
1 gigabyte	1 GB = $10^9$ B = 1.000.000.000 B

## Jerarquía de la memoria



# Tipos de direcciones

## Tema 6

### Administración de la memoria

#### Grado en Ingeniería Informática

#### Introducción

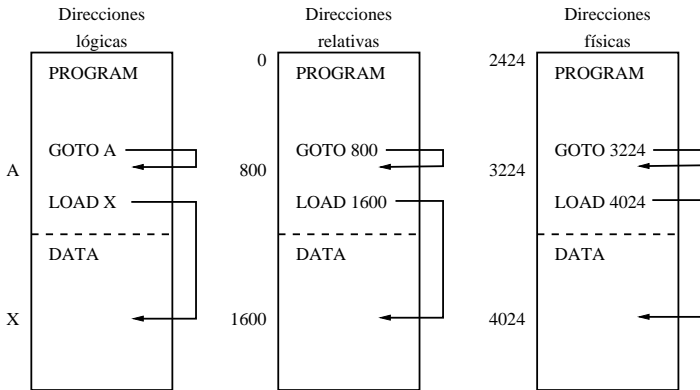
#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

Los programas pueden hacer referencia a las direcciones de memoria de distintas formas: direcciones lógicas, relativas y físicas.



## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

Cuando un proceso se está ejecutando debe hacer referencia a direcciones físicas, luego será necesario traducir previamente las direcciones lógicas a físicas.

## ¿Cuándo se puede realizar la traducción de direcciones?

- En tiempo de programación o de compilación
- En tiempo de carga
- En tiempo de ejecución → **El más flexible. Permite realizar reubicación de procesos.**

## Asignación contigua

Exige que la imagen del proceso se cargue en memoria ocupando un espacio de direcciones contiguo. Ejemplos:

- Sistemas de máquina desnuda
- Sistemas de monoprogramación
- Sistemas de multiprogramación con particiones fijas
- Sistemas de multiprogramación con particiones variables
- Sistema compañero

## Asignación no contigua

- No se exige que la imagen del proceso ocupe un espacio de direcciones contiguo.
- Se suelen considerar dos esquemas de este tipo: paginación y segmentación.
- Estos esquemas se utilizan en los sistemas de memoria virtual.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

## Características

- El número y tamaño de las particiones permanece fijo.
- El número de particiones determina el grado de multiprogramación máximo del sistema.
- El tamaño de las particiones limita el tamaño máximo de los procesos que se pueden cargar.
- Las particiones pueden ser todas del mismo tamaño o de tamaños diferentes.
- Puede aparecer **fragmentación interna**: memoria que se desperdicia dentro de una partición si el tamaño del proceso que se carga en ella es menor que el de la partición.



# Multiprogramación con particiones fijas.

## Algoritmos de colocación

### Tema 6

#### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

### Particiones del mismo tamaño

- Se puede emplear cualquier partición para alojar un proceso (siempre que quepa en ella).

### Particiones de distinto tamaño

- Se puede asociar una cola de procesos a cada partición. Cada proceso se sitúa en la cola asociada a la partición más pequeña donde quepa.
- Una única cola de procesos. En este caso es necesario disponer de un algoritmo que determine qué proceso se va a situar en cada partición.
  - Algoritmo del primer ajuste.
  - Algoritmo del mejor ajuste.

# Multiprogramación con particiones fijas.

## Alternativas de planificación

### Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

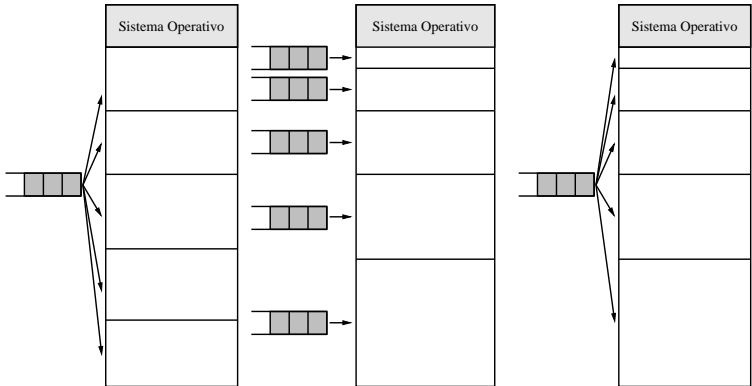
### Introducción

### Esquemas de asignación contigua

### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

### Problemas de las tablas de páginas convencionales

### Funciones del gestor de memoria virtual



# Multiprogramación con particiones fijas.

## Elementos de control

### Tema 6

#### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

El control de las particiones libres y ocupadas puede realizarse con una tabla de particiones.

Tabla de particiones

Partición	Inicio	Tamaño	Estado
0	0 KiB	512 KiB	ASIGNADA
1	512 KiB	256 KiB	ASIGNADA
2	768 KiB	768 KiB	LIBRE
3	1536 KiB	1024 KiB	ASIGNADA
4	2560 KiB	1536 KiB	LIBRE

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

## Inconvenientes

- 1 El grado de multiprogramación máximo del sistema es fijo.
- 2 Si un proceso no ocupa una partición completa se desperdicia memoria (**fragmentación interna**).
- 3 Si un proceso tiene un tamaño superior al de cualquiera de las particiones no se podrá ejecutar en ese sistema.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

## Características

- El número y tamaño de las particiones se establece dinámicamente en función de las necesidades de los procesos.
- El grado de multiprogramación no es fijo.
- Puede aparecer **fragmentación externa**.

# Multiprogramación con particiones variables

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

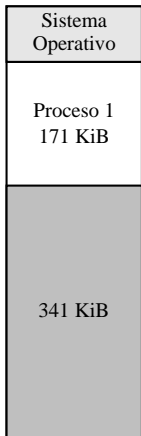
#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

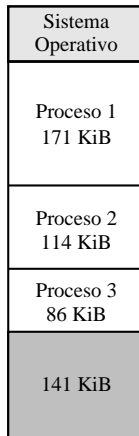
Funciones del  
gestor de  
memoria virtual



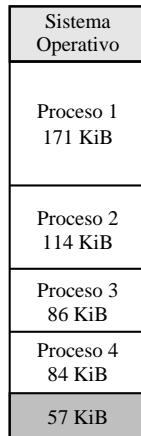
(a)



(b)



(c)



(d)

# Multiprogramación con particiones variables

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

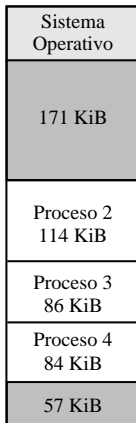
Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

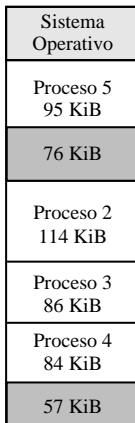
Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

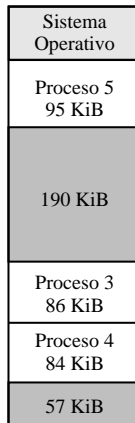
Funciones del  
gestor de  
memoria virtual



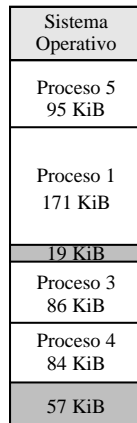
(e)



(f)



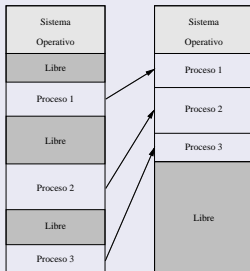
(g)



(h)

## Fragmentación externa

- Se produce cuando tenemos pequeños huecos en la memoria que si se unieran podrían dar cabida a un nuevo proceso, pero al estar dispersos no pueden utilizarse.
- La fragmentación externa se resuelve haciendo **compactación**.





## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

## Algoritmos de colocación

- **Primer ajuste:** Rastrea la memoria desde el principio y coloca al proceso en el primer hueco donde cabe.
- **Mejor ajuste:** Elige el hueco de memoria que tiene un tamaño más parecido al del proceso.
- **Siguiente ajuste:** Comienza la búsqueda a partir de la última asignación de memoria realizada y elige el primer bloque donde quepa el proceso.
- **Peor ajuste:** Elige para cada proceso el hueco más grande.

# Multiprogramación con particiones variables.

## Elementos de control

### Tema 6

#### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

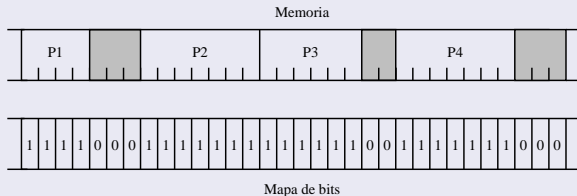
#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

### Mapas de bits

- Se divide la memoria en unidades de asignación.
- Cada unidad de asignación se representa mediante un bit en el mapa.
- $N^{\circ} \text{ bits en el mapa} = \text{Tamaño memoria} / \text{Tamaño unidad asignación}$



# Multiprogramación con particiones variables.

## Elementos de control

### Tema 6

#### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

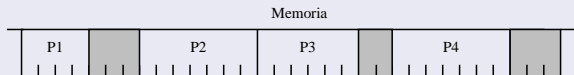
#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

### Listas enlazadas

- Cada elemento de la lista representa un hueco o un proceso cargado en memoria.
- Cada elemento mantiene la siguiente información: tipo de zona de memoria (libre u ocupada), dirección de comienzo, tamaño, puntero al siguiente elemento.



Lista enlazada

## Características

- Limita el tamaño de los bloques de memoria que se pueden asignar a los procesos. Sólo es posible asignar bloques de tamaño  $2^k$ , donde  $l \leq k \leq S$ , siendo  $2^l$  el más pequeño y  $2^S$  el más grande, que coincide con la memoria del sistema.
- Inicialmente, la memoria se considera como un bloque libre único de tamaño  $2^S$ .
- Control de la memoria: Se mantiene una lista de bloques libres para cada tamaño posible de bloques.
- Cuando se produce una petición de tamaño  $b$ , se busca un bloque de tamaño  $2^i$  donde quepa el proceso. Si no existe ninguno, se escoge uno de tamaño superior y se divide en dos bloques compañeros.
- Cuando un proceso termina se intenta fusionar los bloques compañeros.

# El sistema compañero

## Tema 6

### Administración de la memoria

#### Grado en Ingeniería Informática

#### Introducción

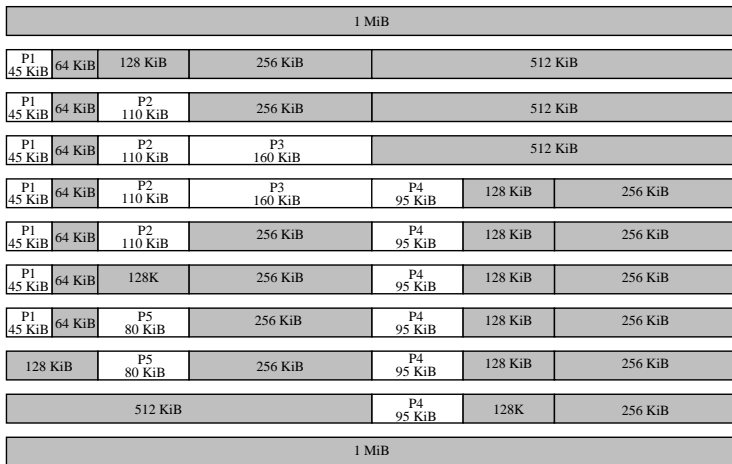
#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

Tamaño memoria = Tamaño bloque más grande = 1 MiB  
Tamaño más pequeño = 64 KiB



## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

Un sistema de memoria virtual permite la ejecución de un proceso sin que la imagen de éste se encuentre cargada completa en memoria física.

### Ventajas respecto a los sistemas tradicionales

- **Permite ejecutar un proceso cuyo tamaño es superior al de la memoria física.**
- Grado de multiprogramación más alto.
- No es necesario cargar el proceso en una zona contigua de memoria.

### Desventajas

- Rendimiento

# El principio de localidad

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

- Establece que las referencias al código y a los datos de un proceso tienden a estar agrupadas durante períodos cortos de tiempo. En períodos más largos estos grupos van cambiando.
- El buen funcionamiento de los sistemas de memoria virtual está basado en este principio.

# Tamaño de un proceso en un sistema de memoria virtual

Tema 6  
Administración de  
la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

¿Cuál es el tamaño máximo que puede tener un proceso en un sistema de memoria virtual?

- El tamaño del proceso NO depende de la cantidad de memoria física disponible.
- Depende de la cantidad de memoria que podemos direccionar en ese sistema. → Tamaño de las direcciones lógicas.
- En un sistema de 32 bits:  
Con 32 bits podemos direccionar  $2^{32}$  posiciones de memoria, si estas son de un byte:  
Espacio direcciones lógicas =  $2^{32}$  bytes = 4GiB  
En un sistema de 32 bits los procesos pueden tener un tamaño máximo de 4GiB.
- En un sistema de 64 bits:  
Con 64 bits podemos direccionar  $2^{64}$  posiciones de memoria, si estas son de un byte:  
Espacio direcciones lógicas =  $2^{64}$  bytes  
En un sistema de 64 bits los procesos pueden tener un tamaño máximo de  $2^{64}$  bytes.



# Implementación de los sistemas de memoria virtual

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

Los sistemas de memoria virtual se pueden implementar basándose en:

- Paginación
- Segmentación
- Segmentación paginada

Es importante tener en cuenta que en los sistemas de memoria virtual siempre se hace referencia a dos espacios de direcciones:

- Espacio de direcciones lógicas o virtuales. Es aquel del que dispone cada proceso para su ejecución.
- Espacio de direcciones físicas o memoria física.

## Características

- Considera el espacio de direcciones lógicas dividido en **páginas** y la memoria física dividida en **marcos**.
- Todas las páginas son del mismo tamaño.
- **Los tamaños de un marco y de una página son siempre iguales.**
- En un sistema de paginación:
  - Cada proceso está formado por un determinado número de páginas.
  - Cada página de un proceso pueden cargarse en cualquier marco de memoria física disponible.
- **El proceso puede ejecutarse sin necesidad de que todas sus páginas cargadas en memoria física.**

# Carga de un proceso en un sistema de paginación

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

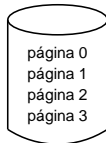
#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

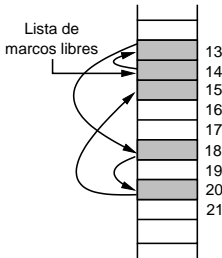
#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

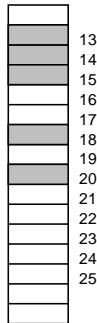
### Proceso nuevo



### Tabla de marcos



### Memoria física

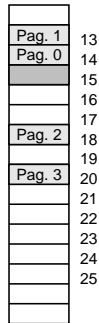


(a) Antes de asignarle la memoria a un proceso nuevo

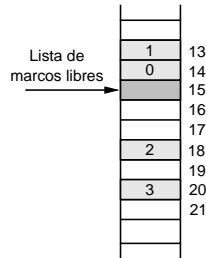
### Tabla de páginas

0	14
1	13
2	18
3	20

### Memoria física



### Tabla de marcos



(b) Después de asignarle la memoria

## Características

- Mantiene información sobre el número total de marcos de memoria física y su estado (libre u ocupado).
- Sólo existe una tabla de marcos en el sistema.
- ¿Cuántas entradas tiene una tabla de marcos? Tantas como marcos de memoria física tengamos.
- El tamaño de la tabla de marcos depende:
  - 1 el tamaño de la memoria física
  - 2 el tamaño del marco
  - 3 el tamaño de una entrada individual

$$\text{Tamaño tabla marcos} = N^{\circ} \text{ marcos} \times \text{Tamaño entrada} =$$
$$(\text{Memoria física} / \text{Tamaño marco}) \times \text{Tamaño entrada}$$

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

## Estructura de una entrada

- **Bit de estado** Indica si el marco está o no ocupado.
- **Página** Si el marco está ocupado, indica la página que lo ocupa.
- **Proceso** Identificador del proceso propietario de la página.
- **Contador** Número de procesos que comparten la página
- **Bit de bloqueo** Indica si el marco está o no bloqueado.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Características

- Mantiene información sobre la ubicación de las páginas del proceso en memoria física.
- Existe una por cada proceso activo del sistema.
- ¿Cuántas entradas tiene una Tabla de páginas? Tantas como páginas puede tener el proceso.
- El tamaño de una tabla de páginas depende:
  - 1 El espacio de direcciones lógicas del sistema.
  - 2 El tamaño de una página.
  - 3 El tamaño de una entrada individual.

Tamaño tabla páginas =  $N^{\circ}$  max. páginas  $\times$  Tamaño entrada =  
(Espacio direcciones lógicas / Tamaño página)  $\times$  Tamaño entrada

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Estructura de una entrada

- **Bit de presencia** Indica si la página está o no cargada en memoria.
- **Número de marco** Cuando la página está cargada en memoria física, indica el marco que ocupa.
- **Bit de modificación** Indica si la página ha sido modificada durante su estancia en memoria física.
- **Bit de referencia** Indica si la página ha sido referenciada recientemente.
- **Bits de protección** Indica la forma de acceso permitida para la página.
- **Bit de compartición** Indica si la página puede ser compartida por varios procesos.

Cuando la página no está cargada en memoria (bit de presencia a 0) el resto de la entrada se emplea para almacenar la dirección dentro de la memoria secundaria donde se encuentra.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Características

- La imagen del proceso se divide en segmentos.
- Los segmentos pueden tener tamaños diferentes.
- El tamaño de un segmento debe ser potencia de 2.
- Se establece un tamaño mínimo para el segmento.
- Los segmentos se cargan en los huecos disponibles de la memoria principal.
- Cada proceso debe disponer de una **tabla de segmentos**, que indica dónde están almacenados los segmentos en memoria principal.
- El control de las zonas de memoria libres y ocupadas se puede llevar a cabo mediante listas enlazadas o mapas de bits.



# Sistema segmentado

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

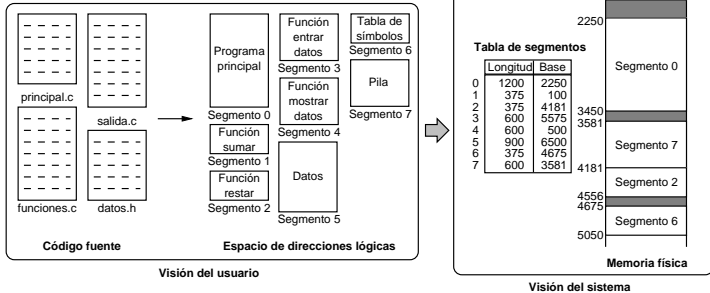
### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual



## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Características

- Cada proceso tiene su propia tabla de segmentos.
- La tabla de segmentos tiene una entrada por cada segmento del proceso.
- Cada entrada de la tabla de segmentos almacena:
  - La dirección de comienzo del segmento en memoria física.
  - Longitud del segmento.
  - Bits de protección del segmento.

# Traducción de direcciones lógicas a físicas en sistemas paginados

## Tema 6

### Administración de la memoria

#### Grado en Ingeniería Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

## Formato de la dirección lógica

- Tiene dos componentes: **Número de página** y **Desplazamiento**.
- El número de página se utiliza como índice para acceder a la TP del proceso, que nos dará el número de marco en el que está cargado la página.
- El desplazamiento indica una posición concreta dentro de una página.
- Para facilitar la traducción de direcciones las páginas suelen tener un tamaño que es una potencia de 2: Si el tamaño de una página es  $2^s$  unidades de almacenamiento, se necesitan  $s$  bits para direccionar una unidad de almacenamiento dentro de ésta.
- El número de marco y el desplazamiento se combinan para obtener la dirección física.

# Traducción de direcciones

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

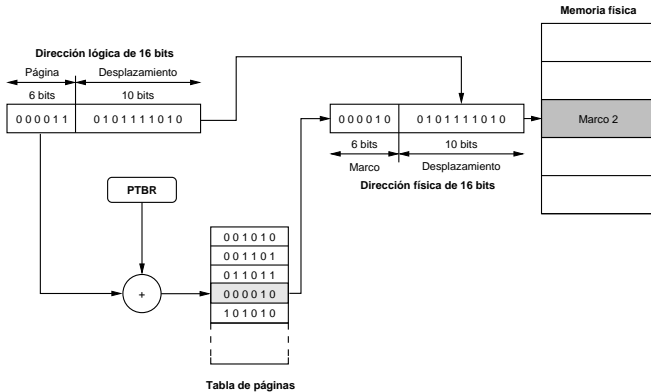
#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

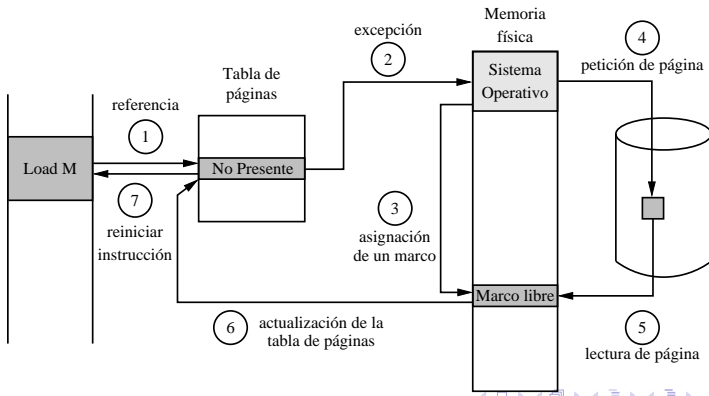
#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual



- Se produce un **fallo de página** cuando un proceso hace referencia a una página que no está cargada en memoria física.
- Para que el proceso pueda seguir ejecutándose habrá que traer la página a memoria física.



# Traducción de direcciones en sistemas segmentados

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

## Traducción de direcciones

- Las direcciones lógicas en un sistema de segmentación tienen dos componentes: **Número de segmento** y **Desplazamiento**.
- El número de segmento se utiliza como índice para consultar la tabla de segmentos, que contiene la dirección base de éste en memoria física.
- Esta dirección base se combina con el desplazamiento para obtener la dirección física a la que hace referencia el proceso.
- El formato de la dirección lógica viene determinado por el tamaño máximo que puede alcanzar un segmento en ese sistema.

# Traducción de direcciones en un sistema de segmentación

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

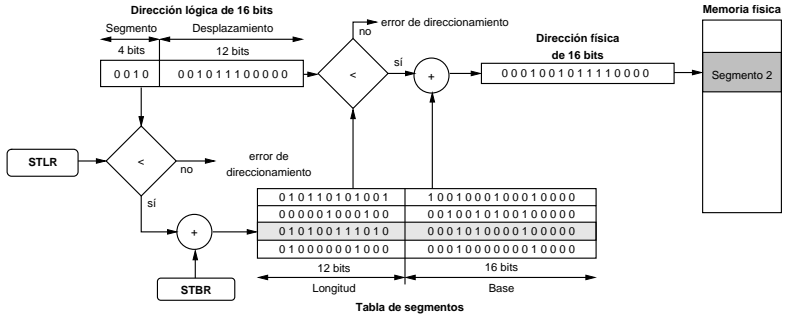
### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual



## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

- Existen sistemas que combinan la paginación y la segmentación.
- Consideran el espacio de direcciones lógicas dividido en segmentos, pero cada segmento se divide en páginas que pueden almacenarse en cualquier marco de memoria física.
- Las direcciones lógicas constan ahora de 3 componentes:
  - **Número de segmento** Se utiliza como índice para acceder a la tabla de segmentos.
  - **Número de página** Se utiliza como índice para acceder a la tabla de páginas del segmento.
  - **Desplazamiento** El número de marco obtenido de la TP se combina con el desplazamiento para obtener la dirección física deseada.
  - Se necesita una tabla de segmentos por proceso y una tabla de páginas por cada segmento del proceso.



# Traducción de direcciones en un sistema de segmentación paginada

## Tema 6

### Administración de la memoria

#### Grado en Ingeniería Informática

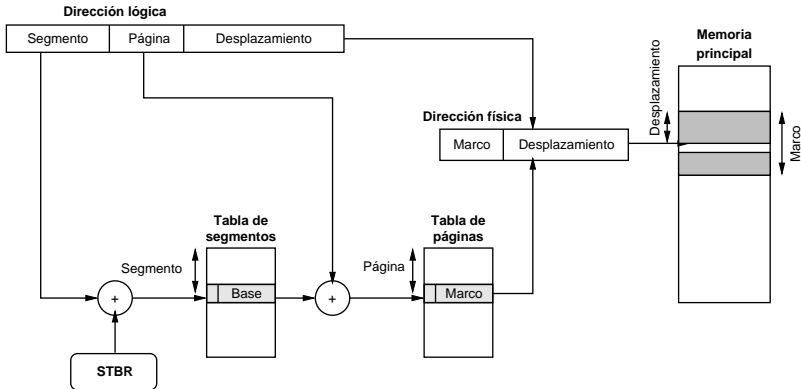
#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual



# Problemas de las tablas de páginas

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

Las tablas de páginas tal como las hemos visto hasta ahora presentan dos problemas fundamentales:

### Tiempo efectivo de acceso a memoria

En los sistemas de memoria virtual la traducción de direcciones lógicas a físicas se realiza en tiempo de ejecución, haciendo uso para ello de la TP. Cada acceso a memoria implica acceder primero a la TP y posteriormente a la dirección pedida. Por tanto, el tiempo de acceso efectivo a memoria se duplica.

### Tamaño de la tabla de páginas

Las TP convencionales pueden alcanzar un tamaño muy grande en los sistemas actuales y deben ser cargadas en una zona contigua de memoria.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## El problema

Si almacenamos la TP en memoria física, el tiempo de acceso efectivo a memoria se multiplica por 2.

## Soluciones

¿Qué tipos de almacenamiento se pueden utilizar para albergar la TP y cómo afectan al rendimiento?

- Registros de la CPU: Tiempo de acceso bajo, pero sólo podrían mantenerse TP con pocas entradas.
- TLB (*Translation Lookaside Buffer*): Se mantienen unas pocas entradas de la TP (las referenciadas más recientemente) en este tipo de memoria, el resto en memoria física.

# Traducción de direcciones cuando se utiliza TLB

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

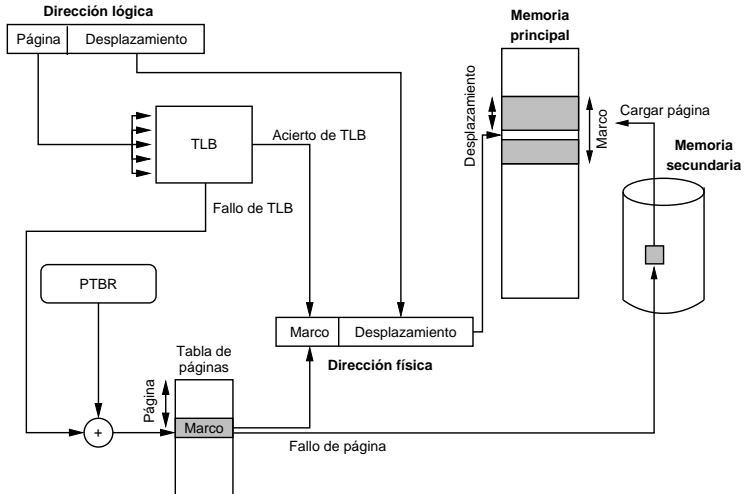
#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual



En un sistema de memoria virtual paginado el tiempo de acceso a memoria física es de 100 nanosegundos y el tiempo de acceso a una TLB es de 20 nanosegundos.

- ¿Cuál será el tiempo de acceso efectivo a memoria en un sistema que no emplea TLB?  
 $t_{\text{acceso efectivo}} = t_{\text{acceso a TP}} + t_{\text{acceso a Página}}$   
 $t_{\text{acceso efectivo}} = 100 \text{ ns} + 100 \text{ ns} = 200 \text{ ns}$
- ¿Cuál será el tiempo de acceso efectivo a memoria en un sistema que emplea TLB con una tasa de aciertos del 80 %?
  - Si acierta  $\rightarrow t_{\text{acierto}} = 1 \text{ acceso a TLB} + 1 \text{ acceso a Página} = 20 \text{ ns} + 100 \text{ ns} = 120 \text{ ns}$
  - Si falla  $\rightarrow t_{\text{fallo}} = 1 \text{ acceso a TLB} + 1 \text{ acceso a TP} + 1 \text{ acceso a Página} = 20 \text{ ns} + 100 \text{ ns} + 100 \text{ ns} = 220 \text{ ns}$
  - Tiempo acceso efectivo =  $\frac{\text{Porc. acierto}}{100} \times t_{\text{acierto}} + (1 - \frac{\text{Porc. acierto}}{100}) \times t_{\text{fallo}}$

$$t_{\text{acceso efectivo}} = 0,80 \times 120 \text{ ns} + 0,2 \times 220 \text{ ns} = 140 \text{ ns}$$

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## El problema

¿Qué tamaño tendrá una TP en un sistema en el que las direcciones lógicas son de 32 bits y las páginas de 2 KiB?

Espacio de direcciones lógicas del proceso =  $2^{32}$  bytes

Nº de entradas de una TP =  $2^{32} \text{ B} / 2^{11} \text{ B} = 2^{21}$  entradas

Si una entrada de la TP ocupa 32 bits:

Tamaño TP =  $2^{21}$  entradas  $\times$  4 B =  $2^{23}$  B = 8 MiB

¡Habría que asignar 8 MiB de memoria física contigua a cada TP!

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Solución 1: Tablas de páginas multinivel

- Consiste en dividir en páginas las TP.
- Dado que las TP son tan grandes, se dividen a su vez en páginas, para no tener que asignarles tanta cantidad de memoria física contigua.
- Al estar la TP dividida en páginas, algunas estarán cargadas en memoria física y otras no.
- Si dividimos en páginas la TP, necesitaremos otra TP para saber dónde está situada ésta. Es así como surgen varios niveles de paginación.
- La TP de primer nivel es la que mantiene la información de donde residen las páginas que forman la TP original.
- Las TP de segundo nivel apuntan a las páginas del proceso.
- Todas las TP (primer y segundo nivel) tienen el tamaño de una página.

# Tablas de páginas de un nivel y dos niveles

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

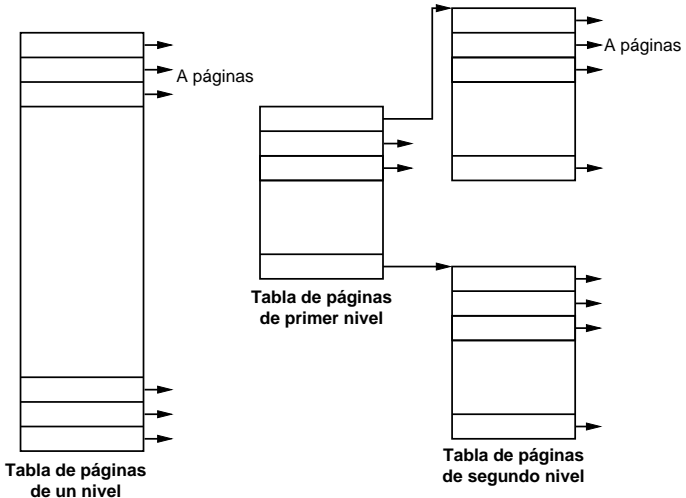
#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual





## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Direcciones lógicas con TP multinivel

- Cuando se utilizan TP multinivel de 2 niveles el formato de la dirección lógica es: (p1, p2, d)
- Las longitudes en bits de los componentes p1, p2 y d, dependerán de la longitud de la dirección lógica, el tamaño de la página y el tamaño de las entradas.
- El componente p1 de la dirección nos sirve para acceder a la entrada adecuada de la TP de primer nivel.
- El componente p2 sirve para acceder a la entrada adecuada de la TP de segundo nivel, que nos informará del marco donde está almacenada la página buscada.
- El desplazamiento nos permite acceder a una dirección concreta dentro de la página.

# Traducción de direcciones con TP de 2 niveles

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

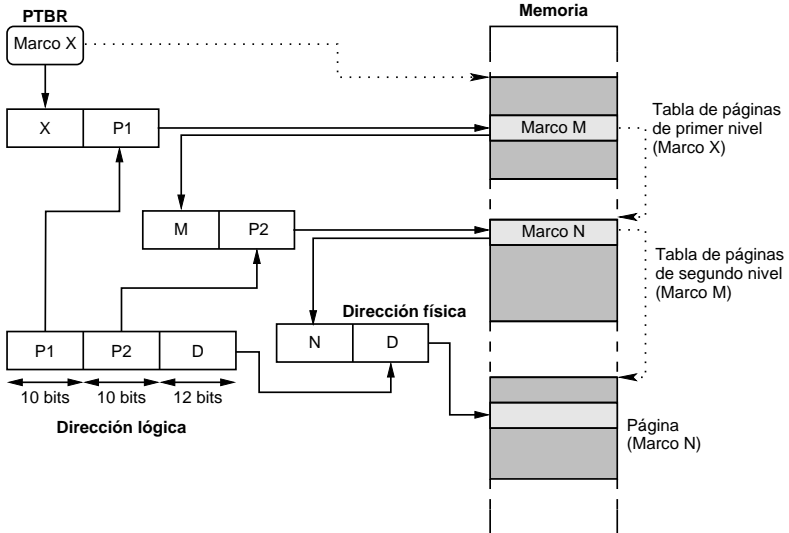
#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual



## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Solución 2: TP invertida

- Son una representación de la situación de la memoria física → Sólo hay una TP en el sistema.
- La TP invertida tendrá tantas entradas como marcos de memoria física tengamos en el sistema.
- Formato de la dirección lógica: (id\_proceso, página, desplazamiento).

## Ventaja

- Disminuye la cantidad de memoria que se necesita para almacenar la TP.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Inconvenientes

- Aumenta el tiempo de búsqueda de una entrada, ya que estarán ordenadas por direcciones físicas. Para aliviar este problema se utiliza una tabla de dispersión.
- La TP invertida sólo mantiene información sobre las páginas cargadas en memoria física. Para mantener información sobre todas las páginas se necesita un TP externa, que se mantiene en memoria secundaria.

# Funciones del gestor de memoria virtual

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

---

## Política de lectura

Demanda

Prepaginación

## Política de colocación

## Política de sustitución

Algoritmos básicos

*Buffering* de páginas

## Gestión del conjunto residente

Tamaño del conjunto residente

Alcance del reemplazamiento

## Política de limpieza

Demanda

Limpieza previa

## Control de la carga

---

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Concepto

Cuando hay que llevar una nueva página desde memoria secundaria a memoria principal, si no hay marcos libres, hay que sacar de la memoria una de las páginas cargadas para sustituirla por la nueva.

## Aspectos a tener en cuenta

- El número de marcos asignados a cada proceso activo.
- Conjunto de páginas candidatas a la sustitución.
- Elección de la página a sustituir.

## Objetivo

Minimizar el número de fallos de página.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Algoritmo óptimo

- Selecciona la página que tardará más tiempo en ser referenciada de nuevo. Por tanto, garantiza el menor número de fallos de página para un número de marcos fijo.
- Es un algoritmo que no se puede implementar, ya que requeriría un conocimiento exacto de las páginas que va a referenciar el proceso en el futuro.
- Se utiliza a fin de comparar los algoritmos de sustitución entre sí, los que den resultados más cercanos al óptimo son los mejores.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Algoritmo FIFO

- Selecciona para ser sustituida la página que lleva más tiempo en memoria.
- Presenta la **anomalía de Belady**: La tasa de fallos de página aumenta al aumentar el número de marcos asignados al proceso.

## Algoritmo LRU

- Reemplaza la página que hace más tiempo que no se referencia.
- No presenta la anomalía de Belady.
- Da resultados parecidos al del algoritmo óptimo.
- El llevar el control del orden en que se van referenciando las páginas produce mucha sobrecarga de trabajo.



## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Algoritmo del reloj

- Utiliza el **bit de referencia** que se asocia a cada marco, para saber si la página ha sido referenciada recientemente.
- Cuando una página se carga en memoria se pone el bit de referencia a 1.
- Si se hace referencia posteriormente a ella, se pone a 1, si no lo está ya.
- Elige para ser sustituida la primera página que encuentra con el bit de referencia a 0.
- Considera el conjunto de páginas candidatas a la sustitución como una lista circular, que recorrerá hasta encontrar una con el bit de referencia a 0. Si encuentra una con el bit de referencia a 1, lo pone a 0.

## Algoritmo del reloj mejorado: Tipos de páginas

- Hace uso de dos bits, el de referencia y el de modificación. Esto permite clasificar las páginas en 4 tipos:
  - ➊ Páginas (0,0) → No referenciada recientemente, no modificada.
  - ➋ Páginas (0,1) → No referenciada recientemente, modificada.
  - ➌ Páginas (1,0) → Referenciada recientemente, no modificada.
  - ➍ Páginas (1,1) → Referenciada recientemente, modificada.

## Algoritmo del reloj mejorado: Funcionamiento

- Intenta seleccionar páginas que no han sido referenciadas recientemente y que no han sido modificadas.
  - ➊ Busca páginas (0,0), sustituye la primera que encuentra.
  - ➋ Si no encuentra ninguna, recorre de nuevo la lista circular buscando páginas (0,1), seleccionando la primera que encuentra. Durante esta pasada modifica los bits de referencia de 1 a 0.
  - ➌ Si todavía no ha encontrado ninguna, vuelve al paso 1.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Almacenamiento intermedio de páginas (*Buffering*)

- Los algoritmos de sustitución que producen buenos resultados introducen mucha sobrecarga en el sistema.
- Otra alternativa es utilizar un algoritmo simple como FIFO junto con el **almacenamiento intermedio de páginas**.
- Se reserva una zona de memoria para mantener temporalmente las páginas seleccionadas por el algoritmo de sustitución. Así, si se selecciona una página que va a ser referenciada próximamente, no hay que traerla desde memoria secundaria.

# Almacenamiento intermedio de páginas: Funcionamiento

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

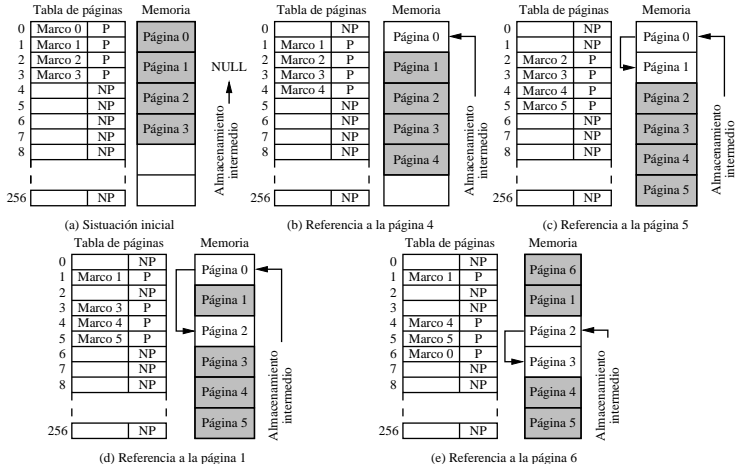
### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual



## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

En la sustitución de páginas se encuentran involucrados varios aspectos:

- Tamaño del conjunto residente
- Alcance de la sustitución
- Estrategia de sustitución → Ya estudiada

El estudio conjunto de los dos primeros aspectos se conoce como **gestión del conjunto residente**.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Tamaño del conjunto residente

- **Asignación fija:** Se asigna a cada proceso un número fijo de marcos para su ejecución.
- **Asignación variable:** El tamaño del conjunto residente del proceso varía en función de sus necesidades. Un proceso que produce muchos fallos de página verá incrementado el tamaño de su conjunto residente. Si produce pocos fallos de página, lo verá reducido.

La política de asignación variable es la más flexible, pero exige que el sistema valore el comportamiento de los procesos y sus necesidades de memoria.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Alcance de la sustitución

- Tiene en cuenta cuál es el conjunto de páginas candidatas a la sustitución. Hay dos posibilidades:
  - **Alcance global:** Son candidatas las páginas de cualquier proceso.
  - **Alcance local:** Sólo son candidatas las páginas del proceso que produjo el fallo de página.

El alcance de la sustitución y el tamaño del conjunto residente están relacionados, por lo que sólo son posibles 3 combinaciones:

## Asignación fija, alcance local

- Hay que establecer el algoritmo de sustitución y el tamaño del conjunto residente de los procesos.

## Asignación variable, alcance global

- Sólo hay que establecer el algoritmo de sustitución. El tamaño del conjunto residente se va adaptando a las necesidades de los procesos.
- Fácil de implementar, pero puede producir **hiperpaginación**.



## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Asignación variable, alcance local

- Se comporta como una estrategia de asignación fija y alcance local a intervalos.
- Hay que determinar el tamaño del conjunto residente de cada proceso, los intervalos de cambio y los criterios para modificar el tamaño del conjunto residente.
- Estudiaremos dos estrategias de este tipo:
  - **Modelo del conjunto de trabajo**
  - **Frecuencia de fallos de página**

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Modelo del conjunto de trabajo

- Está basado en el **principio de localidad**: los procesos, durante períodos cortos de tiempo, hacen referencia a un conjunto de direcciones agrupadas. En períodos más largos estos conjuntos de direcciones cambian.
- Se basa en la idea: la cantidad de almacenamiento que requiere un proceso puede estimarse basándose en su comportamiento en el pasado reciente.
- Se puede definir el **conjunto de trabajo** de un proceso como el conjunto de páginas a las que hace referencia activamente el proceso.

## Conjunto de trabajo

- El conjunto de trabajo  $W$  es función del tiempo y de un parámetro  $\Delta$  (**ventana del conjunto de trabajo**).
- $W(t, \Delta)$  es el conjunto de páginas que ha referenciado el proceso en las últimas  $\Delta$  unidades de tiempo.
- La variable  $\Delta$  es una ventana de tiempo durante la cual se observa el proceso:

$$W(t, \Delta) \subseteq W(t, \Delta + 1)$$

# Variación del conjunto de trabajo con $\Delta$

## Tema 6

### Administración de la memoria

#### Grado en Ingeniería Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

Referencias a páginas
12
27
33
16
12
44
33
12
33
44
44
12
27
12
33

Tamaño de la ventana, $\Delta$				
2	3	4	5	
12	•	12	•	•
12 27	•	12 27	•	•
27 33	•	12 27 33	•	•
33 16	•	12 27 33 16	•	•
16 12	•	27 33 16 12	•	•
12 44	•	33 16 12 44	•	•
44 33	•	16 12 44 33	•	•
33 12	•	44 33 12	•	•
12 33	•	44 12 33	•	•
33 44	•	12 33 44	•	•
44	•	12 33 44	•	•
44	•	12 33 44	•	•
44 12	•	33 44	•	•
12 27	•	44 12 27	•	•
27 12	•	44 27 12	•	•
12 33	•	27 12 33	•	•

- Cuanto mayor es el tamaño de  $\Delta$ , mayor es también el conjunto de trabajo.
- El tamaño de la ventana influye en la tasa de fallos de página. Al aumentar  $\Delta$ , disminuye el número de fallos de página.

# Variación del conjunto de trabajo con el tiempo

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

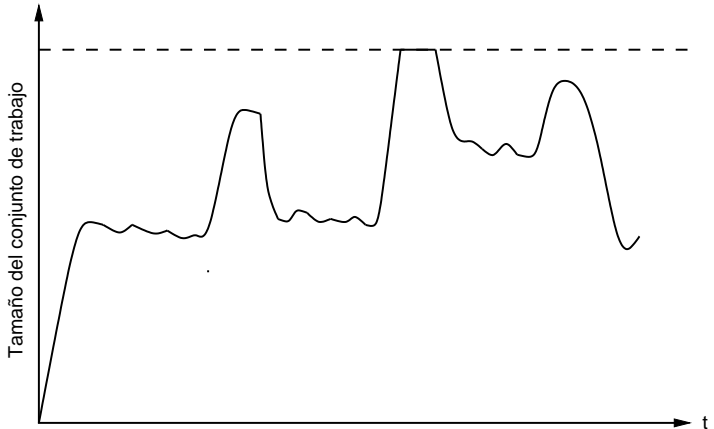
#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual



- $1 \leq |W(t, \Delta)| \leq \min\{\Delta, N\}$

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

#### Esquemas de asignación contigua

#### Esquemas de asignación no contigua y memoria virtual

#### Problemas de las tablas de páginas convencionales

#### Funciones del gestor de memoria virtual

## Inconvenientes

- Plantea problemas de implementación: ¿Cuál debe ser el tamaño de  $\Delta$ ?
- Produce mucha sobrecarga de trabajo en el sistema porque evalúa el conjunto residente cada vez que se hace una referencia a memoria.

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

## Características y funcionamiento

- Utiliza la tasa de fallos de página para controlar el tamaño del conjunto residente.
- El razonamiento que sigue es: si la tasa de fallos de página de un proceso está por debajo de un valor umbral  $F$ , se le podría disminuir el tamaño de su conjunto residente sin que aumentara notablemente su tasa de fallos de página. Por el contrario, si la tasa de fallos de página de un proceso está por encima de un valor umbral, se debería aumentar el número de marcos asignados.
- Ventaja: Sólo ajusta el tamaño del conjunto residente cuando se produce un fallo de página.

# Comportamiento del algoritmo de FFP

## Tema 6

### Administración de la memoria

Grado en  
Ingeniería  
Informática

#### Introducción

Esquemas de  
asignación  
contigua

Esquemas de  
asignación no  
contigua y  
memoria virtual

Problemas de las  
tablas de páginas  
convencionales

Funciones del  
gestor de  
memoria virtual

Ref. a pág.	Conjunto residente	Fallo de pág.	Entra	Sale
1	$1^1$	•	1	-
4	$1^0 4^1$	•	4	-
5	$1^0 4^0 5^1$	•	5	-
3	$1^0 4^0 5^0 3^1$	•	3	-
3	$1^0 4^0 5^0 3^1$			
3	$1^0 4^0 5^0 3^1$			
4	$1^0 4^1 5^0 3^1$			
2	$4^0 3^0 2^1$	•	2	1 5
3	$4^0 3^1 2^1$			
5	$4^0 3^0 2^0 5^1$	•	5	-
3	$4^0 3^1 2^0 5^1$			
5	$4^0 3^1 2^0 5^1$			
1	$3^0 5^0 1^1$	•	1	4 2
4	$3^0 5^0 1^0 4^1$	•	4	-