Metodología de la Programación

Tema 3. Punteros y memoria dinámica

Andrés Cano Utrera
(acu@decsai.ugr.es)
Departamento de Ciencias de la Computación e I.A.

Curso 2022-2023

Contenido del tema

Parte I: Tipo de Dato Puntero

Contenido del tema

Parte II: Gestión Dinámica de Memoria

Motivación

- En muchos problemas es difícil saber en tiempo de compilación la cantidad de memoria que se va a necesitar para almacenar los datos que se requieren para dicho problema.
- Este problema tendría solución si pudiéramos definir variables cuyo espacio se reserva en tiempo de ejecución.
- La memoria dinámica permite justamente eso, crear variables en tiempo de ejecución.
- La gestión de esta memoria es responsabilidad del programador.
- Para poder realizar la gestión es necesario el uso de variables tipo puntero.

Parte I

Tipo de Dato Puntero

Contenido del tema

Definición de una variable tipo puntero

Tipo de dato puntero

Tipo de dato que contiene la dirección de memoria de otro dato.

- Incluye una dirección especial llamada *dirección nula* que es el valor 0.
- En C esta dirección nula se suele representar por la constante `NULL` (definida en `stdlib.h` en C o en `cstdlib` en C++).

Sintaxis

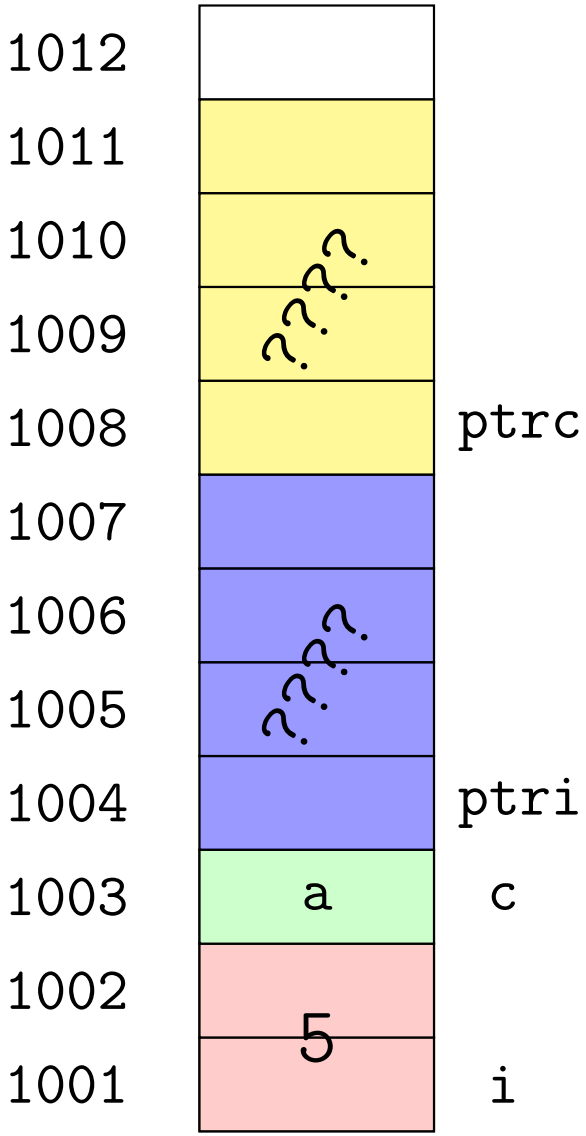
```
<tipo> *<identificador>;
```

- `<tipo>` es el tipo de dato cuya dirección de memoria contiene `<identificador>`
- `<identificador>` es el nombre de la variable puntero.

Ejemplo: Declaración de punteros

```
1
2     ..................
3
4     // Se declara variable de tipo entero
5     int i=5;
6
7     // Se declara variable de tipo char
8     char c='a';
9
10    // Se declara puntero a entero
11    int * ptri;
12
13    // Se declara puntero a char
14    char * ptrc;
15
16    ..................
17
```

Ejemplo: Declaración de punteros




```
// Se declara la variable de tipo entero
int i=5;
// Se declara la variable de tipo char
char c='a';
// Se declara puntero a entero
int * ptri;
// Se declara el puntero a char
char * ptrc;
```

Se dice que

- `ptri` es un *puntero a enteros*
- `ptrc` es un *puntero a caracteres*.

¡Nota!

Cuando se declara un puntero se reserva memoria para albergar la dirección de memoria de un dato, no el dato en sí.

¡Nota!

El tamaño de memoria reservado para albergar un puntero es el mismo independientemente del tipo de dato al que 'apunte' (será el espacio necesario para albergar una dirección de memoria, 32 ó 64 bits, dependiendo del tipo de procesador usado).

Contenido del tema

Contenido del tema

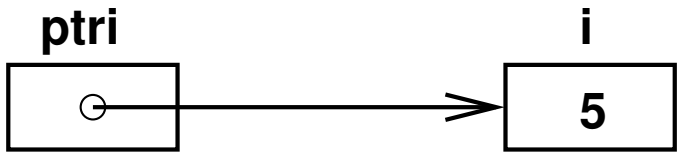
Operador de dirección &

Operador de dirección &

&<var> devuelve la dirección de la variable <var> (o sea, un puntero).

- El operador & se utiliza habitualmente para asignar valores a datos de tipo puntero.

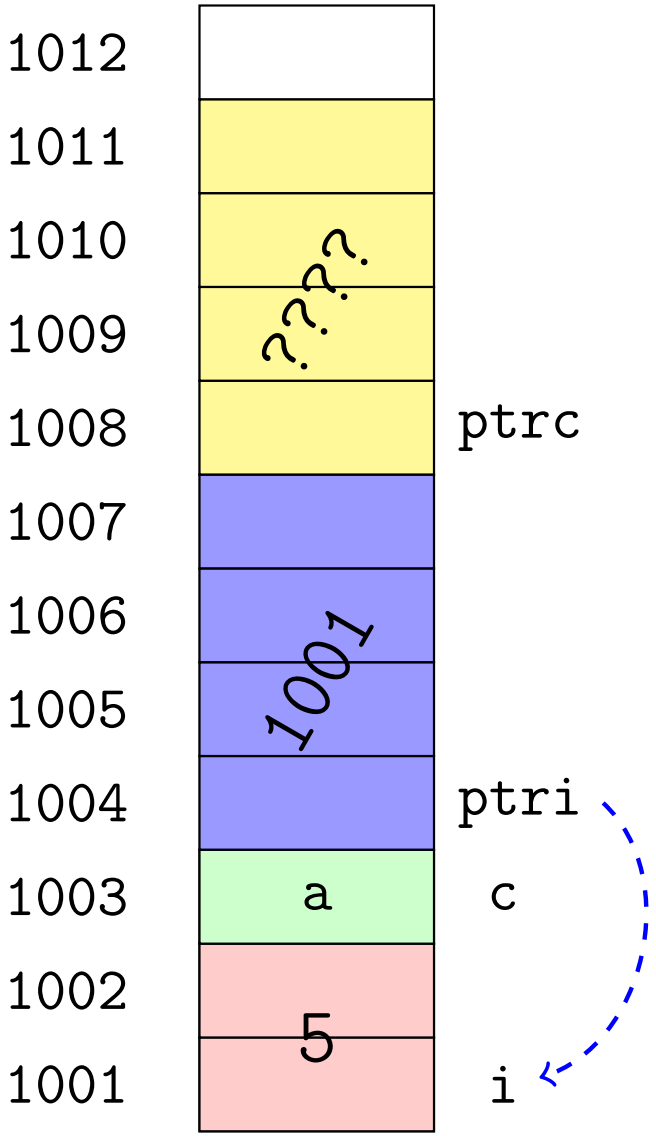
```
int i = 5, *ptri;
ptri = &i;
```



- `i` es una variable de tipo entero, por lo que la expresión `&i` es la dirección de memoria donde comienza un entero y, por tanto, puede ser asignada al puntero `ptri`.

Se dice que `ptri` *apunta* o *referencia* a `i`.

Operador de dirección &




```
// Se declara la variable de tipo entero
int i=5;
// Se declara la variable de tipo char
char c='a';
// Se declara puntero a entero
int * ptri;
// Se declara el puntero a char
char * ptrc;
// ptri apunta a la variable i
ptri=&i;
```

Contenido del tema

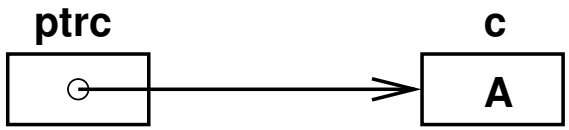
Operador de indirección *

Operador de indirección *

*<puntero> devuelve el valor del objeto apuntado por <puntero>.

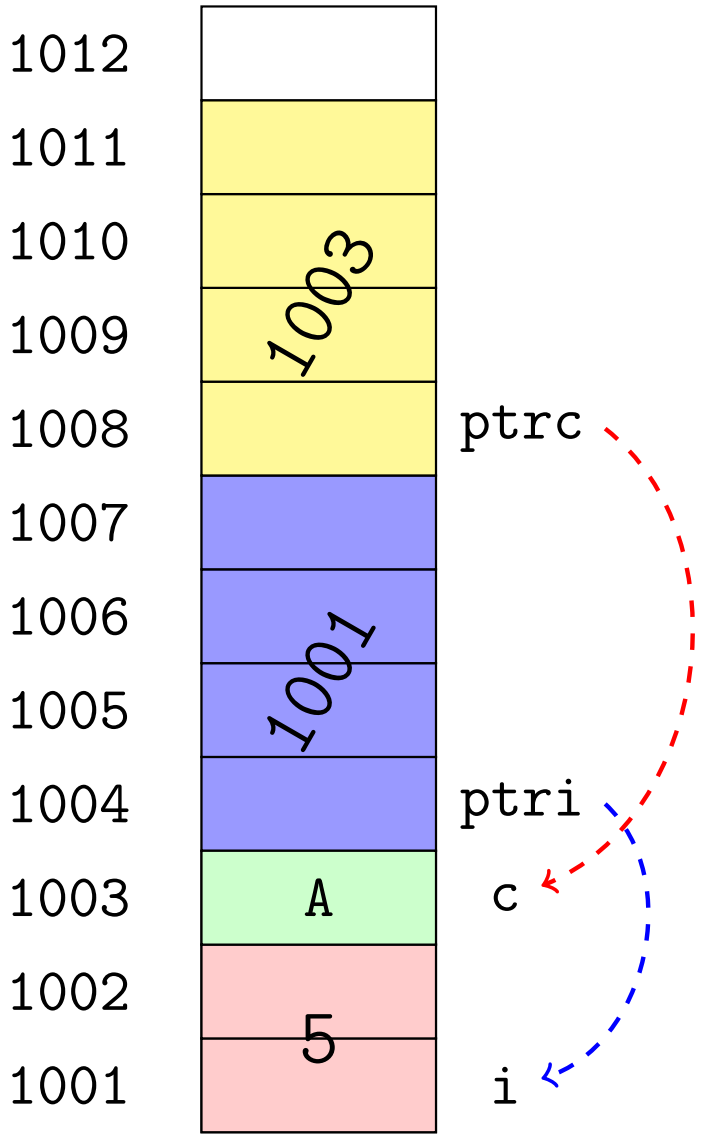
- Ejemplo:

```
char c, *ptrc;
..............
// Hacemos que el puntero apunte a c
ptrc = &c;
// Cambiamos contenido de c mediante ptrc
*ptrc = 'A'; // equivale a c = 'A'
```



- ptrc es un puntero a carácter que contiene la dirección de c, por tanto, *ptrc es el objeto apuntado por el puntero, es decir, c.

Operador de indirección *




```
// Se declara la variable de tipo entero
int i=5;
// Se declara la variable de tipo char
char c='a';
// Se declara puntero a entero
int * ptri;
// Se declara el puntero a char
char * ptrc;
// ptri apunta a la variable i
ptri=&i;
// ptrc apunta a c
ptrc=&c;
//cambia contenido con ptrc
*ptrc='A';
```

Contenido del tema

Asignación e inicialización de punteros

Inicialización de un puntero

Un puntero se puede inicializar con la dirección de una variable.

```
int a;
int *ptri = &a;
```

Asignación de punteros

A un puntero se le puede asignar una dirección de memoria de otra variable. La única dirección de memoria que se puede asignar directamente (valor literal) a un puntero es la dirección nula.

```
int *ptr = 0;
```

```
int *ptr = nullptr; // Válido desde C++ 11
```

Asignación e inicialización de punteros

- La asignación solo está permitida entre punteros de igual tipo.

```
int a=7;
int *p1=&a;
char *p2=&a;   //ERROR: char *p2 = reinterpret_cast<char*>(&a);
int *p3=p1;
```

```
asignacionPunteros.cpp: En la función 'int main()':
asignacionPunteros.cpp:8:14: error: no se puede convertir 'int*' a 'char*' en la inicialización
```

Asignación e inicialización de punteros

- Un puntero debe estar correctamente inicializado antes de usarse

```
int a=7;
int *p1=&a, *p2;
*p1 = 20;
*p2 = 30; // Error
```

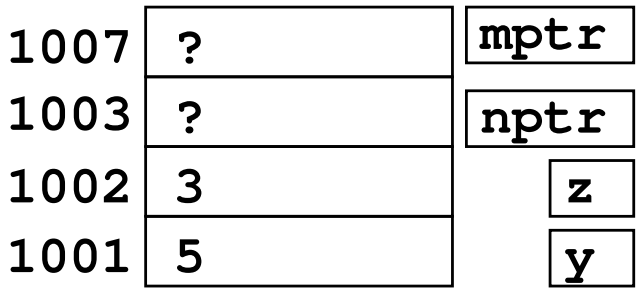
```
Violación de segmento (`core' generado)
```

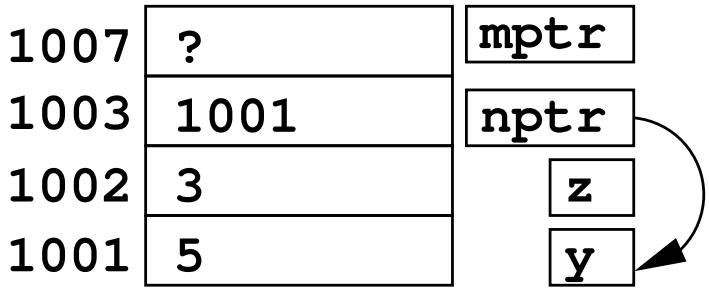
- Es conveniente inicializar los punteros en la declaración, con el puntero nulo: `nullptr`

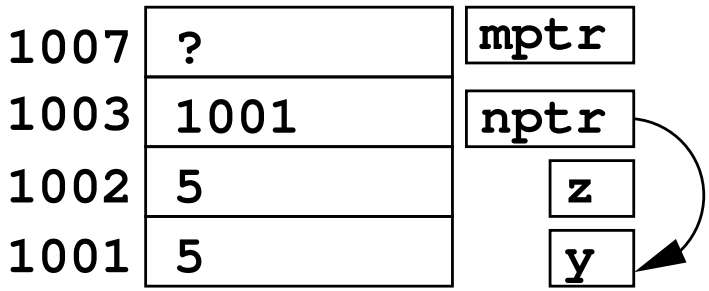
```
int *p2 = nullptr;
```

Ejemplo

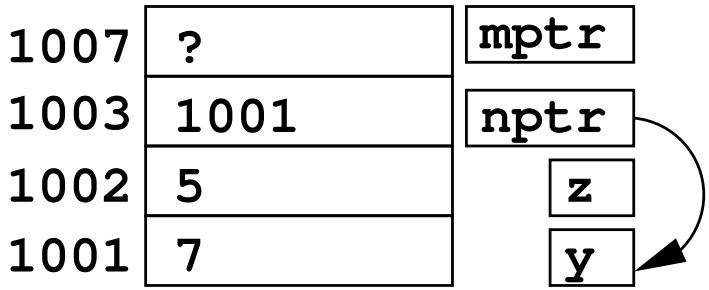
```
int main() {
  char y = 5, z = 3;
  char *nptr;
  char *mptr;

  nptr = &y;

  z = *nptr;
```



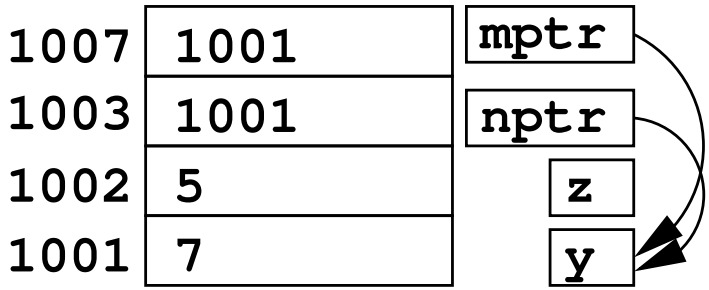




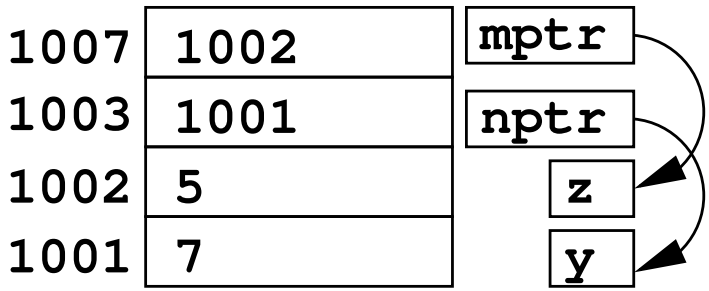
```
*nptr = 7;
```



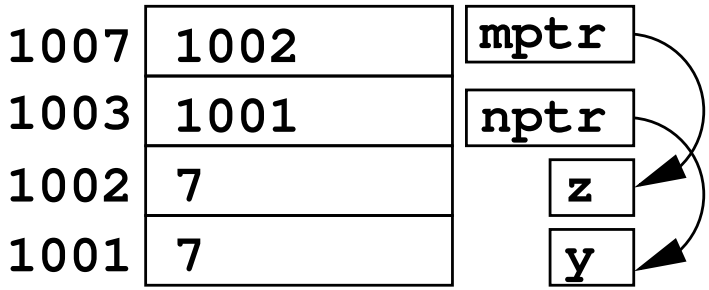

```
mptr = nptr;
```



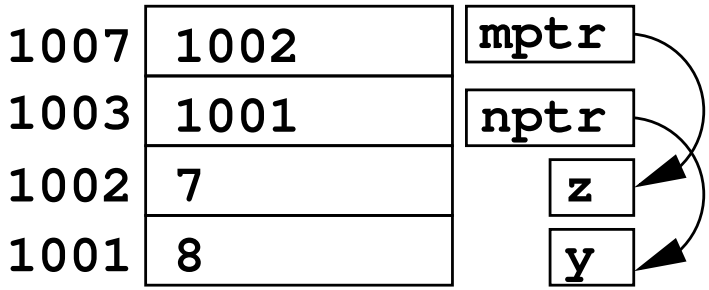

```
mptr = &z;
```



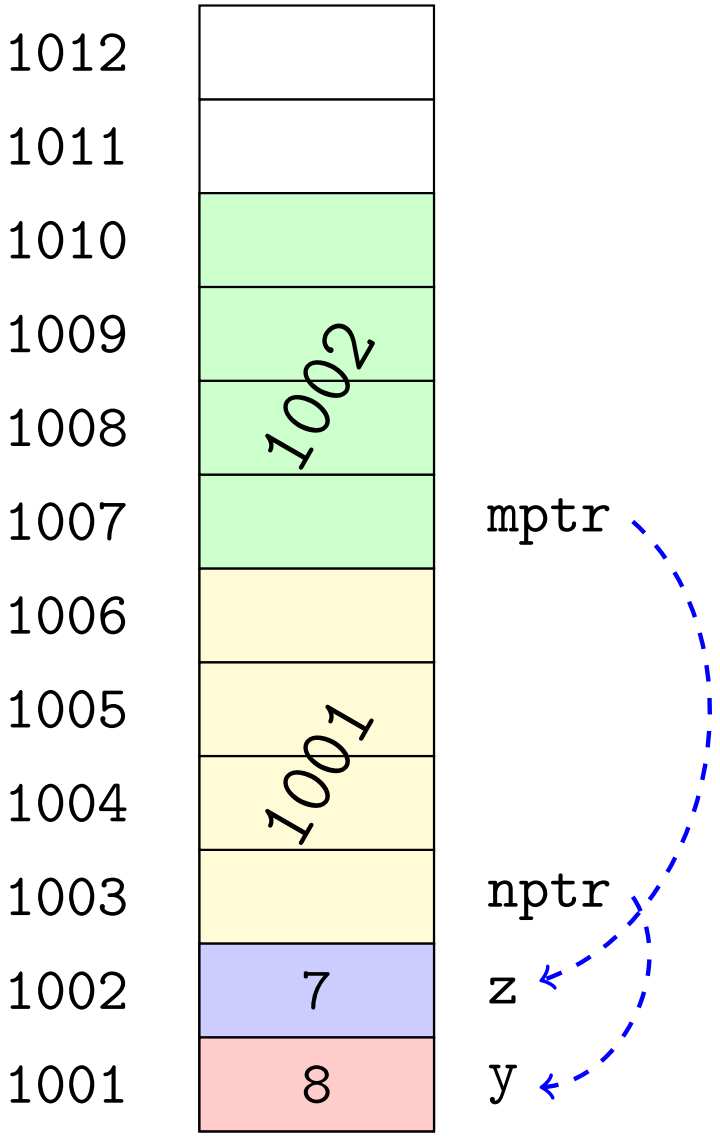
```
   *mptr = *nptr;
```




```
   y = (*mptr) + 1;
}
```



Ejemplo anterior animado




```
char y = 5, z = 3;
char * nptr;
char * mptr;
nptr = &y;
z = *nptr;
*nptr=7;
mptr = nptr;
mptr = &z;
*mptr = *nptr;
y = (*mptr)+1;
```

Contenido del tema

Operadores relacionales

Operadores relacionales

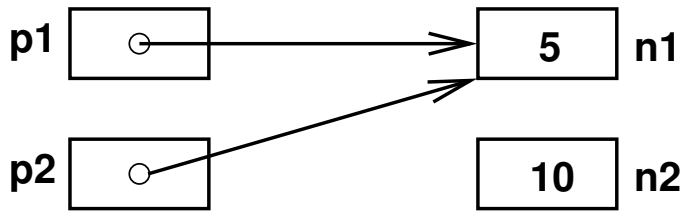
Los operadores relacionales <, >, <=, >=, !=, == son aplicables a punteros.
El valor del puntero (la dirección que almacena) se comporta como un número entero.

Operadores != y ==

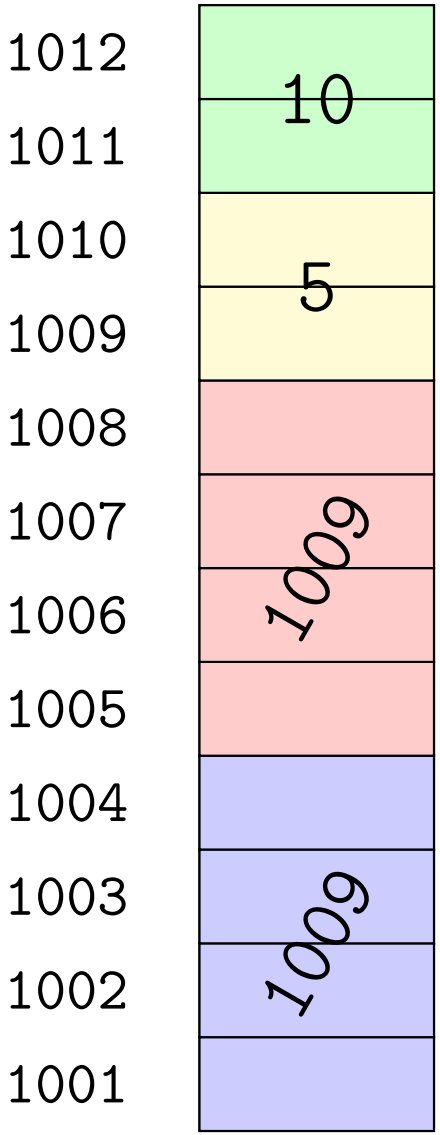
- $p1 == p2$: comprueba si ambos punteros apuntan a la misma dirección de memoria (ambas variables guardan como valor la misma dirección)
- $*p1 == *p2$: comprueba si coincide lo almacenado en las direcciones apuntadas por ambos punteros

Operadores relacionales

```
int *p1, *p2, n1 = 5, n2 = 10;
p1 = &n1;
p2 = p1;
if (p1 == p2)
    cout << "Punteros iguales\n";
else
    cout << "Punteros diferentes\n";
if (*p1 == *p2)
    cout << "Valores iguales\n";
else
    cout << "Valores diferentes\n";
```



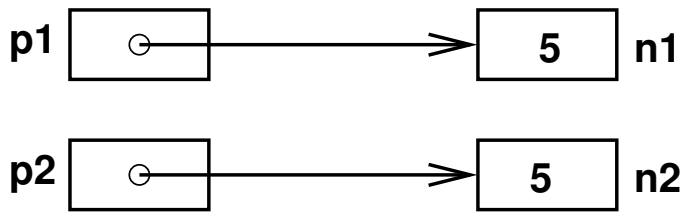
Operadores relacionales: Ejemplo anterior animado



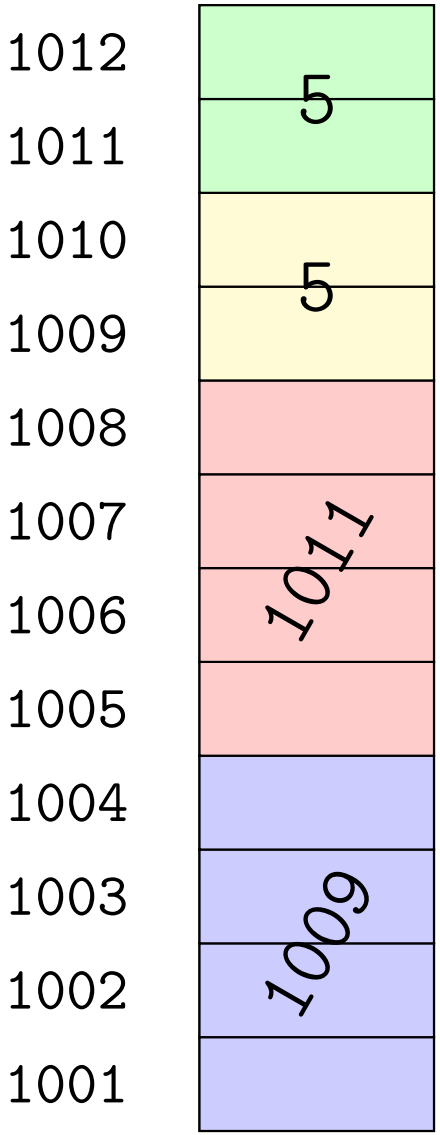

```
// Se declaran las variables
int *p1, *p2, n1=5, n2=10;
// Se asignan los punteros
p1=&n1;
p2=p1
// Se hacen las operaciones sobre ellos
if (p1 == p2)
    cout << "Punteros iguales "<< endl;
else
    cout << "Punteros distintos "<< endl;
if(*p1 == *p2)
    cout << "Valores iguales"<< endl;
else
    cout << "Valores diferentes "<< endl;
```

Operadores relacionales: otro ejemplo

```
int *p1, *p2, n1 = 5, n2 = 5;
p1 = &n1;
p2 = &n2;
if (p1 == p2)
    cout << "Punteros iguales\n";
else
    cout << "Punteros diferentes\n";
if (*p1 == *p2)
    cout << "Valores iguales\n";
else
    cout << "Valores diferentes\n";
```



Operadores relacionales: otro ejemplo (ej. animado)




```
// Se declaran las variables
int *p1, *p2, n1=5, n2=5;
// Se asignan los punteros
p1=&n1;
p2=&n2;
// Se hacen las operaciones sobre ellos
if (p1 == p2)
    cout << "Punteros iguales "<< endl;
else
    cout << "Punteros distintos "<< endl;
if(*p1 == *p2)
    cout << "Valores iguales"<< endl;
else
    cout << "Valores diferentes "<< endl;
```

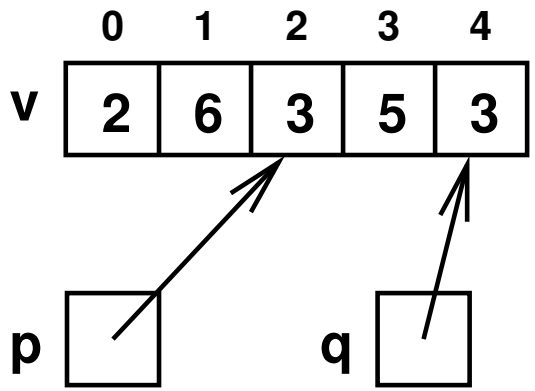
Operadores relacionales

Operadores <, >, <=, >=

Permiten conocer la posición relativa de un objeto respecto a otro en la memoria.

- Solo son útiles si los dos punteros apuntan a objetos cuyas posiciones relativas guardan relación (por ejemplo, elementos del mismo array).

```
p = &v[2];
q = &v[4];
```



p==q	false
p!=q	true
*p==*q	true
p<q	true
p>q	false
p<=q	true
p>=q	false

Contenido del tema

Operadores aritméticos

Operadores aritméticos +, -, ++, −, += y -=

Al sumar o restar un número N al valor del puntero, éste se incrementa o decrementa un determinado número de posiciones, en función del tipo de dato apuntado, según la fórmula:

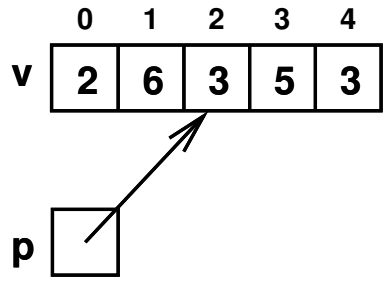
$$N * sizeof(tipobase)$$

- Esto proporciona una forma rápida de **acceso a los elementos de un array**, aprovechando que todos sus elementos se almacenan en posiciones sucesivas.
- Al usar estos operadores, el valor del puntero (la dirección que almacena) se comporta **CASI como un número entero**.

Operadores aritméticos: ejemplos

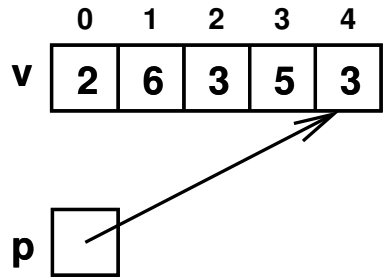
- Situación inicial:

```
int v [5] = {2, 6, 3, 5, 3};
int *p;
p = &v[2];
cout << *(p+1);
```



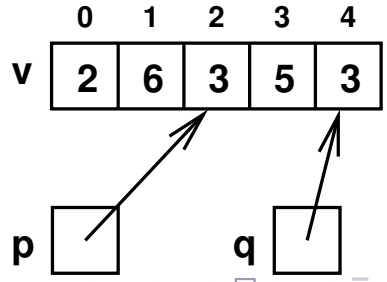
- Si sumamos 2 a p:

```
p+=2; // p=p+2
```



- ¿Qué devuelve q - p?

```
p = &v[2];
q = &v[4];
```



Contenido del tema

Punteros y arrays

Los punteros y los arrays están estrechamente vinculados

Al declarar un array `<tipo> <identif>[<n_elem>];`

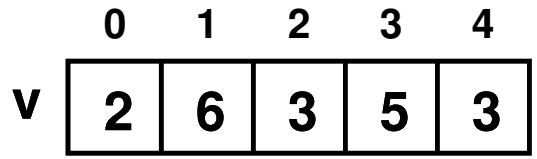
1. Se reserva memoria para almacenar `<n_elem>` elementos de tipo `<tipo>`.
2. Se crea un puntero CONSTANTE llamado `<identif>` que apunta a la primera posición de la memoria reservada.

Por tanto, el `identificador` de un array, es un `puntero` CONSTANTE a la dirección de memoria que contiene el primer elemento. Es decir, `v` es igual a `&(v[0])`.

Usar arrays como punteros

Podemos usar arrays como punteros al primer elemento.

```
int v[5] = {2, 6, 3, 5, 3};
cout << *v << endl;
cout << *(v+2) << endl;
```



- `*v` es equivalente a `v[0]` y a `*(&v[0])`.
- `*(v+2)` es equivalente a `v[2]` y a `*(&v[2])`.

Usar punteros como arrays

Podemos usar un puntero a un elemento de un array como un array que comienza en ese elemento

- De esta forma, los punteros pueden poner subíndices y utilizarse como si fuesen arrays: `v[i]` es equivalente a `ptr[i]`.

```
int v[5] = {2, 6, 3, 5, 3};
int *p;
p=&(v[1]);        cout << *p << endl;
p=v+2;            cout << *p << endl;
p++;              cout << *p << endl;
p=&(v[3])-2;      cout << p[0] << p[2] << endl;
```

Punteros y arrays: ejemplo

```
// Se declara el array
int v[5]={2, 6, 3, 5, 3};
// Se crea el puntero
int *p;
// Se asigna
p=&(v[1]);
cout << *p << endl;                    ———— 6
p=v+2;
cout << *p << endl;                    ———— 3
p++;
cout << *p << endl;                    ———— 5
p=&(v[3])-2;
cout << p[0] << " " << p[2] << endl;   ———— 6  5
```

Algunos Ejemplos I

1.
```
int v[3]={1,2,3};
int *p;
p = v;              // v como int*
cout << *p;         // Escribe 1
cout << p[1];       //Escribe 2
v = p;              //ERROR
```

2.
```
void CambiaSigno (double *v, int n){
    for (int i=0; i<n; i++)
        v[i]=-v[i];
}
int main(){
    double m[5]={1,2,3,4,5};
    CambiaSigno(m,5);
}
```

Algunos Ejemplos II

3. Recorrer e imprimir los elementos de un array:

```
int v[10] = {3,5,2,7,6,7,5,1,2,5};
for (int i=0; i<10; i++)
     cout << v[i] << endl;
```

4. Recorrer e imprimir los elementos de un array:

```
int v[10] = {3,5,2,7,6,7,5,1,2,5};
int *p=v;
for (int i=0; i<10; i++)
     cout << *(p++) << endl;
```

Algunos Ejemplos III

5. Recorrer e imprimir los elementos de un array:

```
int v[10] = {3,5,2,7,6,7,5,1,2,5};

for (int *p=v; p<v+10; ++p)
     cout << *p << endl;
```

Contenido del tema

Punteros y cadenas

Cadena de caracteres

Según vimos en el tema anterior, una cadena de caracteres estilo C es un array de tipo `char` de un tamaño determinado acabado en un carácter especial, el carácter `'\0'` (carácter nulo), que marca el fin de la cadena.

Literal cadena de caracteres

También vimos que un literal de cadena de caracteres es un array constante de `char` con un tamaño igual a su longitud más uno.

`"Hola"` de tipo `const char[5]`

`"Hola mundo"` de tipo `const char[11]`

Realmente, C++ considera que un literal cadena de caracteres es de tipo `const char *`

Ejemplos de uso

Calcular longitud cadena

```
const char *cadena="Hola"; // Se reservan 5
const char *p;
int i=0;
for(p=cadena;*p!='\0';++p)
    ++i;
cout << "Longitud: " << i << endl;
```

Eliminar los primeros caracteres de la cadena

```
const char *cadena="Hola Adios";
cout << "Original: " << cadena << endl
     << "Sin la primera palabra: " << cadena+5;
```

Inicialización de cadenas

Notación de corchetes

- Se copia el contenido del literal en el array.
- Es posible modificar caracteres de la cadena.

```
char cad1[]="Hola"; // Copia literal "Hola" en cad1
cad1[2] = 'b';   // cad1 contiene ahora "Hoba"
```

Notación de punteros

- Copia la dirección de memoria de la constante literal en el puntero.
- No es posible modificar caracteres de la cadena.

```
const char *cad2="Hola"; // Se asignan los punteros
cad2[2] = 'b'; // Error de compilación
```

Contenido del tema

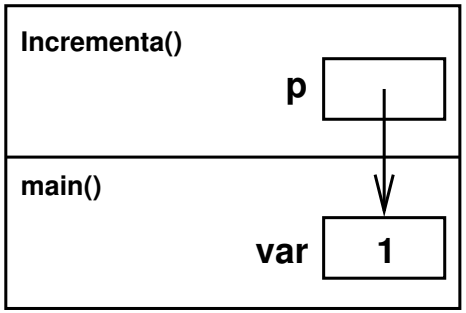
Punteros y funciones I

Un puntero puede ser un argumento de una función

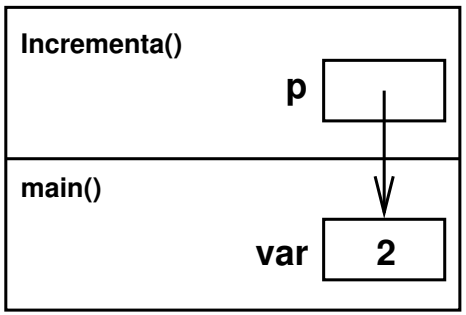
- Puede usarse por ejemplo para simular el paso por referencia.

```
1  void incrementa(int* p){
2      (*p)++;
3  }
4  int main()
5  {
6      int var = 1;
7      cout << var << endl; // 1
8      incrementa(&var);
9      cout << var << endl; // 2
10 }
```

Situación en línea 1



Situación en línea 3

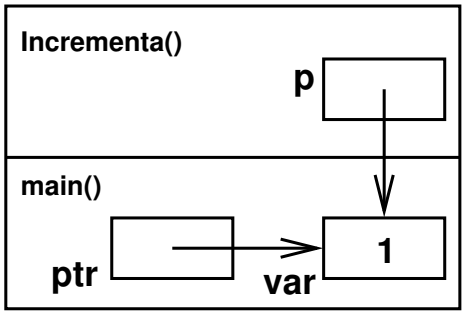


Punteros y funciones II

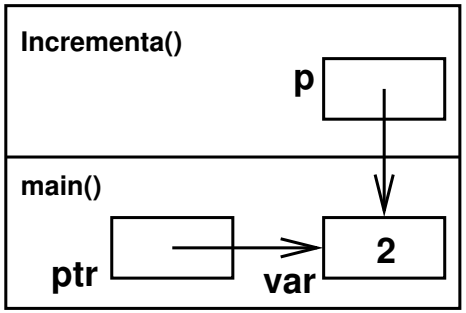
Otra posibilidad

```
1  void incrementa(int* p){
2      (*p)++;
3  }
4  int main()
5  {
6      int var = 1;
7      int *ptr=&var;
8      cout << var << endl; // 1
9      incrementa(ptr);
10     cout << var << endl; // 2
11 }
```

Situación en línea 1



Situación en línea 3



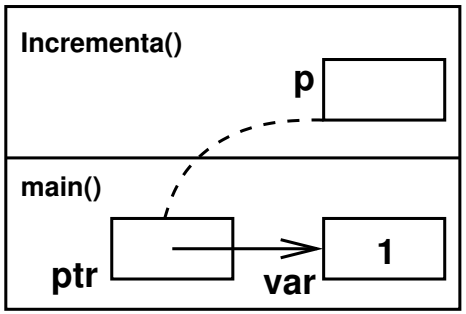
Punteros y funciones III

Un puntero se puede pasar por referencia

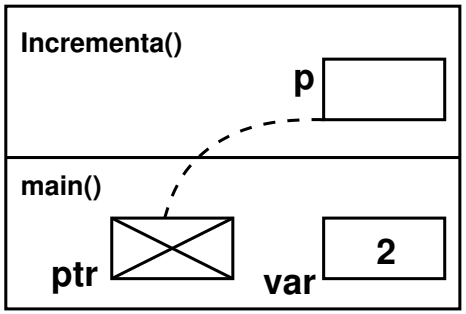
Si deseamos modificar el puntero original, podemos usar paso por referencia.

```
1  void incrementa(int* &p){
2      (*p)++;
3      p = nullptr;
4  }
5  int main()
6  {
7      int var = 1;
8      int *ptr=&var;
9      cout << var << endl; // 1
10     incrementa(ptr);
11     cout << var << endl; // 2
12 }
```

Situación en línea 1



Situación en línea 4



Punteros y funciones IV

Devolución de puntero

Una función puede devolver un puntero a un dato

```
int *valorMaximo(int v[], int util){
    int *punteroMaximo=nullptr;
    if(util>0){
      punteroMaximo = v;
      for(int i=1; i<util; i++)
        if(v[i]> (*punteroMaximo))
          punteroMaximo = v+i;
    }
    return punteroMaximo;
}
int main(){
    int v[]= {8, 7, 9, 3, 2, 5};
    cout << "El máximo es: " << *valorMaximo(v,6) << endl;
    *valorMaximo(v,6) = 0;
    cout << "El máximo es: " << *valorMaximo(v,6) << endl;
}
```

Punteros y funciones V

Devolución de punteros a datos locales

La devolución de punteros a datos locales a una función es un error típico: Los datos locales se destruyen al terminar la función.

```
int *doble(int x){
    int a;
    a = x*2;
    return &a;
}
int main(){
    int *x;
    x = doble(3);
    cout << *x << endl;
}
```

Punteros y funciones VI

Otro ejemplo incorrecto

```
int *doble(int x){
    int a;
    int *p=&a;
    a = x*2;
    return p;
}
int main(){
    int *x;
    x = doble(3);
    cout << *x << endl;
}
```

Contenido del tema

Punteros y const

- Cuando tratamos con punteros manejamos dos datos:
  - El dato puntero.
  - El dato que es apuntado.
- Pueden ocurrir las siguientes situaciones:

Ninguno sea `const`	`double *p;`
Solo el dato apuntado sea `const`	`const double *p;`
Solo el puntero sea `const`	`double *const p;`
Los dos sean `const`	`const double *const p;`

- Las siguientes expresiones son equivalentes:

`const double *p;`	`double const *p;`

Punteros const y no const

Es posible asignar un puntero no const a uno const, pero no al revés (en la asignación se hace una conversión implícita).

```
double a = 1.0;
double * const p=&a; // puntero constante a double
double * q;          // puntero no constante a double
q = p;       // BIEN: q puede apuntar a cualquier dato
p = q;       // MAL: p es constante
```

Error de compilación:

...error: asignación de la variable de solo lectura ‘p’

p ha quedado asignado en la declaración de la constante y no admite cambios posteriores (como buena constante.....)

Puntero a dato no const

Un puntero a dato no const no puede apuntar a un dato const.

Ejemplo 1

El siguiente código da error ya que `&f` devuelve un `const double *`

```
double *p;
const double f=5.2;
p = &f;     // INCORRECTO, ya que permitiría cambiar el
*p = 5.0;   // valor de f a través de p
```

Error de compilación:

...error: conversión inválida de ‘const double*’a ‘double*’[-fpermissive]

Nota: observad que de permitirse la operación se permitiría cambiar el valor de f, que fue declarada como constante.

Ejemplo 2

El siguiente código da error ya que `*p` devuelve un `const double`

```
const double *p;
double f;
p = &f;      // (const double *) = (double *)
*p = 5.0;    // ERROR: no se puede cambiar el valor
```

Error de compilación:

...error: asignación de la ubicación de solo lectura '*p'

Ejemplo 3

El siguiente código da error ya que `&(vocales[2])` devuelve un `const char *`

```
const char vocales[5]={'a','e','i','o','u'};
char *p;
p = &(vocales[2]); // ERROR de compilación
```

Error de compilación:

...error: conversión inválida de 'const char*'a 'char*'[-fpermissive]

Contenido del tema

Punteros, funciones y const

Funciones con parámetro puntero a dato const

Podemos llamar a una función que espera un puntero a dato `const` con uno a dato no `const`.

```
void HacerCero(int *p){
    *p = 0;
}
void EscribirEntero(const int *p){
    cout << *p;
}
int main(){
    const int a = 1;
    int b=2;
    HacerCero(&a);          // ERROR
    EscribirEntero(&a); // CORRECTO
    EscribirEntero(&b); // CORRECTO
}
```

Error de compilación:

...error: conversión inválida de ‘const int*’a ‘int*’[-fpermissive]

Punteros, funciones y const

Sobrecarga de funciones con paramétros puntero a dato const

C++ puede distinguir entre versiones en que un parámetro es un puntero a un dato const en una versión y en la otra no.

Nota: Recordad que esto mismo ocurría cuando teníamos dos funciones sobrecargadas con un parámetro por referencia (const en un caso y no const en otro).

```
#include <iostream>
using namespace std;
void funcion(double *p){
  cout << "funcion(double *p): " << *p <<endl;
}
void funcion(const double *p){
  cout << "funcion(const double *p): " << *p <<endl;
}
int main(){
    double x=2;
    const double A=4.5;
    funcion(&A);
    funcion(&x);
}
```

Punteros, funciones y const

Devolución de puntero constante

Una función puede devolver un puntero a dato const

Nota: Recordad que vimos también que una función puede devolver una referencia constante.

```
const int *valor(int *v, int i){
    return v+i;
}
int main(){
    int v[3];
    v[2]=3*5; // Correcto
    *(valor(v,2))=3*5; // Error, pues el puntero devuelto es const
    int res=*(valor(v,2))*3; // Correcto
}
```

Contenido del tema

Punteros, arrays y const

Array de constantes y puntero a dato const

Dada la estrecha relación entre arrays y punteros, podemos usar un array de constantes como un puntero a constantes, y al contrario:

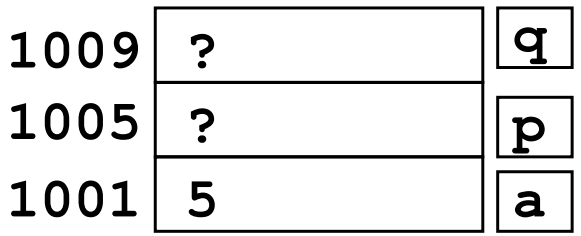
```
const int matConst[5]={1,2,3,4,5};
int mat[3]={3,5,7};
const int *pconst;
int *p;
pconst = matConst;   // CORRECTO
pconst = mat;        // CORRECTO
p = mat;             // CORRECTO
p = matConst;        // ERROR
```

Contenido del tema

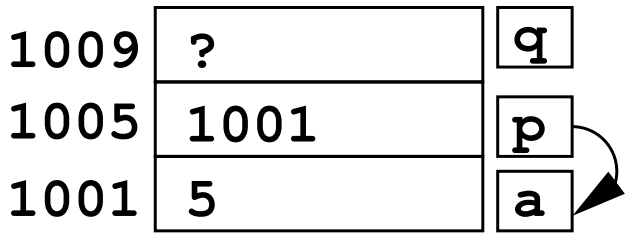
Punteros a punteros

Un puntero a puntero es un puntero que contiene la dirección de memoria de otro puntero.

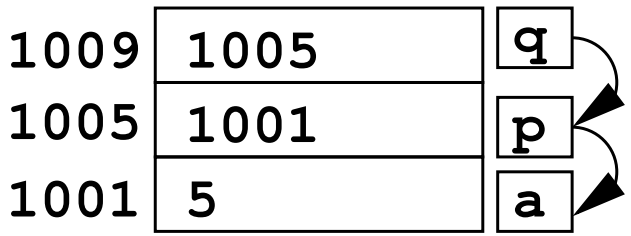
```
int a = 5;
int *p;
int **q;
```




```
p = &a;
```




```
q = &p;
```



En este caso, para acceder al valor de la variable a tenemos tres opciones: a, *p y **q.

Contenido del tema

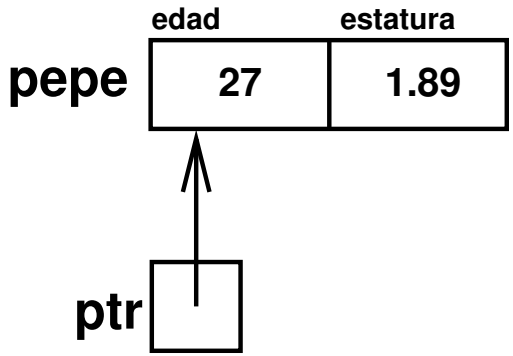
Punteros a objetos struct o class

Punteros a objetos

Un puntero también puede apuntar a un **objeto de estructura** o clase.

Ejemplo: puntero a struct

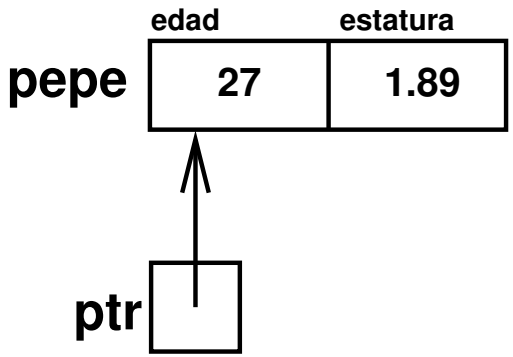
```
struct Persona{
    int edad;
    double estatura;
};
Persona pepe;
Persona *ptr;
pepe.edad=27;
pepe.estatura=1.89;
ptr = &pepe;
cout << (*ptr).edad << endl;
```



Punteros a objetos struct o class

Ejemplo: puntero a objeto de una clase

```
class Persona{
    int edad;
    double estatura;
public:
    int getEdad() const;
    double getEstatura() const;
    void setEdad(int anios);
    void setEstatura(double metros);
};
Persona pepe, *ptr;
pepe.setEdad(27); pepe.setEstatura(1.89);
// pepe.edad=27; CUIDADO: no válido desde fuera
//de método de la clase, edad es privado
ptr = &pepe;
cout << (*ptr).getEdad() << endl;
// cout << (*ptr).edad << endl; CUIDADO: no válido
//desde fuera de método de la clase, edad es privado
```



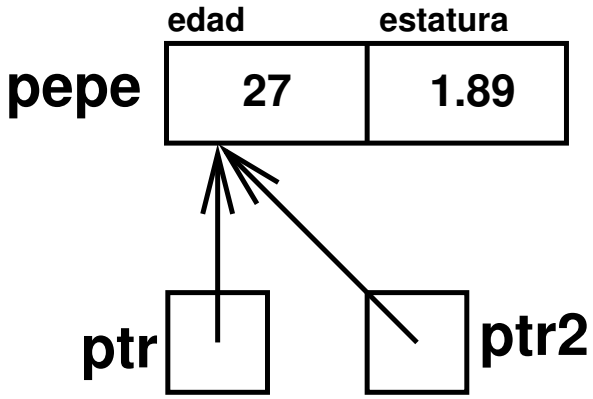
Punteros a objetos struct o class

Asignación de punteros a objetos

La asignación entre punteros funciona igual cuando apuntan a un **objeto struct** o **class** que cuando apuntan a datos de tipo primitivo.

Ejemplo: Asignación de punteros a struct

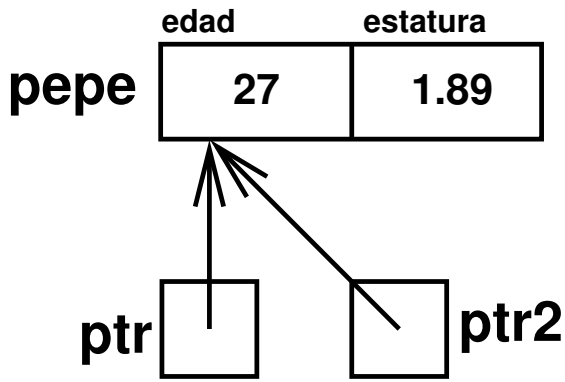
```
struct Persona{
    int edad;
    double estatura;
};
Persona pepe;
Persona *ptr, *ptr2;
pepe.edad=27;
pepe.estatura=1.89;
ptr = &pepe;
ptr2 = ptr;
cout << (*ptr).edad << endl;
cout << (*ptr2).edad << endl;
```



Punteros a objetos struct o class

Ejemplo: Asignación de punteros a objeto de una clase

```
class Persona{
    int edad;
    double estatura;
public:
    int getEdad() const;
    double getEstatura() const;
    void setEdad(int anios);
    void setEstatura(double metros);
};
Persona pepe, *ptr, *ptr2;
pepe.setEdad(27); pepe.setEstatura(1.89);
ptr = &pepe;
ptr2 = ptr;
cout << (*ptr).getEdad() << endl;
cout << (*ptr2).getEdad() << endl;
```



Punteros a objetos struct o class: operador ->

Operador $-> $

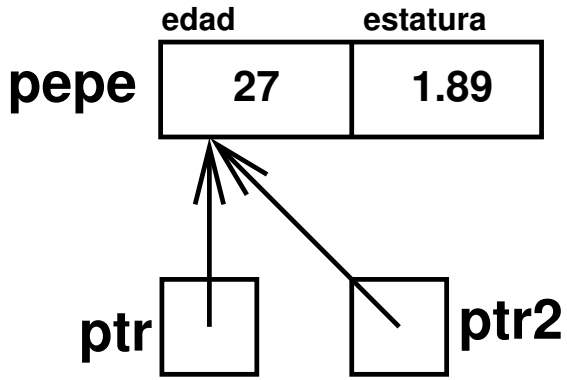
Si `p` es un puntero a un objeto `struct` o `class` podemos acceder a sus datos miembro de dos formas:

- `(*p).miembro`: Cuidado con el paréntesis
- `p->miembro`

Punteros a objetos struct o class: operador ->

Ejemplo con struct

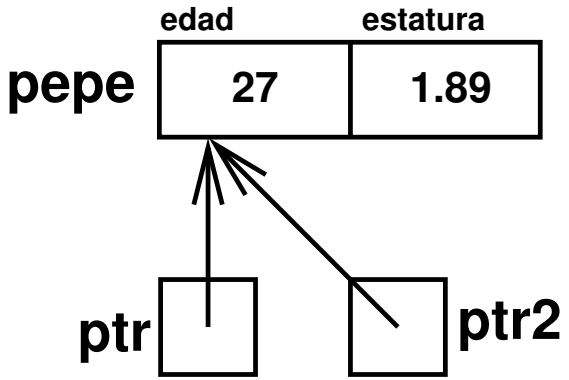
```
struct Persona{
    int edad;
    double estatura;
};
Persona pepe;
Persona *ptr, *ptr2;
pepe.edad=27;
pepe.estatura=1.89;
ptr = &pepe;
ptr2 = ptr;
cout << ptr->edad << endl;
cout << ptr2->edad << endl;
```



Punteros a objetos struct o class: operador ->

Ejemplo con class

```
class Persona{
    int edad;
    double estatura;
public:
    int getEdad() const;
    double getEstatura() const;
    void setEdad(int anios);
    void setEstatura(double metros);
};
Persona pepe, *ptr, *ptr2;
pepe.setEdad(27);
pepe.setEstatura(1.89);
ptr = &pepe;
ptr2 = ptr;
cout << ptr->getEdad() << endl;
cout << ptr2->getEdad() << endl;
```



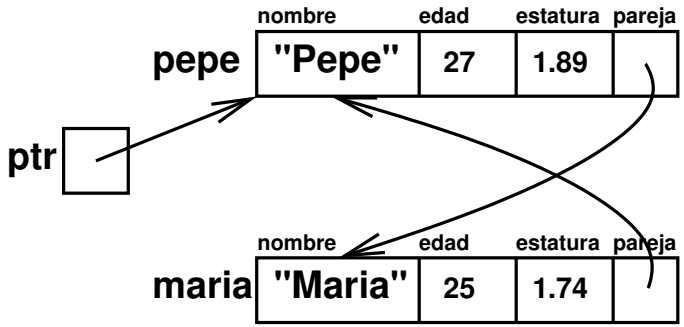
Punteros a objetos struct o class

Struct y class con datos de tipo puntero

Un `struct` o `class` puede contener campos de tipo puntero.

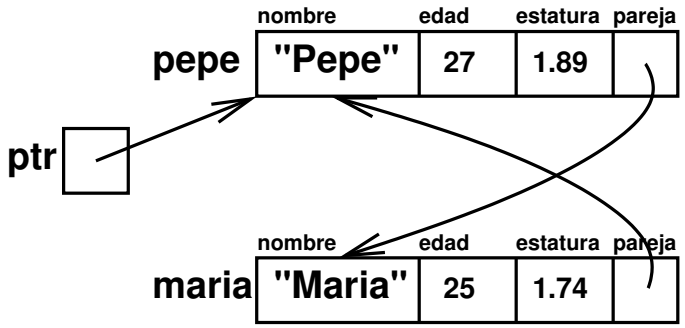
Ejemplo con struct

```
struct Persona{
    string nombre;
    int edad;
    double estatura;
    Persona *pareja;
};
Persona pepe={"Pepe",27,1.89,0},
        maria={"Maria",25,1.74,0},
        *ptr=&pepe;
pepe.pareja=&maria;
maria.pareja=&pepe;
cout << "La pareja de "
     << ptr->nombre
     << " es "
     << ptr->pareja->nombre
     << endl;
```



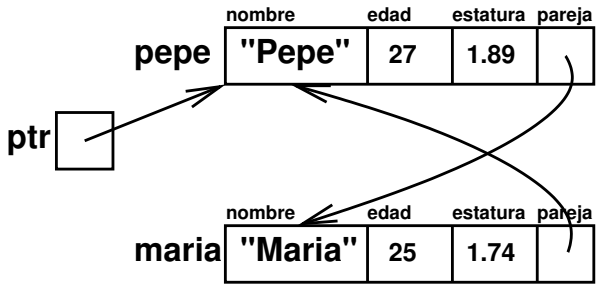
Ejemplo con class

```
class Persona{
    string nombre;
    int edad;
    double estatura;
    Persona *pareja;
public:
    Persona(string name, int anios,
double metros);
    int getEdad() const;
    double getEstatura() const;
    Persona *getPareja() const;
    void setPareja(Persona *compa);
    ...
};
```



```
Persona::Persona(string name, int anios, double metros){
    nombre=name;
    edad=anios;
    estatura=metros;
    pareja=0;
}
Persona* Persona::getPareja() const{
    return pareja;
}
void Persona::setPareja(Persona *compa){
    pareja=compa;
}
```

```
Persona pepe("Pepe",27,1.89),
        maria("Maria",25,1.74),
        *ptr=&pepe;
pepe.setPareja(&maria);
maria.setPareja(&pepe);
cout << "La pareja de "
     << ptr->getNombre()
     << " es "
     << ptr->getPareja()->getNombre()
     << endl;
```



Contenido del tema

Arrays de punteros

Arrays de punteros

Un array donde cada elemento es un puntero

Declaración

Podemos declarar un array de punteros a enteros de la siguiente forma:

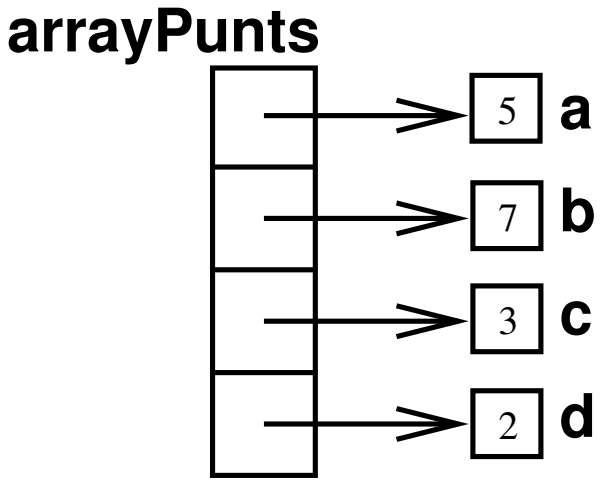
```
int* arrayPunts[4];
```

Arrays de punteros

Ejemplo de array de punteros a enteros

```
int* arrayPunts[4];
int a=5, b=7, c=3, d=2;
arrayPunts[0] = &a;
arrayPunts[1] = &b;
arrayPunts[2] = &c;
arrayPunts[3] = &d;
for(int i=0; i<4; i++){
   cout << *arrayPunts[i] << " ";
}
cout << endl;
```

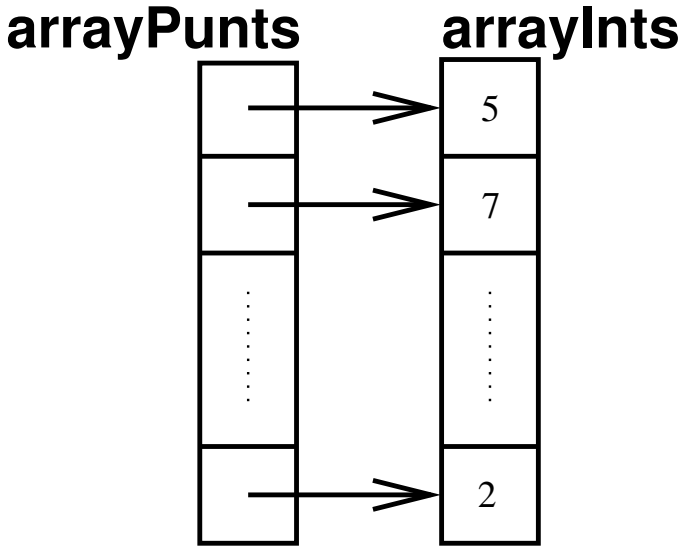
```
5 7 3 2
```



Arrays de punteros

Otro ejemplo de array de punteros a enteros

Podemos usar un array de punteros a los elementos de otro array para ordenar sus elementos sin modificar el array original.



Arrays de punteros

```
#include <iostream>
using namespace std;

void ordenacionPorSeleccion(const int* v[], int util_v){
   int pos_min;
   const int *aux;

   for (int i=0; i<util_v-1; i++){
      pos_min=i;
      for (int j=i+1; j<util_v; j++)
         if (*v[j] < *v[pos_min])
            pos_min=j;

      aux = v[i];
      v[i] = v[pos_min];
      v[pos_min] = aux;
   }
}
```

```
int main(){
   const int DIMARRAY=100;
   const int* arrayPunts[DIMARRAY];
   const int arrayInts[DIMARRAY]={5,7,3,2};
   int utilArray=4;

   for(int i=0; i< utilArray; i++){
      arrayPunts[i] = &arrayInts[i];
   }

   cout<<"Array antes de ordenar (impreso con arrayPunts):"<<endl;
   for(int i=0; i< utilArray; i++){
      cout << *arrayPunts[i] << " ";
   }
   cout << endl;

   ordenacionPorSeleccion(arrayPunts,utilArray);

   cout<<"Array después de ordenar (impreso con arrayPunts):"<<endl;
   for(int i=0; i< utilArray; i++){
      cout << *arrayPunts[i] << " ";
   }
   cout << endl;

   cout<<"Array después de ordenar (impreso con arrayInts):"<<endl;
   for(int i=0; i< utilArray; i++){
      cout << arrayInts[i] << " ";
   }
   cout << endl;
}
```

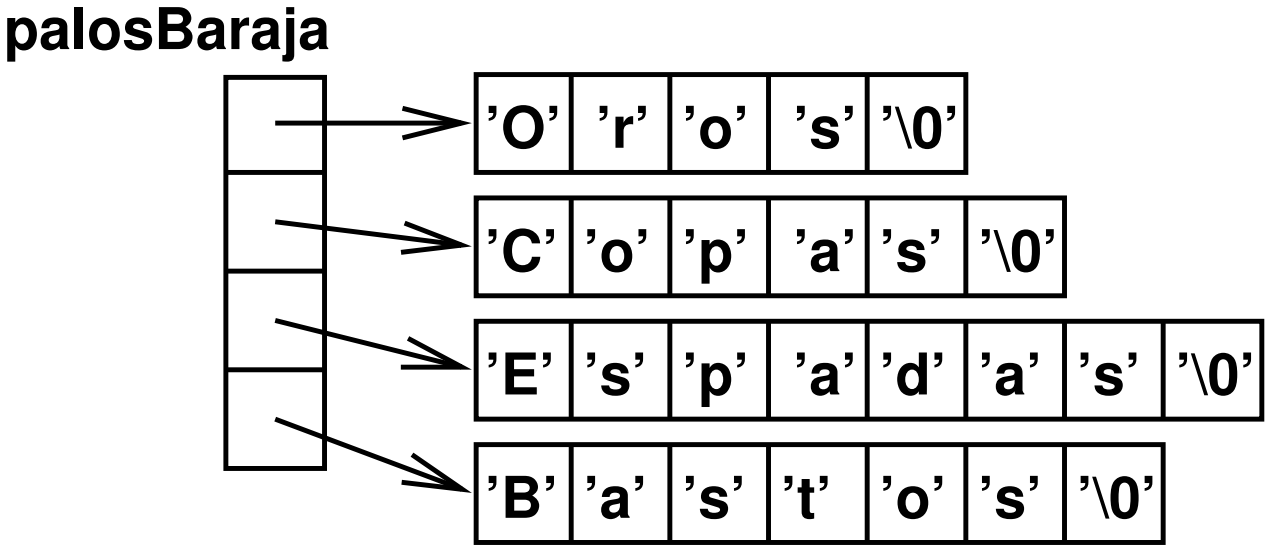
Arrays de punteros

```
Array antes de ordenar (impreso con arrayPunts):
5 7 3 2
Array después de ordenar (impreso con arrayPunts):
2 3 5 7
Array después de ordenar (impreso con arrayInts):
5 7 3 2
```

Arrays de punteros

Ejemplo de array de punteros a cadenas estilo C

Podemos usar un array de punteros a cadenas de caracteres estilo C.



Arrays de punteros

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main(){
   const char*  const palosBaraja[4]={"Oros", "Copas", "Espadas", "Bastos"};

   cout<<"Palos de la baraja: ";
   for(int i=0; i< 4; i++){
      cout << palosBaraja[i] << " ";
   }
   cout << endl;
}
```

```
Palos de la baraja: Oros Copas Espadas Bastos
```

Contenido del tema

La función main I

- Un programa C++ comienza cuando el SO transfiere el control a `main` y finaliza cuando esta función acaba.
- Hasta ahora, hemos usado la siguiente cabecera simple para `main`:
  `int main()`
- C++ permite una versión ampliada de la cabecera de `main`:
  `int main(int argc, char *argv[])`
  - **Valor de retorno**: El `int` devuelto por `main` informa al SO sobre el posible código de error del programa.
    - 0: Ok (valor por defecto)
    - Otro valor: Algún tipo de error
  - **Argumentos de main**:
    - `int argc`: Número de argumentos usados al ejecutar el programa.
    - `char *argv[]`: Array de cadenas con cada uno de los argumentos.
      `argv[0]`: Nombre del ejecutable
      `argv[1]`: Primer argumento
      ...

La función main II: Ejemplo

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main(int argc, char *argv[]){
    if (argc<3){
        cerr << "Uso: "
            << " <Fichero1> <Fichero2> ..."<<endl;
        return 1;
    }
    else{
        cout<<"Numero argumentos: "<<argc<<endl;
        for (int i=0; i<argc; ++i){
            cout<<argv[i]<<endl;
        }
    }
    return 0;
}
```

La función main III

Podemos convertir las cadenas estilo C al tipo `string`

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
int main(int argc, char *argv[])
{
    string par;
    cout<<"Argumentos: "<<endl;
    for (int i=0; i<argc; ++i)
    {
        par=argv[i];
        cout<<par<<endl;
    }
    return 0;
}
```

Contenido del tema

Punteros a funciones

Puntero a función

Contiene la dirección de memoria de una función, o sea la dirección donde comienza el código que realiza la tarea de la función apuntada.
Con estos punteros podemos hacer las siguientes operaciones:

- Usarlos como parámetro a una función.
- Ser devueltos por una función con `return`.
- Crear arrays de punteros a funciones.
- Asignarlos a otras variables puntero a función.
- Usarlos para llamar a la función apuntada.

Declaración de variables o parámetro puntero a función

Declaración de variables o de parámetros puntero a función

Puntero a función que devuelve `bool` y que tiene dos parámetros de tipo `int`:

```
bool ( *comparar )( int, int );
```

Los paréntesis alrededor de `*comparar` son obligatorios para indicar que es un puntero a función.

Cuidado con los paréntesis

Si no incluimos los paréntesis, estaríamos declarando una función que recibe dos enteros y devuelve un puntero a un valor `bool`.

```
bool *comparar( int, int );
```

Ejemplo de punteros a funciones

Ordenación de un array ascendente o descendentemente

Construimos una función con un parámetro puntero a función para permitir ordenar ascendente o descendentemente.

```
bool ascendente( int a, int b ){
   return a < b;
}
bool descendente( int a, int b ){
   return a > b;
}
void ordenarPorSeleccion(int arrayInts[], const int utilArrayInts, bool (*comparar)( int, int ) ){
   ...
         if ( !(*comparar)( arrayInts[ masPequenoOMasGrande ], arrayInts[ index ] ) )
   ...
}
int main(){
   const int DIMARRAY = 10;
   int array[DIMARRAY] = { 2, 6, 4, 8, 10, 12, 89, 68, 45, 37 };

   ...
   ordenarPorSeleccion(array, DIMARRAY, ascendente ); // Ordena ascendentemente

   ...
   ordenarPorSeleccion(array, DIMARRAY, descendente ); // Ordena descendentemente
}
```

Llamada a la función apuntada por un puntero a función

Llamada a la función apuntada por un puntero a función

Usaremos la sintaxis:

```
(*comparar)( valorEntero1, valorEntero2 );
```

Cuidado con los paréntesis

Son obligatorios los paréntesis alrededor de `*comparar`.

Alternativa para la llamada a la función apuntada por un puntero a función

```
comparar( valorEntero1, valorEntero2 );
```

Pero es recomendable la primera forma, ya que indica explícitamente que `comparar` es un puntero a función. En el segundo caso, parece que `comparar` es el nombre de alguna función del programa.

Ejemplo de punteros a funciones

Ordenación de un array ascendente o descendentemente (código completo)

Mostramos a continuación el código completo para este problema.

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

// prototipos
void ordenarPorSeleccion( int [], const int, bool (*)( int, int ) );
void intercambiar( int * const, int * const );
bool ascendente( int, int ); // implementa orden ascendente
bool descendente( int, int ); // implementa orden descendente

int main()
{
   const int DIMARRAY = 10;
   int orden; // 1 = ascendente, 2 = descendente
   int contador; // indice del array
   int array[DIMARRAY] = { 2, 6, 4, 8, 10, 12, 89, 68, 45, 37 };

   cout << "Introduce 1 para ordenar en orden ascendente,\n"
      << "Introduce 2 para ordenar en orden descendente: ";
   cin >> orden;
```

Ejemplo de punteros a funciones

```
   cout << "\nElementos en el orden original\n";
   for ( contador = 0; contador < DIMARRAY; ++contador )
      cout << setw( 4 ) << array[contador];
   if ( orden == 1 )
   {
      ordenarPorSeleccion( array, DIMARRAY, ascendente );
      cout << "\nElementos en el orden ascendente\n";
   }
   else
   {
      ordenarPorSeleccion( array, DIMARRAY, descendente );
      cout << "\nElementos en el orden descendente\n";
   }
   for ( contador = 0; contador < DIMARRAY; ++contador )
      cout << setw( 4 ) << array[contador];

   cout << endl;
}
```

Ejemplo de punteros a funciones

```
void ordenarPorSeleccion( int arrayInts[], const int utilArrayInts,
                          bool (*comparar)( int, int ) )
{
   int masPequenoOMasGrande;
   for ( int i = 0; i < utilArrayInts - 1; ++i )
   {
      masPequenoOMasGrande = i;
      for ( int index = i + 1; index < utilArrayInts; ++index )
         if ( !(*comparar)( arrayInts[ masPequenoOMasGrande ], arrayInts[ index ] ) )
            masPequenoOMasGrande = index;
      intercambiar( &arrayInts[ masPequenoOMasGrande ], &arrayInts[ i ] );
   }
}
void intercambiar( int * const elemento1Ptr, int * const elemento2Ptr )
{
   int aux = *elemento1Ptr;
   *elemento1Ptr = *elemento2Ptr;
   *elemento2Ptr = aux;
}
bool ascendente( int a, int b )
{
   return a < b; // devuelve true si a es menor que b
}
bool descendente( int a, int b )
{
   return a > b; // devuelve true si a es mayor que b
}
```

Ejemplo de punteros a funciones

```
Introduce 1 para ordenar en orden ascendente,
Introduce 2 para ordenar en orden descendente: 1

Elementos en el orden original
   2   6   4   8  10  12  89  68  45  37
Elementos en el orden ascendente
   2   4   6   8  10  12  37  45  68  89
```

```
Introduce 1 para ordenar en orden ascendente,
Introduce 2 para ordenar en orden descendente: 2

Elementos en el orden original
   2   6   4   8  10  12  89  68  45  37
Elementos en el orden descendente
  89  68  45  37  12  10   8   6   4   2
```

Contenido del tema

Algunos errores comunes

- Asignar puntero de distinto tipo

```
int a=10, *ptri;
double b=5.0, *ptrf;

ptri = &a;
ptrf = &b;
ptrf = ptri; // Error en compilación
```

- Uso de punteros no inicializados

```
char y=5, *nptr;
*nptr=5;// ERROR
```

- Asignación de valores al puntero y no a la variable.

```
char y=5, *nptr =&y;
nptr = 9; // Error de compilación
```

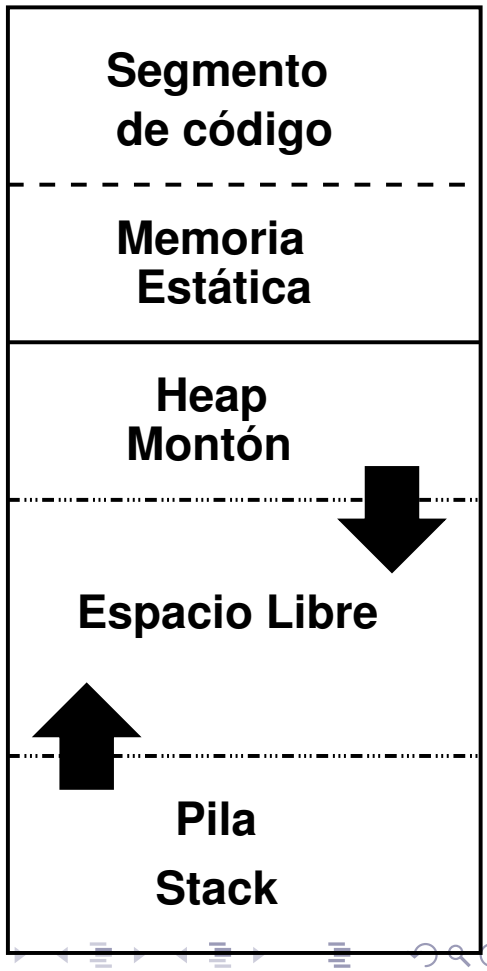
Parte II

Gestión Dinámica de Memoria

Contenido del tema

Estructura de la memoria asociada a un programa

Gracias a la gestión de memoria del Sistema Operativo, los programas tienen una visión más simplificada del uso de la memoria, la cual ofrece una serie de componentes bien definidos.



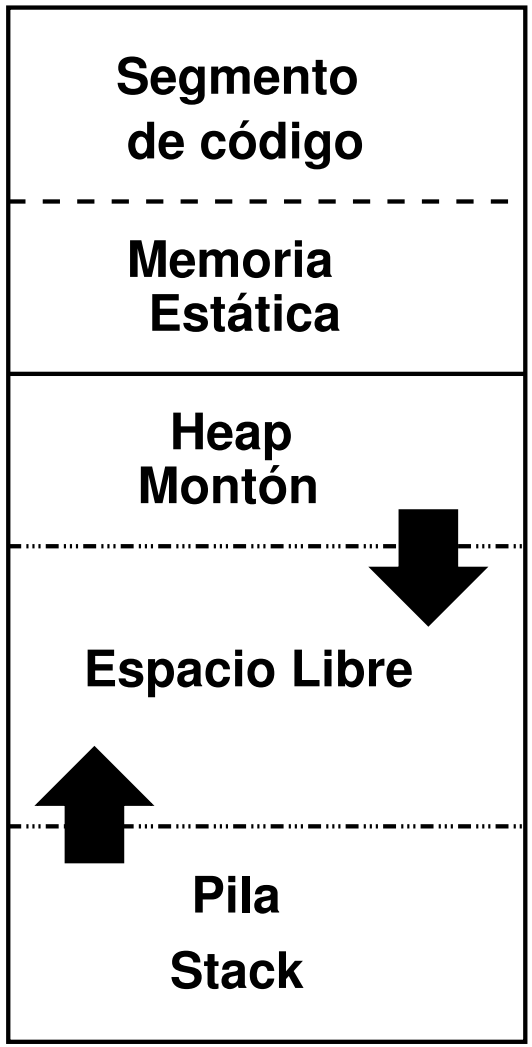
Segmento de código
Es la parte de la memoria asociada a un programa que contiene las instrucciones ejecutables del mismo.

Memoria estática

- Reserva antes de la ejecución del programa
- Permanece fija
- No requiere gestión durante la ejecución
- El sistema operativo se encarga de la reserva, recuperación y reutilización.
- Variables globales y `static`.

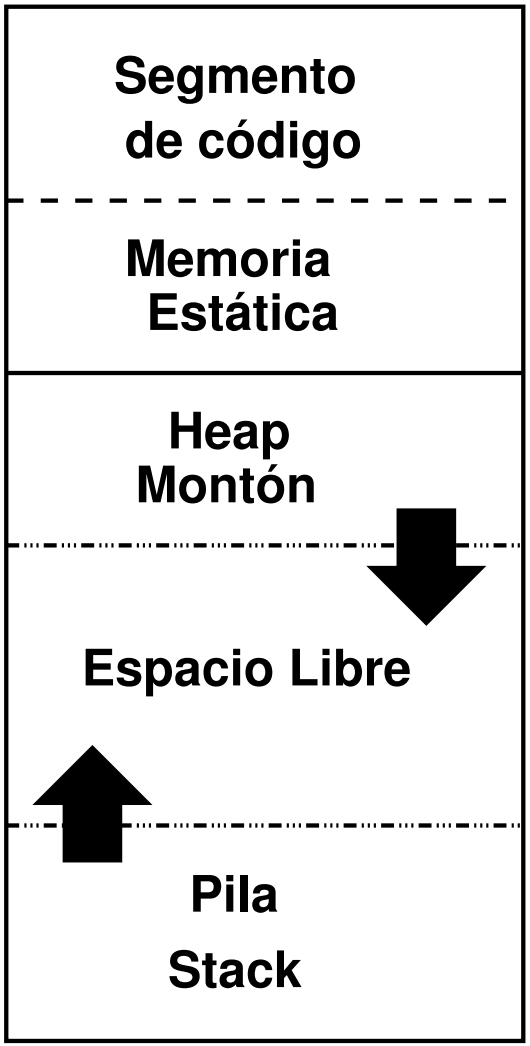
La pila (Stack)

- Es una zona de memoria que gestiona las llamadas a funciones durante la ejecución de un programa.
- Cada vez que se realiza una llamada a una función en el programa, se crea un **entorno de programa**, que se libera cuando acaba su ejecución.
- La reserva y liberación de la memoria la realiza el S.O. de forma automática durante la ejecución del programa.
- Las variables locales no son variables estáticas. Son un tipo especial de variables dinámicas, conocidas como **variables automáticas**.



El montón (Heap)

- Es una zona de memoria donde se reservan y se liberan "trozos" durante la ejecución de los programas según sus propias necesidades.
- Esta memoria surge de la necesidad de los programas de "crear nuevas variables" en tiempo de ejecución con el fin de optimizar el almacenamiento de datos.



Ejemplo

Supongamos que se desea realizar un programa que permita trabajar con una lista de datos relativos a una persona.

```
struct Persona{
  char nombre[80];
  int DNI;
  image foto;
};
```

¿Qué inconvenientes tiene la definición `Persona arrayPersona[100]`?

- Si el número de posiciones usadas es mucho menor que 100, tenemos reservada memoria que no vamos a utilizar.
- Si el número de posiciones usadas es mayor que 100, el programa no funcionará correctamente.

"Solución": Ampliar la dimensión del array y volver a compilar.

Consideraciones:

- La utilización de variables estáticas o automáticas para almacenar información cuyo tamaño no es conocido a priori (solo se conoce exactamente en tiempo de ejecución) resta generalidad al programa.
- La alternativa válida para solucionar estos problemas consiste en la posibilidad de reservar la memoria justa que se precise (y liberarla cuando deje de ser útil), **en tiempo de ejecución**.
- Esta memoria se reserva en el Heap y, habitualmente, se habla de **variables dinámicas** para referirse a los bloques de memoria del Heap que se reservan y liberan en tiempo de ejecución.

Contenido del tema

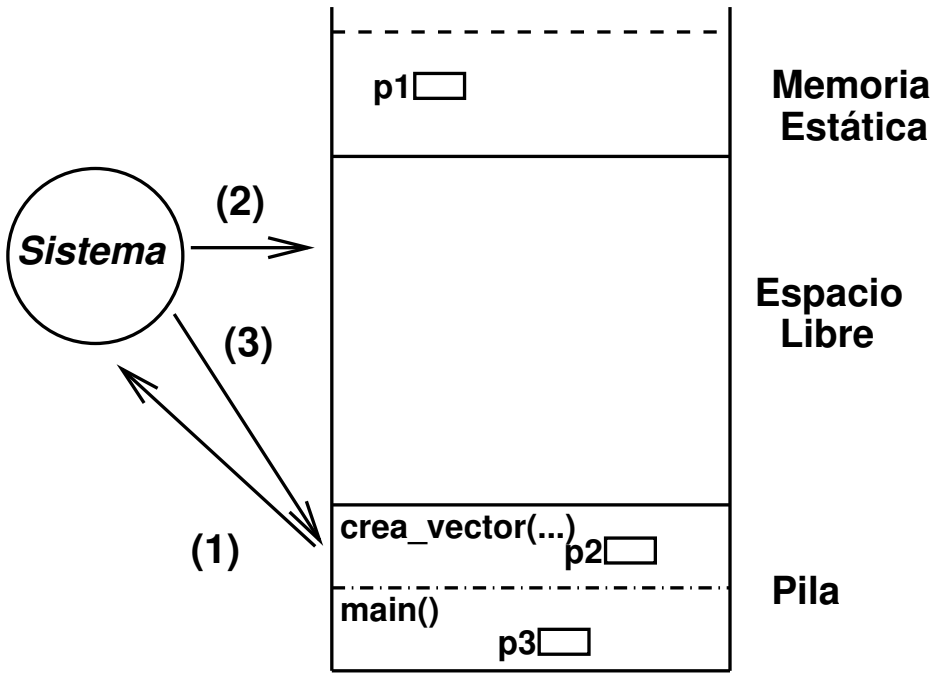
Gestión dinámica de la memoria

El sistema operativo es el encargado de controlar la memoria que queda libre en el sistema.

(1) Petición al S.O. (tamaño)

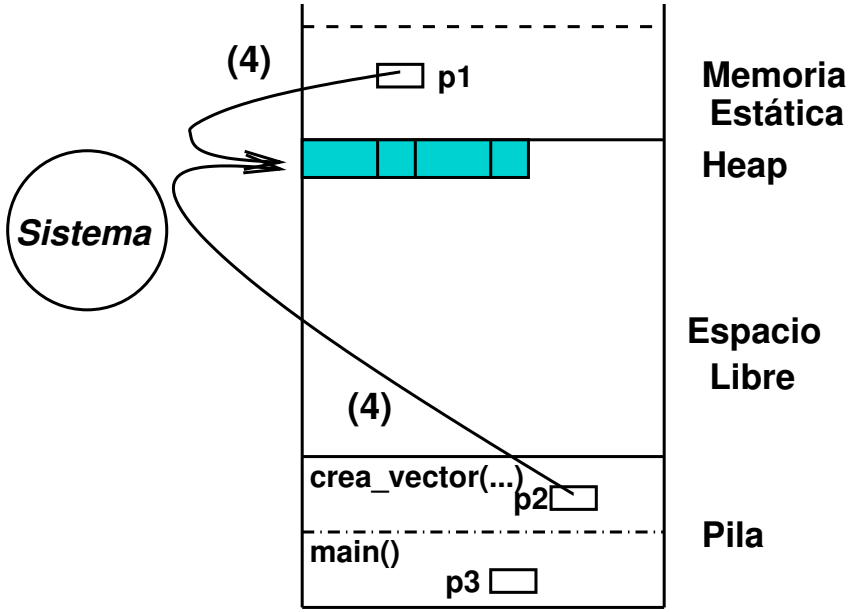
(2) El S.O. comprueba si hay suficiente espacio libre.

(3) Si hay espacio suficiente, devuelve la ubicación donde se encuentra la memoria reservada, y marca dicha zona como memoria ocupada.

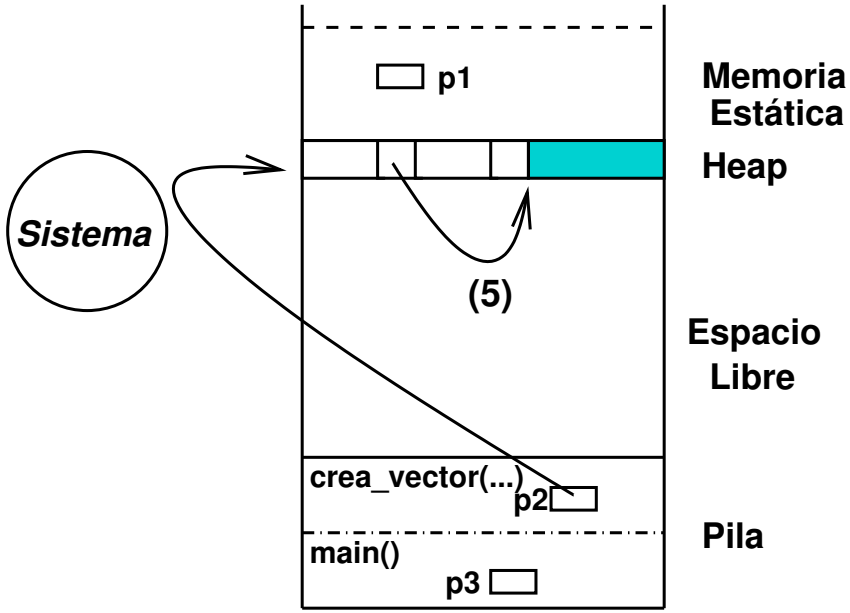


Reserva de memoria

(4) La ubicación de la zona de memoria se almacena en una variable estática (**p1**) o en una variable automática (**p2**).
Por tanto, si la petición devuelve una dirección de memoria, **p1** y **p2** deben ser variables de tipo *puntero* al tipo de dato que se ha reservado.

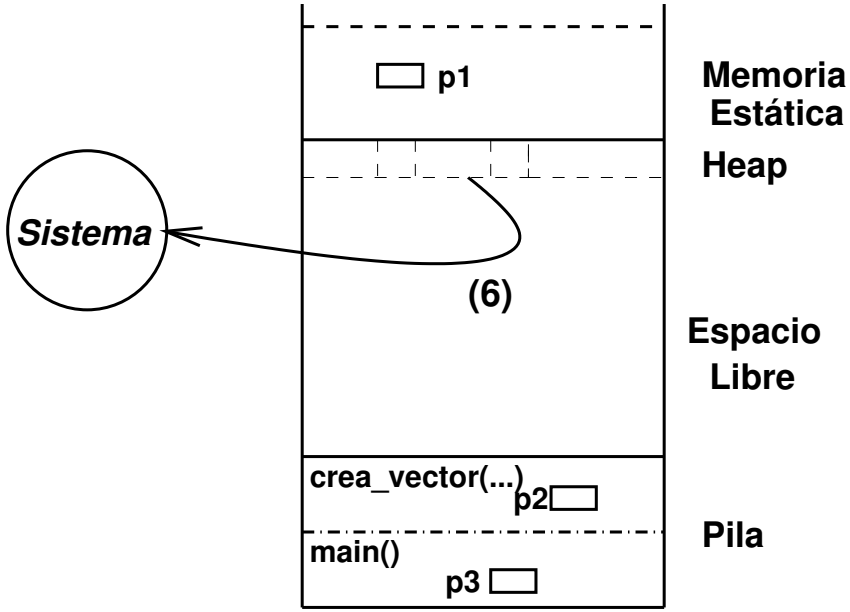


5 A su vez, es posible que las nuevas variables dinámicas creadas puedan almacenar la dirección de nuevas peticiones de reserva de memoria.



Liberación de memoria

6 Finalmente, una vez que se han utilizado las variables dinámicas y ya no se van a necesitar más, es necesario liberar la memoria que se está utilizando e informar al S.O. que esta zona de memoria vuelve a estar libre para su utilización.



¡ RECORDAR LA METODOLOGÍA !

1. Reservar memoria.
2. Utilizar memoria reservada.
3. Liberar memoria reservada.

Contenido del tema

El operador new

Operador new

Reserva una zona de memoria en el Heap del tamaño adecuado para almacenar un dato del tipo *tipo* (`sizeof(`*tipo*`)` bytes), devolviendo la dirección de memoria donde empieza la zona reservada.

```
<tipo> *p;
p = new <tipo>;
```

- Si `new` no puede reservar espacio (p.e. no hay suficiente memoria disponible), se provoca una excepción y el programa termina.
- Por ahora supondremos que siempre habrá suficiente memoria.

Otra opción (no recomendable)

```
<tipo> *p;
p = new (nothrow) <tipo>;
```

En caso de que no se haya podido hacer la reserva devuelve el puntero nulo (`nullptr`).

Ejemplo

```
int main(){
  int *p;

  p = new int;
  *p = 10;
}
```

Notas:

- Observad que `p` se declara como un puntero más.
- Se pide memoria en el Heap para guardar un dato `int`. Si hay espacio para satisfacer la petición, `p` apuntará al principio de la zona reservada por `new`. Asumiremos que siempre hay memoria libre para asignar.
- Se trabaja, como ya sabemos, con el objeto referenciado por `p`.

El operador delete

Operador delete

Libera la memoria del Heap que previamente se había reservado y que se encuentra referenciada por un puntero.

delete puntero;

Ejemplo

```
int main(){
  int *p, q=10;

  p = new int;
  *p = q;
  .......
  delete p;
}
```

Notas:

- El objeto referenciado por p deja de ser "operativo" y la memoria que ocupaba está disponible para nuevas peticiones con new.

Contenido del tema

Objetos dinámicos compuestos

Objetos dinámicos compuestos

Con objetos `struct` y `class` la metodología a seguir es la misma:

- Operador `new`:
  - **Reserva la memoria** necesaria para almacenar todos y cada uno de los datos del objeto.
  - Y llama al **constructor** de la clase para inicializar los datos del objeto.
- Operador `delete`:
  - Llama al **destructor** de la clase. (lo veremos en tema 4)
  - Y después **libera la memoria** de todos y cada uno de los campos del objeto.

Objetos dinámicos compuestos

Ejemplo con struct

```
struct Persona{
  char nombre[80];
  char DNI[10];
};
```

```
int main(){
    Persona *yo;

    yo = new Persona;
    lee_linea((*yo).nombre,80);
    lee_linea((*yo).DNI,10);
    .........
    delete yo;
}
```

Objetos dinámicos compuestos

Ejemplo con class

```
class Estudiante {
    string nombre;
    int nAsignaturasMatricula;
    vector<int> codigosAsignaturasMatricula;
public:
    Estudiante();
    Estudiante(string name);

    void setNombre(string nuevoNombre);
    string getNombre() const;
    void insertaAsignatura(int codigo);
    int getNumeroAsignaturas() const;
    int getCodigoAsignatura(int index) const;
    ...
};
```

Objetos dinámicos compuestos

```
int main() {
   Estudiante* ramon;
   ramon=new Estudiante("Ramón Rodríguez Ramírez");
   ramon->insertaAsignatura(302);
   ramon->insertaAsignatura(307);
   ramon->insertaAsignatura(205);
   ...
   delete ramon;
}
```

Contenido del tema

Arrays dinámicos

Motivación

- Hasta ahora, solo podíamos crear un array conociendo *a priori* el número máximo de elementos que podría llegar a tener. P.e.
  `int vector[20];`
- Esa memoria está ocupada durante la ejecución del módulo en el que se realiza la declaración.

Array dinámico

Usando memoria dinámica, podemos crear arrays dinámicos que tengan **justo el tamaño necesario**.
Podemos, además, crearlos **justo en el momento** en el que lo necesitamos y destruirlos cuando dejen de ser útiles.

Contenido del tema

Arrays dinámicos

Operador `new[]`

Reserva una zona de memoria en el Heap para almacenar `num` datos de tipo `<tipo>`, devolviendo la dirección de memoria inicial.

`num` es un entero estrictamente mayor que 0.

```
<tipo> *p;
p = new <tipo> [num];
```

Operador `delete[]`

Libera (pone como disponible) la zona de memoria **previamente reservada** por una orden `new[]`, zona referenciada por `puntero`.

```
delete [] puntero;
```

Arrays dinámicos: Ejemplo I

Ejemplo de creación y destrucción de array dinámico

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  int main(){
5      int *v = nullptr, n;
6
7      cout << "Número de casillas: ";
8      cin >> n;
9      // Reserva de memoria
10     v = new int [n];
```

Ejemplo I

```
1     for (int i= 0; i<n; i++) {     //  Lectura del vector dinámico
2         cout << "Valor en casilla "<<i<< ": ";
3         cin >> v[i];
4     }
5     cout << endl;
6
7     for (int i= 0; i<n; i++)   //  Escritura del vector dinámico
8         cout << "En la casilla " << i
9              << " guardo: "<< v[i] << endl;
10
11    delete [] v;   // Liberar memoria
12    v = nullptr;
13 }
```

Ejemplo

Una función que devuelve una copia de un array automático (o dinámico) en un array dinámico.

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  int *copia_vector(const int v[], int n){
5    int *copia = new int[n];
6    for (int i=0; i<n; i++)
7      copia[i]=v[i];
8    return copia;
9  }
10 int main(){
11    int v1[30], *v2 = nullptr, m;
12    cout << "Número de casillas: ";
13    cin >> m;
```

```
14      for (int i=0; i<m; i++) { // Rellenar el vector
15          cout << "Valor en casilla "<<i<< ": ";
16          cin >> v1[i];
17      }
18      cout << endl;
19
20      // Copiar en v2 (dinámico) el vector v1
21      v2 = copia_vector(v1,m);
22
23      for (int i=0; i<m; i++)   // Escribir vector v2
24          cout << "En la casilla " << i
25               << " guardo: "<< v2[i] << endl;
26
27      delete [] v2; // Liberar memoria
28      v2 = nullptr;
29  }
```

¡Cuidado!

Un **error** muy común a la hora de construir una función que copie un array es el siguiente:

```
int *copia_vector(const int v[], int n){
    int copia[100];
    for (int i=0; i<n; i++)
        copia[i]=v[i];
    return copia;
}
```

¡Cuidado!

Al ser `copia` una variable local no puede ser usada fuera del ámbito de la función en la que está definida.

Ejemplo: Ampliación del espacio ocupado por un array dinámico

```
void redimensionar (int* &v, int& tama, int aumento){
   if(tama+aumento > 0){
      int *v_ampliado = new int[tama+aumento];

      for (int i=0; (i<tama) && (i<tama+aumento); i++)
         v_ampliado[i] = v[i];
      delete[] v;
      v = v_ampliado;
      tama=tama+aumento;
   }
}
```

Cuestiones a tener en cuenta:

- `v` y `tama` se pasan por referencia porque se van a modificar.
- Es necesario liberar `v` antes de asignarle el valor de `v_ampliado`.
- El aumento de tamaño puede ser positivo o negativo.

Contenido del tema

Array dinámico de objetos

Array dinámico de objetos

Usando el operador `new[]` y `delete[]` podemos crear y destruir también arrays dinámicos de objetos `struct` y `class`

- Operador `new[]`:
  - **Reserva la memoria** necesaria para almacenar todos y cada uno de los objetos del array.
  - Y llama al **constructor** para cada objeto del array.
- Operador `delete[]`:
  - Llama al **destructor** de la clase con cada objeto del array.
  - Y después **libera la memoria** ocupada por el array de objetos.

Array dinámico de objetos

Ejemplo con class

```
class Estudiante {
    string nombre;
    int nAsignaturasMatricula;
    vector<int> codigosAsignaturasMatricula;
public:
    Estudiante();
    Estudiante(string name);

    void setNombre(string nuevoNombre);
    string getNombre() const;
    void insertaAsignatura(int codigo);
    int getNumeroAsignaturas() const;
    int getCodigoAsignatura(int index) const;
    ...
};
```

Array dinámico de objetos

```
int main() {
   Estudiante* arrayEstudiantes;
   arrayEstudiantes=new Estudiante[50];
   arrayEstudiantes[0].setNombre("Ramón Rodríguez Ramírez");
   arrayEstudiantes[0].insertaAsignatura(302);
   arrayEstudiantes[0].insertaAsignatura(307);
   arrayEstudiantes[0].insertaAsignatura(205);
   ...
   delete[] arrayEstudiantes;
}
```

Contenido del tema

Clases que contienen datos en memoria dinámica

Clases que contienen datos en memoria dinámica

Una clase puede contener datos miembro punteros que pueden usarse para alojar datos en memoria dinámica. Para ello:

- Los **constructores** pueden reservar la memoría dinámica al crear los objetos.
- Otros métodos podrían aumentar o disminuir el tamaño de la memoria dinámica necesaria.
- El **destructor** liberará automáticamente la memoria dinámica que contenga el objeto.
  Lo veremos en tema 4. Por ahora, lo haremos explícitamente usando un método `liberar()`.

Clases que contienen datos en memoria dinámica

Ejemplo: clase Poligono

Contiene un array dinámico con los vértices (objetos `Punto`).

```
class Punto{
    double x;
    double y;
public:
    Punto(){x=0; y=0;};
    Punto(int x, int y){this->x=x; this->y=y};
    double getX(){return x;} const;
    double getY(){return y;} const;
    double setXY(int x, int y){this->x=x; this->y=y};
};
```

Clases que contienen datos en memoria dinámica

```
class Poligono{
    int nVertices;
    Punto* vertices;
public:
    Poligono();
    ~Poligono(); // destructor (lo veremos en tema 4)
    Poligono(const Poligono& otro); // constructor copia (tema 4)
    Poligono& operator=(const Poligono& otro); // op asignación (tema 4)
    int getNumeroVertices() const;
    Punto getVertice(int index) const;
    void addVertice(Punto v);
    ...
};
```

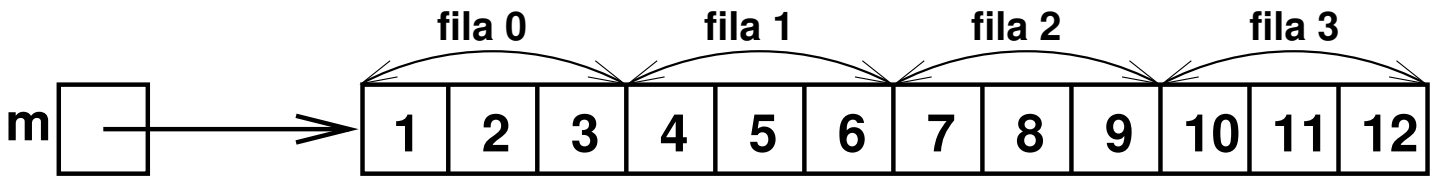
Clases que contienen datos en memoria dinámica

```
int main() {
   Punto punto;
   Poligono poligono;
   punto.setXY(10,10);
   poligono.addVertice(punto);
   ...
   poligono.destruir();
}
```

Contenido del tema

Matriz 2D usando un array 1D

	0	1	2
0	1	2	3
1	4	5	6
2	7	8	9
3	10	11	12



- **Creación de la matriz**:

```
int *m;
int nfil, ncol;
m = new int[nfil*ncol];
```

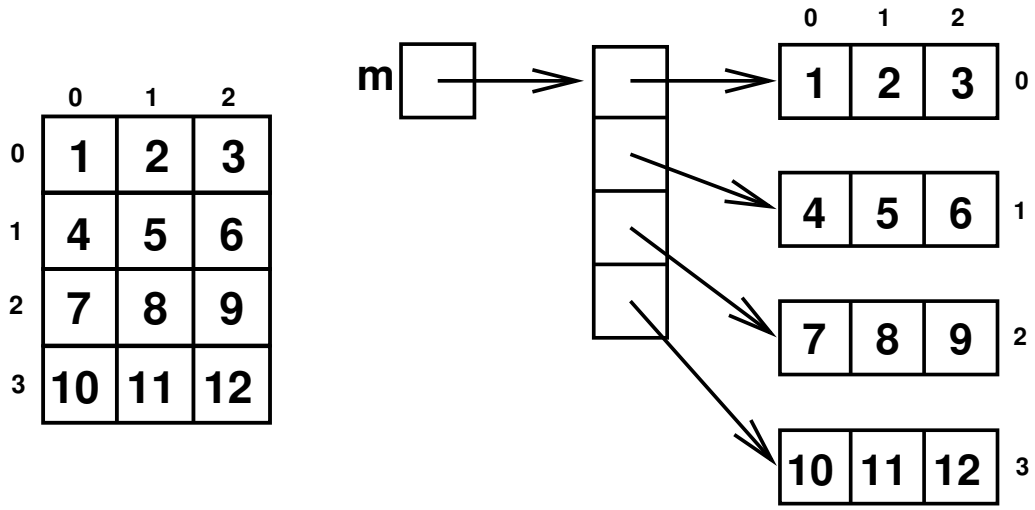
- **Acceso al elemento** `f,c`:

```
int a;
a = m[f*ncol+c];
```

- **Liberación de la matriz**:

```
delete[] m;
```

Matriz 2D usando un array 1D de punteros a arrays 1D



- **Creación de la matriz**:

```
int **m;
int nfil, ncol;
m = new int*[nfil];
for (int i=0; i<nfil;++i)
    m[i] = new int[ncol];
```

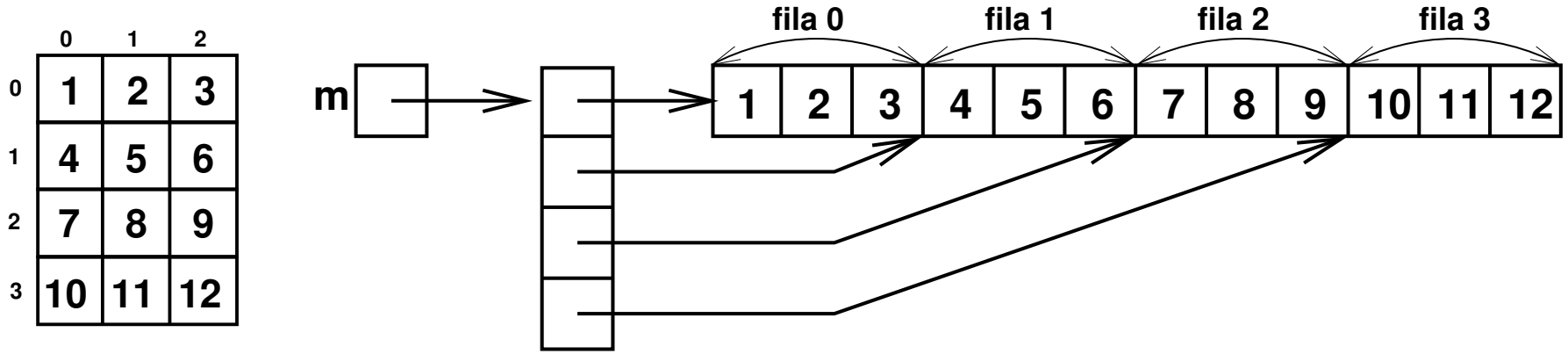
- **Acceso al elemento** `f,c`:

```
int a;
a = m[f][c];
```

- **Liberación de la matriz**:

```
for(int i=0;i<nfil;++i)
    delete[] m[i];
delete[] m;
```

Matriz 2D usando un array 1D de punteros a un único array



- **Creación de la matriz**:

```
int **m;
int nfil, ncol;
m = new int*[nfil];
m[0] = new int[nfil*ncol];
for (int i=1; i<nfil;++i)
     m[i] = m[i-1]+ncol;
```

- **Acceso al elemento** `f,c`:

```
int a;
a = m[f][c];
```

- **Liberación de la matriz**:

```
delete[] m[0];
delete[] m;
```

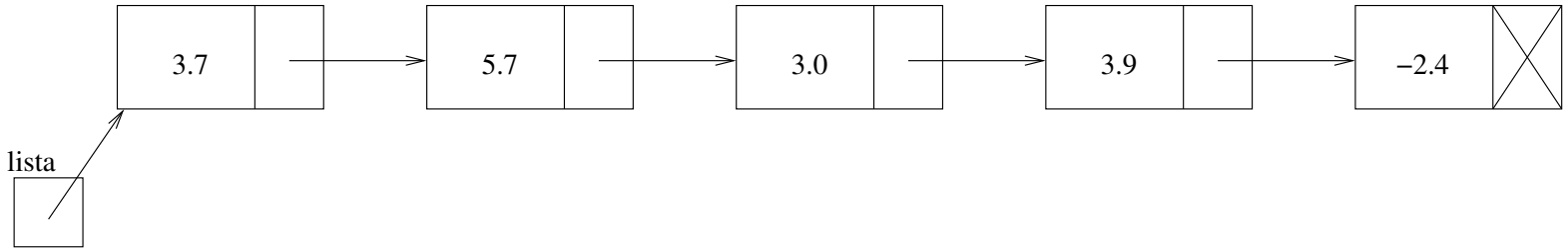
Contenido del tema

Lista de celdas enlazadas

Lista de celdas enlazadas

Es una **estructura de datos lineal** que nos permite guardar un conjunto de elementos del mismo tipo usando celdas enlazadas.

- Cada celda se alojará en el Heap.
- Usaremos punteros para enlazar una celda con la siguiente.




```
struct Celda{
   double dato;
   Celda* sig;
}
```

Lista de celdas enlazadas

```
#include <iostream>
using namespace std;
struct Celda{
    double dato;
    Celda* sig;
};

int main(){
    Celda *lista, *aux;
    double valor;

    lista = nullptr;
    cin >> valor;
    while(valor != 0.0){ // Creación de las celdas de la lista
        aux = new Celda;
        aux->dato = valor;
        aux->sig = lista;
        lista = aux;
        cin >> valor;
    }
```

Lista de celdas enlazadas

```
    // Mostrar la lista en salida estándar
    aux = lista;
    while(aux != nullptr){
        cout << aux -> dato << " ";
        aux = aux->sig;
    }
    cout << endl;

    while (lista != nullptr) { // Destrucción de la lista
        aux = lista;
        lista = aux->sig;
        delete aux;
    }
}
```

Lista de celdas enlazadas

Función para insertar al principio de la lista

```
void insertarPrincipioLista(Celda* &lista, double valor){
    Celda *aux = new Celda;
    aux->dato = valor;
    aux->sig = lista;
    lista = aux;
}
```

Función para mostrar el contenido de la lista

```
void mostrarLista(Celda* lista){
    Celda *aux = lista;
    while(aux != nullptr){
        cout << aux -> dato << " ";
        aux = aux->sig;
    }
    cout << endl;
}
```

Lista de celdas enlazadas

Función para destruir la lista

```
void destruirLista(Celda* &lista){
    while (lista != nullptr) {
        Celda *aux = lista;
        lista = aux->sig;
        delete aux;
    }
}
```

Lista de celdas enlazadas

Función para insertar al final de la lista

- Si la lista está vacía, inserto al principio.
- Si la lista no esta vacía
  - Busco puntero p a última celda.
  - Inserto después de posición p.

Lista de celdas enlazadas

Función para insertar después de una celda apuntada por un puntero p

- Hacer que `aux` (puntero auxiliar) apunte a nueva celda.
- Asignar a `aux->dato`, el nuevo dato.
- Asignar a `aux->sig`, el valor de `p->sig`.
- Asignar a `p->sig` el valor de `aux`.

Lista de celdas enlazadas

Función para insertar antes de una celda apuntada por un puntero p

- Si se quiere insertar al principio o la lista está vacía, insertar al principio.
- En caso contrario:
  - Buscar un puntero `aux` que apunte a celda anterior a la apuntada por `p`
  - Hacer que `aux2` (puntero auxiliar) apunte a nueva celda.
  - Asignar a `aux2->dato`, el nuevo dato.
  - Asignar a `aux2->sig`, el valor de `p`.
  - Asignar a `aux->sig`, el valor de `aux2`.

Función para borrar la celda apuntada por un puntero p