Tema 4. Tipos de Datos Avanzados

Vicente Benjumea García

Programación-I

Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación.
E.T.S.I. Informática. Univ. de Málaga.

Tema 4. Tipos de datos avanzados

- Tipos de datos.
- Estructuras (registros).
  - Definición de estructuras.
  - Paso de parámetros de estructuras.
  - Operaciones con estructuras.
- Arrays.
  - Definición de arrays.
  - Paso de parámetros de arrays.
  - Operaciones con arrays.
  - Listas con número variable de elementos. Operaciones básicas.
  - Arrays multidimensionales.
  - Cadenas de caracteres.
- Resolución de problemas usando tipos compuestos.
- Gestión dinámica de memoria.
  - Alojar, realojar y liberar zonas de memoria
  - Listas con número variable de elementos en memoria dinámica.
- Aritmética de punteros.
  - Arrays y aritmética de punteros
  - Buffers de memoria y aritmética de punteros

Tipos de Datos

- El **tipo de datos** define las características de los objetos: conjunto de valores que pueden tomar, operaciones que se pueden aplicar, espacio de almacenamiento, etc.
- Los **tipos de datos simples** definen conjuntos de valores formados por elementos **indivisibles** y **ordenados**.
  - Predefinidos: **bool**, **char**, **unsigned**, **int**, **double**, *etc*.
  - Definidos por el programador:
    - **enum** (tipo enumerado): define un nuevo tipo donde el conjunto de valores se especifica como una secuencia de símbolos (enumeración).
- Los **tipos de datos compuestos** (estructurados) definen conjuntos de valores formados por elementos **compuestos** que se pueden manipular como un **todo** o a partir de sus **componentes individuales**.
  - Definidos por el programador:
    - **struct** (estructura o registro): define un nuevo tipo como una **agrupación** de varios componentes que pueden ser de **tipos distintos**, adecuado para procesamiento **individualizado**.
    - **array**: define un nuevo tipo como una **colección** de múltiples elementos del **mismo tipo**, con acceso **parametrizado**, adecuado para procesamiento **iterativo**.
    - Las **cadenas de caracteres** representan *secuencias de caracteres*, con acceso **parametrizado** a los elementos de tipo **char**, y se almacenan como arrays de caracteres.

Estructuras (Registros)

El Tipo Estructura (Registro)

- Es un **tipo definido por el programador**. El programador puede definir tantos tipos nuevos como necesite. También denominado **Registro**.
- El tipo estructura permite definir un **nuevo tipo** como una **agrupación** de un número determinado de **componentes** que pueden ser de **distintos tipos**.
- Los componentes se denominan **campos**, y su ámbito de visibilidad se restringe a la propia estructura definida.
- El programador debe especificar el nombre del nuevo tipo, así como el nombre y el tipo de los componentes.
- Se puede **acceder** a cada componente individual de la agrupación mediante su **identificador**. Adecuado para procesamiento **individualizado**.

```c
// Definición de Estructura
struct NombreDelNuevoTipoEstructura {
    Tipo1 campo_1;
    Tipo2 campo_1;
    ...
    TipoN campo_n;
} ; // Punto-y-coma
```

```c
// Definición de Estructura y Alias (typedef)
typedef struct NombreDelNuevoTipoEstructura {
    Tipo1 campo_1;
    Tipo2 campo_1;
    ...
    TipoN campo_n;
} NombreDelNuevoTipoEstructura ; // Punto-y-coma
```

Definición de Estructuras (Registros)

- Podemos definir un **nuevo tipo** que represente el concepto de *Fecha* como agrupación de *dia*, *mes* y *año*.

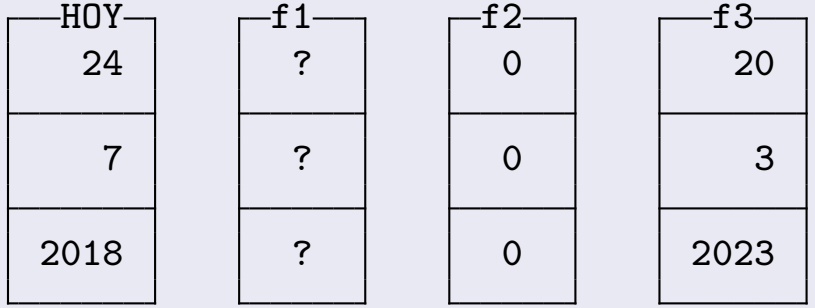
```
struct Fecha {
    int dia;
    int mes;
    int anyo;
};
```

```
typedef struct Fecha {
    int dia;
    int mes;
    int anyo;
} Fecha;
```

```
// Se pueden agrupar los campos
// si son del mismo tipo
struct Fecha {
    int dia, mes, anyo;
};
```

- Los valores del tipo **`struct Fecha`** se componen de tres elementos concretos (de tipo **`int`** cada uno, aunque pueden ser de tipos diferentes) .
- Los identificadores **`dia`**, **`mes`** y **`anyo`** representan los nombres de sus elementos componentes, denominados **campos**, y su ámbito de visibilidad se restringe a la propia estructura definida.
- Podemos declarar constantes, variables y parámetros de dicho tipo
  - Las *llaves-simples* inicializan valores y las *llaves-vacías* inicializan a cero.

```
const struct Fecha HOY = { 24, 7, 2018 };
int main()
{
   struct Fecha f1;        // { ?, ?, ? }
   struct Fecha f2 = {};   // { 0, 0, 0 }
   struct Fecha f3 = {20, 3, 2023};
}
```



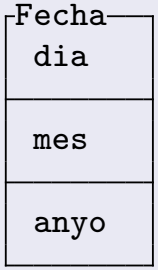
Definición de Estructuras (Registros)

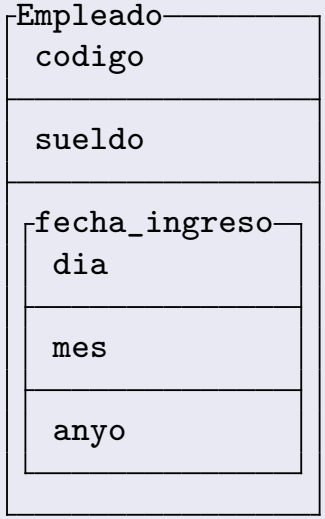
- Los campos de una estructura pueden ser de cualquier tipo de datos, simple o compuesto.
  - Por ejemplo, el campo `fecha_ingreso` del tipo `Empleado` es de tipo `Fecha`.

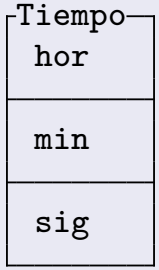
```c
struct Fecha {
    int dia;
    int mes;
    int anyo;
};
```

```c
struct Empleado {
    int    codigo;
    double sueldo;
    struct Fecha fecha_ingreso;
};
```

```c
struct Tiempo {
    int hor;
    int min;
    int seg;
};
```



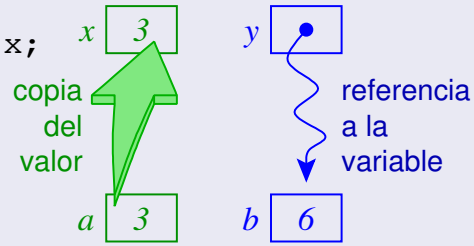




Paso de Parámetros de Estructuras (Registros)

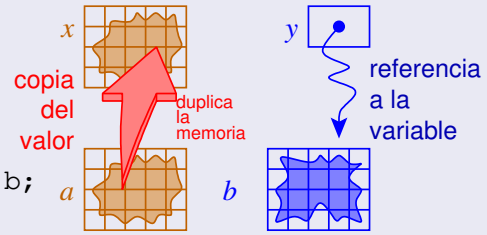
El **paso por valor** de tipos **simples** permite realizar la transferencia de información de *entrada* de forma **eficiente**.

```
void subprograma(int x, int* y)
{
    *y = 2 * x;
}

int main()
{
    int a, b;
    a = 3;
    subprograma(a, &b);
}
```



El **paso por valor** de **estructuras** conlleva una **alta sobrecarga**, ya que se debe duplicar la memoria y copiar el contenido (de gran tamaño).

```
void proc(struct Datos x, struct Datos* y)
{
   // ...
}

int main()
{
   struct Datos a, b;
   // ...
   proc(a, &b);
}
```



Todos los **parámetros de entrada** de **tipos simples** se realizarán mediante el **paso por valor**.

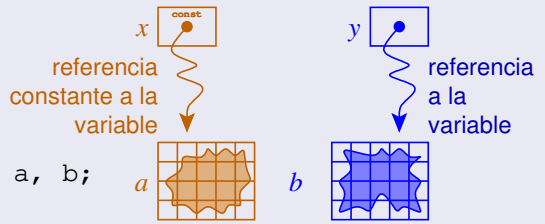
Todos los **parámetros de entrada** de **estructuras** se realizarán mediante el **paso de punteros constante**.

> *El **paso por valor** de **estructuras** **no se debe utilizar**, ya que tiene una **alta sobrecarga**.*

Todos los **parámetros de salida o entrada/salida** se realizarán mediante el **paso de punteros**.

El **paso de punteros constante** de **estructuras** permite realizar la transferencia de información de *entrada* de forma **eficiente**.

```
void proc(const struct Datos* x, struct Datos* y)
{
   // ...
}

int main()
{
   struct Datos a, b;
   // ...
   proc(&a, &b);
}
```



Paso de Parámetros de Estructuras (Registros)

- Todos los **parámetros de salida o entrada/salida** de **estructuras** se realizarán mediante el **paso de punteros**.
- Todos los **parámetros de entrada** de estructuras se realizarán mediante el **paso de punteros constante**.
  - **No se debe utilizar** el **paso por valor** de estructuras, ya que tiene una **alta sobrecarga**, debido a que debe duplicar la memoria y copiar el contenido.

```
void leer_fecha(struct Fecha* f)            // ⇑ Paso de puntero
{
    printf("Introduce dia mes y año: ");
    scanf(" %d %d %d", &f->dia, &f->mes, &f->anyo);
}
void mostrar_fecha(const struct Fecha* f)   // ⇓ Paso de puntero constante
{
    printf("%02d/%02d/%04d\n", f->dia, f->mes, f->anyo);
}
int main()
{
    struct Fecha f1;
    leer_fecha(&f1);
    mostrar_fecha(&f1);
}
```

Operaciones con Estructuras (Registros)

- Un objeto de tipo estructura puede tratarse como un **todo**, o acceder a cada uno de sus **componentes** (campos).
- Un determinado componente podrá utilizarse en cualquier lugar en que resulten válidas las variables de su mismo tipo.
- Para **acceder** a un determinado componente se **nombra** el objeto seguido por el identificador del **campo** correspondiente, ambos separados por **punto** (**'.'**) (del tipo del componente especificado).
- Si la variable es un **puntero a una estructura**, para **acceder** a un determinado componente se **nombra** la variable seguido por el identificador del **campo** correspondiente, ambos separados por **flecha** (**'->'**) (del tipo del componente especificado).

```c
void mostrar_fecha(const struct Fecha* f)
{
  printf("%02d/%02d/%04d\n", f->dia, f->mes, f->anyo);
  printf("%02d/%02d/%04d\n", (*f).dia, (*f).mes, (*f).anyo);
}
int main()
{
  struct Fecha f = { 24, 7, 2018 };
  mostrar(&f);
}
```

```c
int main()
{
  struct Empleado pepe;
  pepe.codigo = 123;
  pepe.sueldo = 1234.56;
  pepe.fecha_ingreso.dia = 27;
  pepe.fecha_ingreso.mes = 8;
  pepe.fecha_ingreso.anyo = 2018;
}
```

Operaciones con Estructuras (Registros)

Operaciones entre estructuras completas.

- Asignación de *estructuras* completas (=) del mismo tipo.
- Paso como parámetro a subprogramas (⇑⇓*puntero* y ⇓*puntero constante*).
- Devolución por una función. Esta operación es válida, pero no es recomendable.
  - Mejor mediante un parámetro de salida (⇑) con paso de punteros.
- Cualquier otra operación debe ser definida por el programador (programada componente a componente).
  - **No** son validos los op.relac. (`==` , `!=` , `>` , `>=` , `<` , `<=`), ni `scanf()`, `printf()`.

```c
// Paso de puntero                    ⇑
void leer_fecha(struct Fecha* f)
{
    printf("Introduce dia mes y año: ");
    scanf(" %d %d %d", &f->dia, &f->mes, &f->anyo);
}
// Paso de puntero constante          ⇓
void mostrar_fecha(const struct Fecha* f)
{
    printf("%02d/%02d/%04d\n", f->dia, f->mes, f->anyo);
}
void copiar_fecha(struct Fecha* d, const struct Fecha* o)
{
    *d = *o;  // Asignación de estructuras completas // Atención al posible error: d = o; // ERROR
}
```

```c
int main()
{
    struct Fecha f1, f2, f3;
    leer_fecha(&f1);
    f2 = f1;  // Asignación de estructuras comple
    copiar_fecha(&f2, &f1);
    mostrar_fecha(&f2);
    f3 = (struct Fecha){20, 07, 2023};
    mostrar_fecha(&f3);
}
```

Estructuras (Registros). Ejemplo 1

- Desarrolle un programa que calcule y muestre la diferencia de tiempo entre dos instantes de tiempo concretos, leídos de teclado, especificados de forma desglosada en *horas*, *minutos* y *segundos*.

Estructuras (Registros). Ejemplo 1

```c
#include <stdio.h>

const int SEGMIN = 60;
const int MINHOR = 60;
const int MAXHOR = 24;
const int SEGHOR = SEGMIN
                   * MINHOR;
struct Tiempo {
    int horas;
    int minutos;
    int segundos;
};
```

```c
int leer_intervalo(int inf, int sup)
{
  int num;
  printf("Introduce valor [%d, %d)", inf, sup);
  scanf(" %d", &num);
  while ( ! ((inf <= num) && (num < sup))) {
    printf("Error. Introduce valor [%d, %d)",
           inf, sup);
    scanf(" %d", &num);
  }
  return num;
}
void leer_tiempo(struct Tiempo* t)
{
    printf("Introduce horas: ");
    t->horas = leer_intervalo(0, MAXHOR);
    printf("Introduce minutos: ");
    t.minutos = leer_intervalo(0, MINHOR);
    printf("Introduce segundos: ");
    t.segundos = leer_intervalo(0, SEGMIN);
}
```

Estructuras (Registros). Ejemplo 1

```
void escribir_tiempo(const struct Tiempo* t)
{
    printf("%02d/%02d/%02d", t->horas, t->minutos, t->segundos);
}
int tiempo_a_seg(const struct Tiempo* t)
{
    return (t->horas * SEGHOR) + (t->minutos * SEGMIN) + (t->segundos);
}
void seg_a_tiempo(int sg, struct Tiempo* t)
{
    t->horas = sg / SEGHOR;
    t->minutos = (sg % SEGHOR) / SEGMIN;
    t->segundos = (sg % SEGHOR) % SEGMIN;
}
void diferencia(const struct Tiempo* t1, const struct Tiempo* t2, struct Tiempo* dif)
{
    seg_a_tiempo(tiempo_a_seg(t2) - tiempo_a_seg(t1), dif);
}
int main()
{
    Tiempo t1, t2, dif;
    leer_tiempo(&t1);
    leer_tiempo(&t2);
    diferencia(&t1, &t2, &dif);
    escribir_tiempo(&dif);
    printf("\n");
}
```

Estructuras (Registros). Ejemplo 2

- Desarrolle un programa que permita introducir los datos de dos empleados (código, sueldo y fecha de ingreso) y muestre los datos del empleado con mayor antigüedad.

Estructuras (Registros). Ejemplo 2

```c
#include <stdio.h>

struct Fecha {
    int dia, mes, anyo;
};
struct Empleado {
    int codigo;
    double sueldo;
    struct Fecha fecha_ingr;
};

void leer_fecha(struct Fecha* f)
{
  printf("Introduce dia mes y año: ");
  scanf(" %d %d %d",
        &f->dia, &f->mes, &f->anyo);
}
```

```c
void leer_empleado(struct Empleado* e)
{
    Printf("Introduce código: ");
    scanf(" %d", &e->codigo);
    printf("Introduce sueldo: ");
    scanf(" %lg", &e->sueldo);
    printf("Introduce fecha de ingreso: ");
    leer_fecha( & e->fecha_ingr );
}
void mostrar_fecha(const struct Fecha* f)
{
    printf("%02d/%02d/%04d",
           f->dia, f->mes, f->anyo);
}
void mostrar_empleado(const struct Empleado* e)
{
    printf("%d %lg ", e->codigo, e->sueldo);
    mostrar_fecha( & e->fecha_ingr );
    printf("\n");
}
```

Estructuras (Registros). Ejemplo 2

```
bool es_menor(const struct Fecha* f1,
              const struct Fecha* f2)
{
    bool ok;
    if (f1->anyo < f2->anyo) {
        ok = true;
     } else if (f1->anyo > f2->anyo) {
        ok = false;
     } else if (f1->mes < f2->mes) {
        ok = true;
     } else if (f1->mes > f2->mes) {
        ok = false;
     } else if (f1->dia < f2->dia) {
        ok = true;
     } else if (f1->dia > f2->dia) {
        ok = false;
     } else {
        // fechas iguales
        ok = false;
    }
    return ok;
}
bool mas_antiguo(const struct Empleado* e1, const struct Empleado* e2)
{
    return es_menor( & e1->fecha_ingr, & e2->fecha_ingr);
}
```

```
int main()
{
    struct Empleado e1, e2;
    leer_empleado(&e1);
    leer_empleado(&e2);
    if (mas_antiguo(&e1, &e2)) {
        mostrar_empleado(&e1);
    } else {
        mostrar_empleado(&e2);
    }
}
```

Arrays

El Tipo Array

- Es un **tipo definido por el programador**. El programador puede definir tantos tipos nuevos como necesite.
- El tipo array permite definir un **nuevo tipo** como una **colección** (agregación) de un número **fijo** de **elementos** del **mismo tipo**.
- El **número de elementos** de la colección debe ser **constante**, definido en **tiempo de compilación**.
- El programador debe especificar el nombre del nuevo tipo, así como el tipo de los elementos y el número de elementos.
- Se puede **acceder** a cada elemento de la colección de forma **parametrizada**. Adecuado para procesamiento **iterativo**.

- Se puede especificar el tipo **array** en la propia definición de las constantes, variables y parámetros, especificando el número de elementos entre corchetes:

```
// tipo-base  variable  número-de-elementos
      int   practicas[NUMERO_ELEMENTOS] ; // variable de tipo ARRAY de INT
```

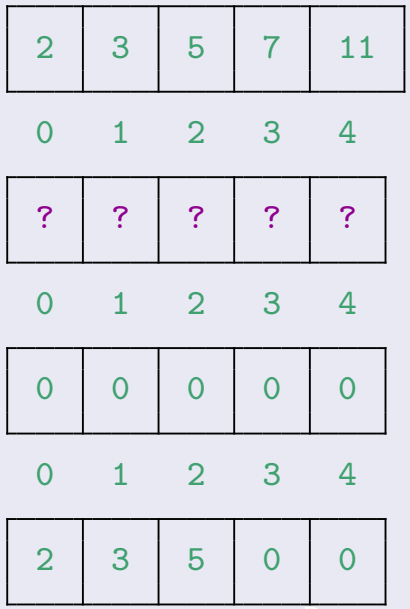
- **typedef** también permite definir un *alias (nombre)* asociado al tipo **array**:

```
// tipo-base  alias  número-de-elementos
typedef int  Numeros[NUMERO_ELEMENTOS] ;
Numeros practicas; // variable de tipo Numeros (ARRAY de INT)
```

Arrays

- En la definición de un tipo Array interviene:
  - El **tipo base** es el tipo de los elementos que constituyen el array. Puede ser cualquier tipo de datos, simple o compuesto.
  - El **número** de elementos que forman la colección. Debe ser **constante**.
- Podemos definir constantes, variables y parámetros de tipo array.
  - Las *llaves* inicializan valores y las *llaves-vacías* inicializan a cero.
- Por ejemplo, podemos definir constantes y variables de tipo array que representen una colección de 5 números enteros.

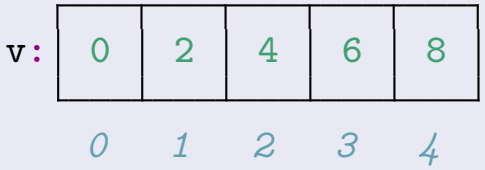
```
enum {
    NELMS = 5, // se debe definir el tamaño del array con un NOMBRE en enum
} ;

const int PRIMOS[NELMS] = { 2, 3, 5, 7, 11 };

int main()
{
   int v1[NELMS];


   int v2[NELMS] = {};


   int v3[NELMS] = { 2, 3, 5 };
```



Arrays. Acceso a los Componentes

- Un objeto de tipo array puede tratarse como un **todo**, o acceder a cada uno de sus **componentes** (elementos).
- Un determinado elemento podrá utilizarse en cualquier lugar en que resulten válidas las variables de su mismo tipo base.
- **Acceso al iésimo** elemento del array `v` (del tipo base del array):
  - `v[i]` donde `i` ∈ { `0...NELMS-1` }

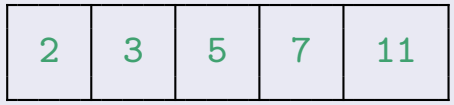
```
enum {
    NELMS = 5,
} ;
int main()
{
    int v[NELMS];
    for (int i = 0; i < NELMS; ++i) {
        v[i] = 2 * i;
    }
    int primer_elemento = v[0];          // 0
    int ultimo_elemento = v[NELMS - 1]; // 8
}
```

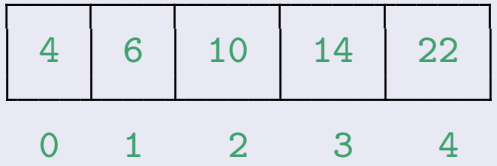


El compilador no comprueba que el valor del índice se encuentre dentro del intervalo válido ⇒ ERRORES GRAVES ⇒ Desbordamiento de Buffer ⇒ Buffer overflow

Arrays. Ejemplo

```
enum {
    NELMS = 5,
} ;


const int PRIMOS[NELMS] = { 2, 3, 5, 7, 11 };

int main()
{
    int v1[NELMS];
    for (int i = 0; i < NELMS; ++i) {
        v1[i] = PRIMOS[i] * 2;
    }

    int v2[NELMS];
    for (int i = 0; i < NELMS; ++i) {
        scanf(" %d", &v2[i]);
    }
    for (int i = 0; i < NELMS; ++i) {
        printf("%d ", v2[i]);
    }
    printf("\n");
}
```





Arrays. Procesamiento iterativo

- Los programas deben **funcionar adecuadamente** incluso cuando se **modifiquen** los valores de las **constantes** que determinan el número de elementos de los arrays.
  - Los arrays se deben manipular con **procesamientos iterativos** (bucles).

```
enum {
    NELMS = 3, // se debe definir el tamaño del array con un NOMBRE en enum
} ;

void procesamiento_iterativo() // procesamiento iterativo -> BIEN
{
    int v[NELMS];                                    //
    for (int i = 0; i < NELMS; ++i) {                //   v:  1 | 2 | 3
        v[i] = i + 1;                                //
    }                                                //       0   1   2
}
void procesamiento_fijo() // procesamiento fijo -> MAL
{
    int v[NELMS]; // Si cambiase el valor            //
    v[0] = 1;     // de la constante NELMS,          //   v:  1 | 2 | 3
    v[1] = 2;     // entonces el programa            //
    v[2] = 3;     // funcionaría MAL                 //       0   1   2
}
```

Paso de Parámetros de Arrays (I)

- En el paso de parámetros, el **array pierde su tamaño** y automáticamente **se convierte en un puntero** al primer elemento del array.
  - El **número de elementos** del array se debe **pasar como parámetro (VLA)**.
  - Todos los **parámetros de salida o entrada/salida** de **arrays** se realizarán mediante el paso de **arrays de longitud variable (VLA)**.
  - Todos los **parámetros de entrada** de **arrays** se realizarán mediante el paso de **arrays de longitud variable (VLA) constante**.

El compilador no comprueba que el tamaño de los arrays sea válido
⇒ ERRORES GRAVES ⇒ Desbordamiento de Buffer ⇒ Buffer overflow

```c
// FORMA RECOMENDADA (VLA como parámetro)
void mostrar_vector(int nelms, const int v[nelms])
{
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
      printf("%d ", v[i]);
    }
    printf("\n");
}

// VLA: "Variable Length Array"
// Este mecanismo se denomina "parámetro VLA"
// Sólo utilizaremos VLA como parámetros
// No utilizaremos VLA como variables
```

```c
// FORMA RECOMENDADA (VLA como parámetro)
void leer_vector(int nelms, int v[nelms])
{
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
      scanf(" %d", &v[i]);
    }
}
int main()
{
    int v1[NELMS];
    leer_vector(NELMS, v1);
    mostrar_vector(NELMS, v1);
}
```

Paso de Parámetros de Arrays (II)

- Se recomienda NO realizar el paso de parámetros de arrays como punteros.
- Se recomienda NO realizar el paso de parámetros de arrays sin el tamaño.

```c
// FORMA RECOMENDADA (VLA como parámetro)


void leer_vector(int nelms, int v[nelms])
{
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
      scanf(" %d", &v[i]);
    }
}



void mostrar_vector(int nelms, const int v[nelms])
{
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
      printf("%d ", v[i]);
    }
    printf("\n");
}

int main() {
    int v1[NELMS];
    leer_vector(NELMS, v1);
    mostrar_vector(NELMS, v1);
}
```

```c
// FORMA NO RECOMENDADA (arrays como punteros)
// FORMA NO RECOMENDADA (arrays sin tamaño)
//void leer_vector(int nelms, int* v)
  void leer_vector(int nelms, int v[])
  {
      for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
        scanf(" %d", &v[i]);
      }
  }

//void mostrar_vector(int nelms, const int* v)
  void mostrar_vector(int nelms, const int v[])
  {
      for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
        printf("%d ", v[i]);
      }
      printf("\n");
  }

  int main() {
      int v1[NELMS];
      leer_vector(NELMS, v1);
      mostrar_vector(NELMS, v1);
  }
```

Estructuras con componentes de tipo Array.

- Es posible definir estructuras con **componentes** de tipo **array**.
  - Se aplica el paso de parámetros de estructuras.
  - **Sí** es válido asignar estructuras completas con componentes de tipo array.
  - Es adecuada para trabajar con arrays con **número de elementos prefijado**.
  - El número de elementos del array está vinculado al tipo de la estructura, por lo que se puede utilizar el valor de la constante **NELMS** en los bucles, etc.

```c
#include <stdio.h>
enum {
     NELMS = 5,
};
struct Vector {
    int elm[NELMS];
};
void leer_vector(struct Vector* v)
{
    for (int i = 0; i < NELMS; ++i) {
      scanf(" %d", &v->elm[i]);
    }
}
void mostrar_vector(const struct Vector* v)
{
    for (int i = 0; i < NELMS; ++i) {
      printf("%d ", v->elm[i]);
    }
    printf("\n");
}
```

```c
void copiar(struct Vector* dst, const struct Vector* org)
{
    *dts = *org; // Asignación de estructuras completas
    // Atención al posible error: dts = org; // ERROR
}
int main() {
    struct Vector v1;
    struct Vector v2;
    leer_vector(&v1);
    v2 = v1;      // Asignación de estructuras completas
    copiar(&v2, &v1);
    mostrar_vector(&v2);
}
```

Operaciones con Arrays

Operaciones con Arrays completos

- Paso como parámetro a subprogramas. (⇑⇕*puntero* y ⇓*puntero constante*).
  - El **array pierde su tamaño** y **se convierte en un puntero** automáticamente .
- Cualquier otra operación debe ser definida por el programador (programada elemento a elemento).
  - **No** es válida la asignación (=) de *arrays* completos.
    - **Sí** es válido asignar estructuras completas con arrays internos.
  - **No** es valido que una función devuelva un valor de tipo array.
    - Se debe hacer mediante un parámetro de salida (paso por referencia).
  - **No** son validos los op.relac. (`==` , `!=` , `>` , `>=` , `<` , `<=`), ni `scanf()`, `printf()`.

```c
void leer_vector(int nelms, int v[nelms])
{
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
      scanf(" %d", &v[i]);
    }
}
void mostrar_vector(int nelms, const int v[nelms])
{
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
      printf("%d ", v[i]);
    }
    printf("\n");
}
```

```c
void cp(int nelms, int dst[nelms], const int org[nelms])
{
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
        dst[i] = org[i];
    }
}
int main() {
    int v1[NELMS];
    int v2[NELMS];
    leer_vector(NELMS, v1);
    cp(NELMS, v2, v1);
    mostrar_vector(NELMS, v2);
}
```

Arrays

Utilidad de los Arrays

Los arrays son útiles en todas aquellas circunstancias en que necesitamos tener **almacenados una colección de valores** (un número fijo predeterminado en tiempo de compilación) a los cuales pretendemos **acceder de forma parametrizada**, normalmente para aplicar un **procesamiento iterativo**.

Ejemplo 1. Programa de notas de alumnos (v1)

Lee la nota de cada alumno (el número de alumnos es 20) y muestra si está aprobado o suspenso, considerando que el alumno está aprobado si su nota es mayor o igual a 5.

Utilidad de los Arrays. Ejemplo 1

```c
#include <stdio.h>

const int NALUMNOS = 20;
const double APROBADO = 5.0;

int main()
{
    for (int i = 0; i < NALUMNOS; ++i) {
        printf("Introduzca nota del alumno %d: ", i);
        double nota;
        scanf(" %lg", &nota);
        if (nota >= APROBADO) {
            printf("Alumno: %d Aprobado\n", i);
        } else {
            printf("Alumno: %d Suspenso\n", i);
        }
    }
}
```

Utilidad de los Arrays. Ejemplo 2

Ejemplo 2. Programa de notas de alumnos (v2)

Lee la nota de cada alumno (el número de alumnos es 20) y muestra si está aprobado o suspenso, considerando que el alumno está aprobado si su nota es mayor o igual **a la nota media de todos los alumnos**.

Utilidad de los Arrays. Ejemplo 2

```c
#include <stdio.h>

enum {
     NALUMNOS = 20,
};

void leer_notas(int nelms, double notas[nelms])
{
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
        printf("Introduzca nota del alumno %d: ", i);
        scanf(" %lg", &notas[i]);
    }
}
double calc_media(int nelms, const double notas[nelms])
{
    double media = 0.0;
    if (nelms > 0) {
        double suma = 0.0;
        for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
            suma += notas[i];
        }
        media = suma / (double)nelms;
    }
    return media;
}
```

Utilidad de los Arrays. Ejemplo 2

```
void mostrar_notas(int nelms, const double notas[nelms], double umbral)
{
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
        if (notas[i] >= umbral) {
            printf("Alumno: %d Aprobado\n", i);
        } else {
            printf("Alumno: %d Suspenso\n", i);
        }
    }
}
int main()
{
    double notas[NALUMNOS];
    leer_notas(NALUMNOS, notas);
    double media = calc_media(NALUMNOS, notas);
    mostrar_notas(NALUMNOS, notas, media);
}
```

Arrays Incompletos: Listas con Número Variable de Elementos

- Hay situaciones en las que debemos almacenar una **lista** de elementos, donde el número de elementos puede **variar** durante la ejecución del programa, pero nunca sobrepasará un determinado **límite máximo**.
- Usualmente, la opción más adecuada para gestionar esta estructura de datos suele ser definir un **tipo estructura** que contenga:
  - El **número de elementos** válidos que **actualmente** contiene la lista.
  - Un **array**, del tamaño adecuado al límite máximo de la lista, que almacene los elementos **consecutivamente** al principio.
  - En ocasiones, la estructura puede tener más datos.
- Tiene diversas denominaciones, hay que entender el concepto, que puede surgir en diferentes contextos y denominaciones, y aplicarlo adecuadamente.

```
enum {
    MAX_ELEMENTOS = 100,
};
struct Lista {
    int nelms;                    // número de elementos almacenados en el array
    TipoBase elm[MAX_ELEMENTOS]; // los elementos se almacenan en el array
};
```

Utilidad de las Listas. Ejemplo 3

Ejemplo 3. Programa de notas de alumnos (v3)

- Lee la nota de cada alumno (el número **máximo** de alumnos es 20) y muestra si está aprobado o suspenso, considerando que el alumno está aprobado si su nota es mayor o igual **a la nota media de todos los alumnos**.
- **El número máximo de alumnos es 20, pero el número actual de alumnos será leído de teclado.**

Utilidad de las Listas. Ejemplo 3

```
#include <stdio.h>

enum {
     MAX_ALUMNOS = 20,
};

struct Notas {
    int nelms;
    double elm[MAX_ALUMNOS];
};

double calc_media(const struct Notas* notas)
{
    double media = 0.0;
    if (notas->nelms > 0) {
        double suma = 0.0;
        for (int i = 0; i < notas->nelms; ++i) {
            suma += notas->elm[i];
        }
        media = suma / (double)notas->nelms;
    }
    return media;
}
```

Utilidad de las Listas. Ejemplo 3

```
void leer_notas(struct Notas* notas)
{
    printf("Introduzca total de alumnos: ");
    scanf(" %d", &notas->nelms);
    if (notas->nelms <= 0 || notas->nelms > MAX_ALUMNOS) {
        notas->nelms = 0;  // lista vacía
        printf("Error\n");
    } else {
        for (int i = 0; i < notas->nelms; ++i) {
            printf("Introduzca nota del alumno %d: ", i);
            scanf(" %lg", &notas->elm[i]);
        }
    }
}
```

Utilidad de las Listas. Ejemplo 3

```
void mostrar_notas(const struct Notas* notas, double umbral)
{
    for (int i = 0; i < notas->nelms; ++i) {
        if (notas->elm[i] >= umbral) {
            printf("Alumno: %d Aprobado\n", i);
        } else {
            printf("Alumno: %d Suspenso\n", i);
        }
    }
}
int main()
{
    struct Notas notas;
    leer_notas(&notas);
    double media = calc_media(&notas);
    mostrar_notas(&notas, media);
}
```

Utilidad de las Listas. Ejemplo 3

```
void anyadir_elemento(struct Notas* notas, double valor)
{
    if (notas->nelms < MAX_ALUMNOS) {       // Si el nuevo elemento cabe en el array
        notas->elm[ notas->nelms ] = valor; // Añade el elemento al final de la lista
        ++notas->nelms;                     // Incrementa la cuenta de elementos
    } else {
        printf("Error\n");
    }
}
void leer_notas_alternativo(struct Notas* notas)
{
    double valor;
    notas->nelms = 0;  // lista vacía
    printf("Introduzca nota del alumno %d (negativo para fin): ", notas->nelms);
    scanf(" %lg", &valor);
    while (valor >= 0) {
        anyadir_elemento(notas, valor);
        printf("Introduzca nota del alumno %d (negativo para fin): ", notas->nelms);
        scanf(" %lg", &valor);
    }
}
```

Búsqueda Lineal o Secuencial (v1)

- Adecuada como mecanismo de **búsqueda general** en colecciones de datos **sin organización** conocida.
- Si encuentra el elemento buscado, entonces devuelve el índice donde se encuentra el elemento en el array, en otro caso devuelve un índice con valor fuera de límites.
  - Procede comparando consecutivamente el elemento a buscar con todos los elementos de la colección, hasta que lo encuentre, o hasta que haya comparado todos los elementos.

```
int buscar(const struct Lista* lista, int x)
{
    int i = 0;
    // Evaluación en CORTOCIRCUITO
    while ((i < lista->nelms) && (x != lista->elm[i])) {
        ++i;
    }
    if (i == lista->nelms) {
        i = -1;
    }
    return i;
}
```

Búsqueda Lineal o Secuencial (v2 y v3)

Buscar Alternativo (v2)

```
int buscar(const struct Lista* lista, int x)
{
    int idx = -1;
    for (int i = 0; (i < lista->nelms) && (idx < 0); ++i) {
        if (x == lista->elm[i]) {
            idx = i;
        }
    }
    return idx;
}
```

Buscar Alternativo (v3)

```
int buscar(const struct Lista* lista, int x)
{
    int idx = -1;
    bool encontrado = false;
    for (int i = 0; (i < lista->nelms) && ( ! encontrado); ++i) {
        if (x == lista->elm[i]) {
            idx = i;
            encontrado = true;
        }
    }
    return idx;
}
```

Operaciones Básicas con Listas (I)

Tipo Lista

```
enum {
     MAX_ELEMENTOS = 100,
};
struct Lista {
    int nelms;
    int elm[MAX_ELEMENTOS];
};
```

Añadir elemento al final

```
void anyadir(struct Lista* lista, int valor, bool* ok)
{
    if (lista->nelms < MAX_ELEMENTOS) {
        lista->elm[ lista->nelms ] = valor;
        ++lista->nelms;
        *ok = true;
    } else {
        *ok = false;
    }
}
```

Operaciones Básicas con Listas (II)

Eliminar elemento desordenando

```
void eliminar(struct Lista* lista, int valor, bool* ok)
{
    int pos = buscar(lista, valor);
    if (0 <= pos && pos < lista->nelms) {
        lista->elm[pos] = lista->elm[lista->nelms-1];
        --lista->nelms;
        *ok = true;
    } else {
        *ok = false;
    }
}
```

Operaciones Básicas con Listas (III)

Añadir elemento ordenado

```
int buscar_posicion(const struct Lista* lista, int valor)
{
  int i = 0;
  while ((i < lista->nelms)&&(valor >= lista->elm[i])) {
      ++i;
  }
  return i;
}

void anyadir_ord(struct Lista* lista, int valor, bool* ok)
{
    if (lista->nelms < MAX_ELEMENTOS) {
        int pos = buscar_posicion(lista, valor);
        for (int i = lista->nelms-1; i >= pos; --i) {
            lista->elm[i+1] = lista->elm[i];
        }
        lista->elm[pos] = valor;
        ++lista->nelms;
        *ok = true;
    } else {
        *ok = false;
    }
}
```

Operaciones Básicas con Listas (IV)

Eliminar elemento ordenado

```
void eliminar_ord(struct Lista* lista, int valor, bool* ok)
{
    int pos = buscar(lista, valor);
    if (0 <= pos && pos < lista->nelms) {
        for (int i = pos+1; i < lista->nelms; ++i) {
            lista->elm[i-1] = lista->elm[i];
        }
        --lista->nelms;
        *ok = true;
    } else {
        *ok = false;
    }
}
```

Operaciones Básicas con Listas (V)

Eliminar todos los elementos

```
void eliminar_todos(struct Lista* lista, int valor)
{
    int j = 0;
    for (int i = 0; i < lista->nelms; ++i) {
        if ( lista->elm[i] != valor ) {
            lista->elm[j] = lista->elm[i];
            ++j;
        }
    }
    lista->nelms = j;
}
```

Operaciones Básicas con Listas (VI)

Ordenación por Burbuja

```
// Código simplificado para facilitar su estudio

void ordenar_burbuja(struct Lista* lista)
{
    for (int k = 0; k < lista->nelms-1; ++k) {
        for (int i = 0; i < lista->nelms-1; ++i) {
            if (lista->elm[i] > lista->elm[i+1]) {
                int aux = lista->elm[i];
                lista->elm[i] = lista->elm[i+1];
                lista->elm[i+1] = aux;
            }
        }
    }
}
```

Arrays Multidimensionales

- El **tipo base** de un array puede ser tanto simple como compuesto, por lo tanto puede ser **otro array**, dando lugar a arrays con **múltiples dimensiones**.

```c
#include <stdio.h>

enum {
    NUMFILS = 3,
    NUMCOLS = 5,
};

int main()
{
    int matriz[NUMFILS][NUMCOLS];
    for (int f = 0; f < NUMFILS; ++f) {
        for (int c = 0; c < NUMCOLS; ++c) {
            matriz[f][c] = (f * NUMCOLS) + c;
        }
    }
    int n1 = matriz[0][0]; // primera fila (0), primera columna (0), elemento 0
    int n2 = matriz[2][4]; // última fila (2), última columna (4), elemento 14
}
```

COLUMNAS

FILAS m:	0	1	2	3	4
0	0	1	2	3	4
1	5	6	7	8	9
2	10	11	12	13	14

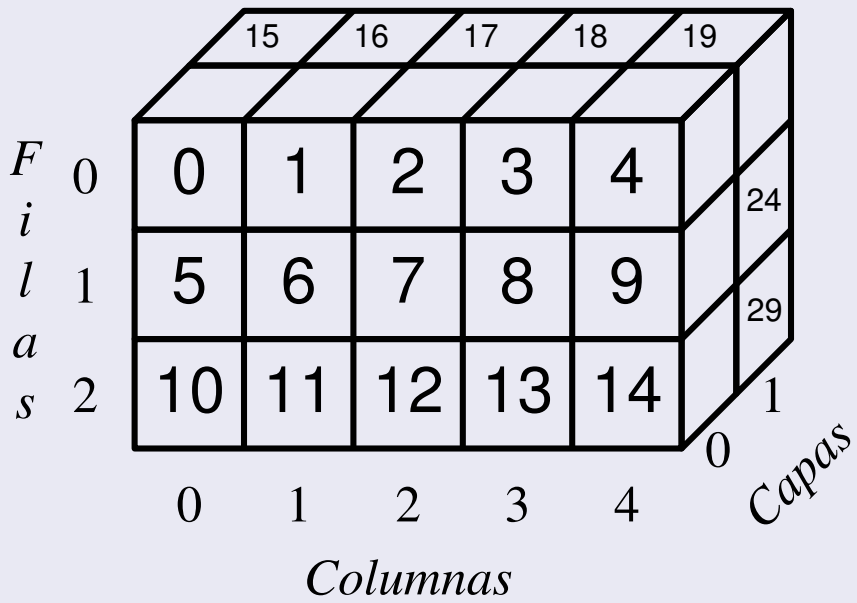
ATENCIÓN: muchos alumnos definen MAL el array, con las dimensiones intercambiadas

Arrays Multidimensionales

- También es posible definir un array de tres o más dimensiones.

```
enum {
    NUMCAPAS = 2,
    NUMFILS = 3,
    NUMCOLS = 5,
};

int cubo[NUMCAPAS][NUMFILS][NUMCOLS];
```

```
cubo[0][0][0] = 0;    cubo[1][0][0] = 15;
cubo[0][0][4] = 4;    cubo[1][0][4] = 19;
cubo[0][2][0] = 10;   cubo[1][1][4] = 24;
cubo[0][2][4] = 14;   cubo[1][2][4] = 29;
```



Entrada / Salida de un Array 2D

Mostrar el contenido de un Array 2D

```
void mostrar_matriz(int nfils, int ncols, const int matriz[nfils][ncols])
{
    for (int f = 0; f < nfils; ++f) {
        for (int c = 0; c < ncols; ++c) {
            printf("%3d ", matriz[f][c]); // espacio de separación
        }
        printf("\n");
    }
}
```

Leer el contenido de un Array 2D

```
void leer_matriz(int nfils, int ncols, int matriz[nfils][ncols])
{
    printf("Introduce %d x %d números:\n", nfils, ncols);
    for (int f = 0; f < nfils; ++f) {
        for (int c = 0; c < ncols; ++c) {
            scanf(" %d", &matriz[f][c]);
        }
    }
}
```

Búsqueda Lineal o Secuencial en Array 2D (v1)

- Si encuentra el elemento buscado, entonces devuelve los índices donde se encuentra el elemento en el array 2D, en otro caso devuelve un valor fuera de límites en los parámetros de los índices de la fila y columna.

```
void buscar2d(int nfils, int ncols, const int matriz[nfils][ncols],
              int x, int* fil, int* col)
{
    *fil = - 1;
    *col = - 1;
    int f = 0;
    int c = 0;
    while ((f < nfils) && (x != matriz[f][c])) {
        ++c;
        if (c >= ncols) {
            c = 0;
            ++f;
        }
    }
    if (f < nfils) {
        *fil = f;
        *col = c;
    }
}
```

Búsqueda Lineal o Secuencial en Array 2D (v2)

Buscar alternativo (v2)

```
void buscar2d(int nfils, int ncols, const int matriz[nfils][ncols],
              int x, int* fil, int* col)
{
    *fil = - 1;
    *col = - 1;
    for (int f = 0; (f < nfils) && (*fil < 0); ++f) {
        for (int c = 0; (c < ncols) && (*col < 0); ++c) {
            if (x == matriz[f][c]) {
                *fil = f;
                *col = c;
            }
        }
    }
}
```

Búsqueda Lineal o Secuencial en Array 2D (v3)

Buscar alternativo (v3)

```
void buscar2d(int nfils, int ncols, const int matriz[nfils][ncols],
              int x, int* fil, int* col)
{
    *fil = - 1;
    *col = - 1;
    bool encontrado = false;
    for (int f = 0; (f < nfils) && ( ! encontrado); ++f) {
        for (int c = 0; (c < ncols) && ( ! encontrado); ++c) {
            if (x == matriz[f][c]) {
                *fil = f;
                *col = c;
                encontrado = true;
            }
        }
    }
}
```

Arrays Multidimensionales. Ejemplo

- Algoritmo que lee una matriz 3x5 de enteros (fila a fila), almacenandolos en un array bidimensional **a**. Finalmente muestra la matriz según el siguiente formato:

```
a   a   a   a   a   b
a   a   a   a   a   b
a   a   a   a   a   b
c   c   c   c   c
```

  donde **b** representa el resultado de sumar todos los elementos de la fila y **c** representa el resultado de sumar todos los elementos de la columna donde se encuentran.

Arrays Multidimensionales. Ejemplo

```c
#include <stdio.h>

enum {
    NUMFILS = 3,
    NUMCOLS = 5,
};

void leer_matriz(int nfils, int ncols, int matriz[nfils][ncols])
{
    printf("Introduce %d x %d números:\n", nfils, ncols);
    for (int f = 0; f < nfils; ++f) {
        for (int c = 0; c < ncols; ++c) {
            scanf(" %d", &matriz[f][c]);
        }
    }
}
```

Arrays Multidimensionales. Ejemplo

```
int sumar_fila_alternativo(int nfils, int ncols, const int matriz[nfils][ncols], int f)
{
    int suma = 0;
    for (int c = 0; c < ncols; ++c) {
        suma += matriz[f][c];
    }
    return suma;
}
int sumar_fila(int ncols, const int fila[ncols])
{
    int suma = 0;
    for (int c = 0; c < ncols; ++c) {
        suma += fila[c];
    }
    return suma;
}
int sumar_columna(int nfils, int ncols, const int matriz[nfils][ncols], int c)
{
    int suma = 0;
    for (int f = 0; f < nfils; ++f) {
        suma += matriz[f][c];
    }
    return suma;
}
```

Arrays Multidimensionales. Ejemplo

```
void escribir_fila(int ncols, const int fila[ncols])
{
    for (int c = 0; c < ncols; ++c) {
        printf("%3d ", fila[c]);   // espacio de separación
    }
}
void escribir_matriz_formato(int nfils, int ncols, const int matriz[nfils][ncols])
{
    for (int f = 0; f < nfils; ++f) {
        escribir_fila(ncols, matriz[f]);
        printf("%3d\n", sumar_fila(ncols, matriz[f]));
        //printf("%3d\n", sumar_fila_alternativo(nfils, ncols, matriz, f));
    }
    for (int c = 0; c < ncols; ++c) {
        printf("%3d ", sumar_columna(nfils, ncols, matriz, c)); // espacio de separación
    }
    printf("\n");
}
int main()
{
    int matriz[NUMFILS][NUMCOLS];
    leer_matriz(NUMFILS, NUMCOLS, matriz);
    escribir_matriz_formato(NUMFILS, NUMCOLS, matriz);
}
```

Arrays Multidimensionales. Ejemplo: Difuminar Matriz (I)

Análisis de vecinos: difuminar matriz

- Se debe leer una matriz de 3×4 números enteros, posteriormente se debe difuminar la matriz, y finalmente de mostrará el contenido de la matriz difuminada.
- Para difuminar una matriz, se debe reemplazar cada número por la media (entera) del propio número junto con sus vecinos, considerando que los números pueden tener 8, 5 o 3 vecinos, dependiendo de su posición en la matriz (esquinas y laterales).
- Se debe tener cuidado que los números reemplazados no afecten a los cálculos.
- Por ejemplo, para la esquina superior derecha, $(76 + 43 + 32 + 12) \ / \ 4 = 40.75$

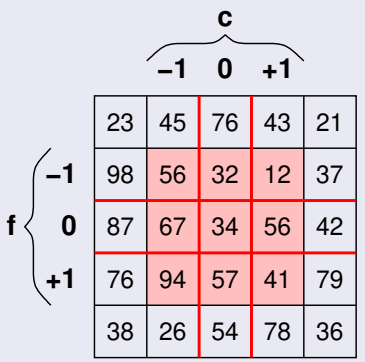
```
Introduce 3 x 4 números
23 45 76 43
98 56 32 12
87 67 34 56

 55  55  44  40
 62  57  46  42
 77  62  42  33
```

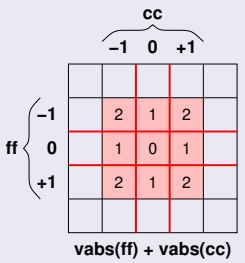
Arrays Multidimensionales. Ejemplo: Difuminar Matriz (II)

```c
#include <stdio.h>

enum {
    NUMFILS = 3,
    NUMCOLS = 4,
};

void leer_matriz(int nfils, int ncols, int matriz[nfils][ncols])
{
    printf("Introduce %d x %d números:\n", nfils, ncols);
    for (int f = 0; f < nfils; ++f) {
        for (int c = 0; c < ncols; ++c) {
            scanf(" %d", &matriz[f][c]);
        }
    }
}
void mostrar_matriz(int nfils, int ncols, const int matriz[nfils][ncols])
{
    for (int f = 0; f < nfils; ++f) {
        for (int c = 0; c < ncols; ++c) {
            printf("%3d ", matriz[f][c]);  // espacio de separación
        }
        printf("\n");
    }
}
```

Arrays Multidimensionales. Ejemplo: Difuminar Matriz (III)

```
bool es_valido(int nfils, int ncols, int f, int c, int ff, int cc)
{
    return (0 <= f+ff && f+ff < nfils) && (0 <= c+cc && c+cc < ncols);
}       // && (vabs(ff)+vabs(cc) == 2); // -> selecciona solo los vecinos de las esquinas
        // && (vabs(ff)+vabs(cc) == 1); // -> selecciona solo los vecinos horizontal y vertic
        // && (vabs(ff)+vabs(cc) > 0);  // -> selecciona solo los vecinos (no central)

double media_vecinos(int nfils, int ncols, const int matriz[nfils][ncols], int f, int c)
{
    int nvec = 0;
    int suma = 0;
    for (int ff = -1; ff <= +1; ++ff) {
        for (int cc = -1; cc <= +1; ++cc) {
            if (es_valido(nfils, ncols, f, c, ff, cc)) {
                suma += matriz[f+ff][c+cc];
                ++nvec;
            }
        }
    }
    return (nvec > 0) ? (double)suma / (double)nvec : 0;
}
```





Arrays Multidimensionales. Ejemplo: Difuminar Matriz (IV)

```
void difuminar_matriz(int nfils, int ncols, const int matriz[nfils][ncols],
                      int nuevo[nfils][ncols])
{
    for (int f = 0; f < nfils; ++f) {
        for (int c = 0; c < ncols; ++c) {
            nuevo[f][c] = media_vecinos(nfils, ncols, matriz, f, c);
        }
    }
}

int main()
{
    int matriz[NUMFILS][NUMCOLS];
    int nuevo[NUMFILS][NUMCOLS];
    leer_matriz(NUMFILS, NUMCOLS, matriz);
    difuminar_matriz(NUMFILS, NUMCOLS, matriz, nuevo);
    mostrar_matriz(NUMFILS, NUMCOLS, nuevo);
}
```

Ejemplo: Multiplicación de Matrices (I)

- Multiplicación de Matrices: producto de 2 matrices (de máximo 10x10 elementos).

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

enum {
     MAX = 10,
};

struct Matriz {
    int nfils;
    int ncols;
    double elm[MAX][MAX];
};

void escribir_matriz(const struct Matriz* m)
{
    for (int f = 0; f < m->nfils; ++f) {
        for (int c = 0; c < m->ncols; ++c) {
            printf("%6.2lg ", m->elm[f][c]);
        }
        printf("\n");
    }
}
```

Ejemplo: Multiplicación de Matrices (II)

```
void leer_matriz(struct Matriz* m)
{
    printf("Introduce dimensiones: ");
    scanf(" %d %d", &m->nfils, &m->ncols);
    if ((m->nfils <= 0)||(m->nfils > MAX)
        ||(m->ncols <= 0)||(m->ncols > MAX)) {
        printf("Error: tamaño erróneo\n");
        m->nfils = 0;
        m->ncols = 0;
    } else {
        printf("Introduce %d x %d valores, fila a fila:\n", m->nfils, m->ncols);
        for (int f = 0; f < m->nfils; ++f) {
            for (int c = 0; c < m->ncols; ++c) {
                scanf(" %lg", &m->elm[f][c]);
            }
        }
    }
}
```

Ejemplo: Multiplicación de Matrices (III)

```
double suma_fila_por_col(const struct Matriz* x, const struct Matriz* y, int f, int c)
{
    assert(x->ncols == y->nfils); // PRECOND
    double suma = 0.0;
    for (int k = 0; k < x->ncols; ++k) {
        suma += x->elm[f][k] * y->elm[k][c];
    }
    return suma;
}
void mult_matriz(const struct Matriz* x, const struct Matriz* y, struct Matriz* z)
{
    assert(x->ncols == y->nfils); // PRECOND
    z->nfils = x->nfils;
    z->ncols = y->ncols;
    for (int f = 0; f < z->nfils; ++f) {
        for (int c = 0; c < z->ncols; ++c) {
            z->elm[f][c] = suma_fila_por_col(x, y, f, c);
        }
    }
}
```

Ejemplo: Multiplicación de Matrices (IV)

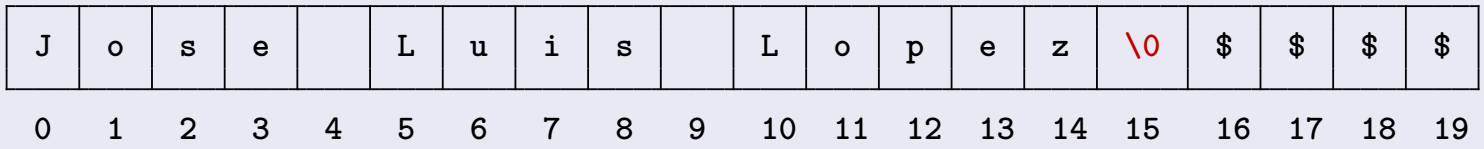
```
int main ()
{
    struct Matriz a, b, c;
    leer_matriz(&a);
    leer_matriz(&b);
    if (a.ncols != b.nfils) {
        printf("No se puede multiplicar.\n");
    } else {
        mult_matriz(&a, &b, &c);
        printf("Resultado:\n");
        escribir_matriz(&c);
    }
}
```

Cadenas de Caracteres (I)

- Las **cadenas de caracteres** representan una sucesión o **secuencia de caracteres**.
- Es un tipo de datos muy versátil, ya que sirve para representar información muy diversa:
  - Representa información **textual** (caracteres).
  - **Entrada** de datos y **salida** de resultados en forma de secuencia de caracteres.
  - Representa información **abstracta** por medio de una secuencia de caracteres.

Cadenas de Caracteres (II)

- Las **cadenas de caracteres** se representan, almacenan y manipulan mediante **arrays** de **char** de tamaño suficiente para almacenar todos los caracteres, según la especificación del problema.
- El caracter **nulo** (`'\0'`) es el caracter **terminador** de la cadena de caracteres, y sirve para indicar el final de la cadena de caracteres dentro del *array de char*.



- El tamaño del array determina el número de caracteres que se pueden almacenar y manipular, considerando el caracter nulo terminador.
  - Siempre debemos utilizar arrays con un elemento adicional al número máximo de caracteres especificado.
- Una cadena de caracteres **literal** se representa mediante una sucesión de caracteres entre **comillas dobles**: `"esto es un ejemplo"`.
  - La cadena de caracteres vacía se representa así: `""`.
  - Las cadenas de caracteres constantes (literales) también se pueden representar con el tipo `const char*`

Cadenas de Caracteres (III)

```c
#include <stdio.h>

enum {
    MAXCARS = 31+1, // 31 es el numero máximo de caracteres + 1 caracter nulo terminador
};

const char* AUTOR_1 = "Jose Luis";  // Puntero a Array interno constante de 10 caracteres
const char AUTOR_2[] = "Jose Luis"  // Array constante de 10 caracteres
const char AUTOR_3[] = { 'J', 'o', 's', 'e', ' ', 'L', 'u', 'i', 's', '\0' };
const char AUTOR_4[MAXCARS] = "Jose Luis";  // Array constante de 32 caracteres

int main()
{
  const char* nombre_1 = "Jose Luis Lopez";    // puntero a cadena de caracteres constante in
  char nombre_2[] = "Jose Luis Lopez";         // Array con 16 caracteres: Jose Luis Lopez\0
  char nombre_3[MAXCARS] = "Jose Luis Lopez";  // Array con 32 caracteres: Jose Luis Lopez\0
  char nombre_4[MAXCARS] = ""; // cadena vacía // Array con 32 caracteres: cadena vacía
  char nombre_5[MAXCARS] = {}; // cadena vacía // Array con 32 caracteres: cadena vacía
  char nombre_6[MAXCARS];  // sin inicializar  // Array con 32 caracteres: basura
}
```

Paso de Parámetros de Cadenas de Caracteres (I)

- Las cadenas de caracteres se almacenan en **arrays de char**, por lo tanto, el paso de parámetros se realiza como el paso de parámetros de arrays.
  - Se debe pasar el tamaño del array como parámetro.
  - El parámetro se debe pasar como **array de longitud variable (VLA)**, y en el caso de entrada, además, **constante**.
  - No obstante, en el caso del **paso de cadenas de caracteres constantes de entrada**, considerando que no serán modificadas, y que contienen el **caracter nulo terminador**, también se podrá realizar el paso de parámetros como array sin tamaño o como puntero.

```
enum {
    MAXCARS = 31+1, // maximo 31 caracteres + 1 terminador
};
// FORMA RECOMENDADA (VLA como parámetro)
void copiar(int maxcars, char dst[maxcars], const char org[maxcars])
{
    int i;
    for (i = 0; (i < maxcars-1)&&(org[i] != '\0'); ++i) {
        dst[i] = org[i];
    }
    dst[i] = '\0';
}
```

```
int main()
{
   char texto1[MAXCARS] = "hola, adios";
   char texto2[MAXCARS];
   copiar(MAXCARS, texto2, texto1);
}
```

Paso de Parámetros de Cadenas de Caracteres (II)

```
// FORMA ALTERNATIVA-1 (parámetro array constante sin tamaño) (número de caracteres determinado por \0)
void copiar_1(int maxcars, char dst[maxcars], const char org[])
{
    int i;
    for (i = 0; (i < maxcars-1)&&(org[i] != '\0'); ++i) {
        dst[i] = org[i];
    }
    dst[i] = '\0';
}
```

```
int main()
{
   const char texto1[] = "hola, adios";
   char texto2[MAXCARS];
   copiar_1(MAXCARS, texto2, texto1);
}
```

```
// FORMA ALTERNATIVA-2 (parámetro puntero a const char) (número de caracteres determinado por \0)
void copiar_2(int maxcars, char dst[maxcars], const char* org)
{
    int i;
    for (i = 0; (i < maxcars-1)&&(org[i] != '\0'); ++i) {
        dst[i] = org[i];
    }
    dst[i] = '\0';
}
```

```
int main()
{
   const char* texto1 = "hola, adios";
   char texto2[MAXCARS];
   copiar_2(MAXCARS, texto2, texto1);
}
```

Operaciones con Cadenas de Caracteres (I)

Salida de cadenas de caracteres

- `printf("%s", texto);` muestra la salida en pantalla. El especificador de formato `"%s"` especifica salida de cadenas de caracteres (*string*).
- `printf("%25s", texto);` el especificador de formato `"%25s"` especifica salida de cadenas de caracteres (*string*), con **anchura de campo 25**.
- `snprintf(destino, maxcars, "...formato...", ...);` vuelca la salida de texto al **array de char destino**, con un tamano máximo especificado.

```c
#include <stdio.h>
enum {
    MAXCARS = 127+1, // maximo 127 caracteres + 1 terminador
};
int main()
{
    char texto1[MAXCARS] = "Jose Luis";

    printf("%s\n", texto1);      // muestra "Jose Luis" en pantalla
    printf("%15s\n", texto1);    // muestra "    Jose Luis" en pantalla

    char texto2[MAXCARS];        // asigna a texto2 "Nombre: Jose Luis; Edad: 20"
    snprintf(texto2, MAXCARS, "Nombre: %s; Edad: %d\n", texto1, 20);
}
```

Operaciones con Cadenas de Caracteres (II)

Entrada de cadenas de caracteres

- `scanf(" %25s", destino);` elimina espacios iniciales, y lee de teclado una cadena de caracteres, hasta leer como máximo **25 caracteres**, o hasta leer **espacio en blanco** o **salto de línea**, y la almacena en el **array de char destino**.
- `scanf(" %25[^\n]", destino);` elimina los espacios iniciales, y lee de teclado una cadena de caracteres, hasta leer como máximo **25 caracteres**, o hasta leer **salto de línea**, y la almacena en el **array de char destino**.
- `sscanf(texto, "...formato...", ...);` extrae de la cadena de caracteres **texto** los datos de entrada, según el formato especificado.

```
char palabra1[MAXCARS];
char texto1[MAXCARS];

scanf(" %127s", palabra1);    // lee una palabra de teclado hasta espacio
scanf(" %127[^\n]", texto1);  // lee un texto de teclado hasta salto de línea (\n)

int edad;
char texto2[MAXCARS] = "  Jose ; 20";
sscanf(texto2, " %127s ; %d", palabra1, &edad);

char texto3[MAXCARS] = "  Jose Luis ; 20";
sscanf(texto3, " %127[^\n;] ; %d", texto1, &edad); // lee hasta ; o \n
```

Operaciones con Cadenas de Caracteres

- La función `strlen(texto)` devuelve la longitud de una cadena de caracteres, sin incluir el caracter nulo terminador.

```c
#include <string.h>
enum {
    MAXCARS = 127+1, // maximo 127 caracteres + 1 terminador
};
char texto1[MAXCARS] = "hola y adios";

int longitud = strlen(texto);       // devuelve 12
int longitud = strlen("Jose Luis"); // devuelve 9
```

- El subprograma `strncpy(destino, origen, maxcars)` permite copiar una cadena de caracteres de origen a destino, como máximo maxcars.
  - Debemos **poner explícitamente** el **terminador** (`'\0'`) en el **último elemento** del array `destino`.

```c
#include <string.h>
enum {
    MAXCARS = 127+1, // maximo 127 caracteres + 1 terminador
};
char texto_origen[MAXCARS] = "hola y adios";
char texto_destino[MAXCARS];

strncpy(texto_destino, texto_origen, MAXCARS); // copia de origen a destino
texto_destino[MAXCARS-1] = '\0'; // garantizamos poner terminador '\0' al final
```

Operaciones con Cadenas de Caracteres. Comparación Lexicográfica

- La comparación lexicográfica es la comparación de las palabras del diccionario.

```
#include <string.h>
int res = strcmp(texto1, texto2);             // compara hasta terminador
int res = strncmp(texto1, texto2, maxcars);   // compara como máximo maxcars
```

- Comparación lexicográfica sin diferenciar mayúsculas de minúsculas.

```
int res = strcasecmp(texto1, texto2);             // compara hasta terminador
int res = strncasecmp(texto1, texto2, maxcars);   // compara como máximo maxcars
```

- Devuelven tres posibles valores (negativo, cero, positivo):
  - si **texto1 < texto2** entonces **res < 0**
  - si **texto1 == texto2** entonces **res == 0**
  - si **texto1 > texto2** entonces **res > 0**

```
char texto[MAXCARS];
if (strcmp(texto, "fin") < 0) {  /* texto1 es menor que "fin" */ }
if (strcmp(texto, "fin") == 0) { /* texto1 es igual que "fin" */ }
if (strcmp(texto, "fin") > 0) {  /* texto1 es mayor que "fin" */ }

if (strncmp(&texto[5], "fin", 3) == 0) { /* ... */ }
if (strcasecmp(texto, "fin") == 0) { /* texto1 es igual que "fin" */ }
```

Operaciones con Cadenas de Caracteres. Conversiones

- Conversión entre los tipos básicos y cadenas de caracteres:

```
#include <stdlib.h>

int    valor1 = atoi("1234");       // Conversión de cadena de caracteres a int
double valor2 = atof("123.456e7"); // Conversión de cadena de caracteres a double

sscanf("1234", " %d", &valor1);       // Conversión de cadena de caracteres a int
sscanf("123.456e7", " %lg", &valor2); // Conversión de cadena de caracteres a double

snprintf(destino, MAXCARS, "%d", 1234);       // Conversión de int a cadena de caractere
snprintf(destino, MAXCARS, "%lg", 123.456e7); // Conversión de double a cadena de caract
```

Cadenas de Caracteres. Ejemplos

1. Programa que lee una secuencia de palabras, delimitadas por espacios en blanco y/o saltos de línea, finalizada por la palabra `"fin"`, y muestra en pantalla la cantidad de palabras que comienzan por letra vocal.
2. Programa que lee una palabra, la transforma a mayúsculas, y finalmente la muestra en pantalla.
3. Programa que lee una palabra (formada por letras minúsculas), y escribe su plural según las siguientes reglas:
   - Si acaba en vocal se le añade la letra `'s'`.
   - Si acaba en consonante se le añaden las letras `"es"`. Si la consonante es la letra `'z'`, se sustituye por la letra `'c'`
   - Suponemos que la palabra introducida es correcta.
4. Diseñe una función que devuelva verdadero si la palabra recibida como parámetro es "palíndromo" y falso en caso contrario.

- La palabras de estos ejercicios tendrán un máximo de 31 caracteres.

Cadenas de Caracteres. Ejemplo 1

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>
enum {
    MAXCARS = 31+1, // maximo 31 caracteres + 1 terminador
};
const char* FIN = "fin";

bool es_vocal(char c)
{
    return (c == 'a') || (c == 'e') || (c == 'i')
        || (c == 'o') || (c == 'u');
}
void procesar(int maxcars, const char palabra[maxcars], int* cnt)
{
    if (es_vocal(palabra[0])) {
        ++ *cnt;
    }
}
int leer_secuencia()
{
    int cnt = 0;
    char palabra[MAXCARS];
    printf("Introduce secuencia de palabras hasta %s:\n", FIN);
    scanf(" %31s", palabra);
    while (strcmp(palabra, FIN) != 0) {
        procesar(MAXCARS, palabra, &cnt);
        scanf(" %31s", palabra);
    }
    return cnt;
}
void mostrar_resultado(int cnt)
{
    printf("Resultado: %d\n", cnt);
}

int main()
{
    int cnt = leer_secuencia();
    mostrar_resultado(cnt);
}
```

Cadenas de Caracteres. Ejemplo 2

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>

enum {
    MAXCARS = 31+1, // maximo 31 caracteres + 1 terminador
};

void leer(const char* mensaje, int maxcars, char palabra[maxcars])
{
    printf("%s", mensaje);
    scanf(" %31s", palabra);
}
void mostrar(int maxcars, const char palabra[maxcars])
{
    printf("Mayusculas: %s\n", palabra);
}
char mayuscula(char letra)
{
    if ((letra >= 'a') && (letra <= 'z')) {
        letra = letra - 'a' + 'A';
    }
    return letra;
}
void mayusculas(int maxcars, char palabra[maxcars])
{
    for (int i = 0; (i < maxcars)&&(palabra[i] != '\0'); ++i) {
        palabra[i] = mayuscula(palabra[i]);
    }
}
```

```c
  char formato[16];
  snprintf(formato, 16, " %%%ds", maxcars-1);
  scanf(formato, palabra);
```

```c
int main()
{
  char palabra[MAXCARS];
  leer("Introduce palabra: ", MAXCARS, palabra);
  mayusculas(MAXCARS, palabra);
  mostrar(MAXCARS, palabra);
}
```

Cadenas de Caracteres. Ejemplo 3

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>

enum {
    MAXCARS = 31+1, // maximo 31 caracteres + 1 terminador
};

bool es_vocal(char c)
{
    return (c == 'a') || (c == 'e') || (c == 'i')
        || (c == 'o') || (c == 'u');
}
void plural(int maxcars, char palabra[maxcars])
{
    int longitud = strlen(palabra);
    if ((longitud > 0)&&(longitud+3 < maxcars)) {
        if (es_vocal(palabra[longitud - 1])) {
            strncpy(&palabra[longitud], "s", maxcars-longitud);
        } else {
            if (palabra[longitud - 1] == 'z') {
                palabra[longitud - 1] = 'c';
            }
            strncpy(&palabra[longitud], "es", maxcars-longitud);
        }
    }
}
```

```c
int main()
{
  char palabra[MAXCARS];
  printf("Introduce  palabra: ");
  scanf(" %31s", palabra);
  plural(palabra);
  printf("Palabra: %s\n", palabra);
}
```

Cadenas de Caracteres. Ejemplo 4

- Diseñe una función que devuelva verdadero si la palabra recibida como parámetro es "palíndromo" y falso en caso contrario.

```
bool es_palindromo(int maxcars, const char palabra[maxcars])
{
    bool ok = false;
    int longitud = strlen(palabra);
    if (longitud > 0) {
        int i = 0;
        int j = longitud - 1;
        while ((i < j) && (palabra[i] == palabra[j])) {
            ++i;
            --j;
        }
        ok = i >= j;
    }
    return ok;
}
```

Resolución de Problemas Usando Tipos Compuestos

Programa de notas de alumnos (v4)

- Lee el **nombre y la nota** de cada alumno (el número **máximo** de alumnos es 20) y muestra el nombre y si está aprobado o suspenso, considerando que el alumno está aprobado si su nota es mayor o igual **a la nota media de todos los alumnos**.
- **El número máximo de alumnos es 20, pero el número actual de alumnos será leído de teclado.**

Resolución de Problemas Usando Tipos Compuestos (I)

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>
enum {
    MAX_ALUMNOS = 20,
    MAXCARS = 63+1,
};
struct Alumno {
    char nombre[MAXCARS];
    double nota;
};
struct LAlumnos {
    int nelms;
    struct Alumno elm[MAX_ALUMNOS];
};
double calc_media(const struct LAlumnos* v) {
    double media = 0.0;
    if (v->nelms > 0) {
        double suma = 0.0;
        for (int i = 0; i < v->nelms; ++i) {
            suma += v->elm[i].nota;
        }
        media = suma / (double)v->nelms;
    }
    return media;
}
```

Resolución de Problemas Usando Tipos Compuestos (II)

```
void leer_alumno(struct Alumno* a)
{
    printf("Introduzca el nombre del alumno: ");
    scanf(" %63[^\n]", a->nombre);
    printf("Introduzca la nota del alumno: ");
    scanf(" %lg", &a->nota);
}
void leer_alumnos(struct LAlumnos* v)
{
    printf("Introduzca total de alumnos: ");
    scanf(" %d", &v->nelms);
    if (v->nelms <= 0 || v->nelms > MAX_ALUMNOS) {
        v->nelms = 0;  // lista vacía
        printf("Error\n");
    } else {
        for (int i = 0; i < v->nelms; ++i) {
            leer_alumno( & v->elm[i]);
        }
    }
}
```

Resolución de Problemas Usando Tipos Compuestos (III)

```
void mostrar_alumno(const struct Alumno* a, double umbral)
{
    if (a->nota >= umbral) {
        printf("Alumno: %s Aprobado\n", a->nombre);
    } else {
        printf("Alumno: %s Suspenso\n", a->nombre);
    }
}
void mostrar_alumnos(const struct LAlumnos* v, double umbral)
{
    for (int i = 0; i < v->nelms; ++i) {
        mostrar_alumno( & v->elm[i], umbral);
    }
}
int main()
{
    struct LAlumnos alumnos;
    leer_alumnos(&alumnos);
    double media = calc_media(&alumnos);
    mostrar_alumnos(&alumnos, media);
}
```

Resolución de Problemas Usando Tipos Compuestos (IV)

```
void anyadir_elemento(struct LAlumnos* v, const struct Alumno* a)
{
    if (v->nelms < MAX_ALUMNOS) {   // Si el nuevo elemento cabe en el array
        v->elm[v->nelms] = *a;      // Añade el elemento al final de la lista
        ++v->nelms;                 // Incrementa la cuenta de elementos
    } else {
        printf("Error\n");
    }
}
void leer_alumno_alternativo(struct Alumno* a)
{
    printf("Introduzca el nombre del alumno (fin para terminar): ");
    scanf(" %63[^\n]", a->nombre);
    if (strcmp(a->nombre, "fin") != 0) {
        printf("Introduzca la nota del alumno: ");
        scanf(" %lg", &a->nota);
    }
}
void leer_alumnos_alternativo(struct LAlumnos* v)
{
    struct Alumno a;
    v->nelms = 0;  // lista vacía
    leer_alumno_alternativo(&a);
    while (strcmp(a.nombre, "fin") != 0) {
        anyadir_elemento(v, &a);
        leer_alumno_alternativo(&a);
    }
}
```

Definición de Constantes de Tipos Compuestos. Ejemplo 1

- Array constante de cadenas de caracteres.

```
enum {
    NELMS = 7,
    MAXCARS = 16,
};

const char* const DIAS_1[NELMS] = {
    "Lunes", "Martes", "Miercoles", "Jueves", "Viernes", "Sabado", "Domingo"
};

const char DIAS_2[NELMS][MAXCARS] = {
    "Lunes", "Martes", "Miercoles", "Jueves", "Viernes", "Sabado", "Domingo"
};
```

Definición de Constantes de Tipos Compuestos. Ejemplo 2

- Lista constante de números.

```
enum {
    NELMS = 20,
};
struct Lista {
    int nelms;
    int elm[NELMS];
};

const struct Lista DATOS = { 3, { 1, 2, 3 } }; // valor cero para el resto de elementos

int main()
{
    struct Lista datos = DATOS;
    // ...
}
```

Definición de Constantes de Tipos Compuestos. Ejemplo 3

- Array constante de personas.

```
enum {
    NELMS = 3,
    MAXCARS = 31+1,
};
struct Fecha {
    int dia;
    int mes;
    int anyo;
};
struct Persona {
    char nombre[MAXCARS];
    struct Fecha fnac;
};
const struct Persona DATOS[NELMS] = {
    { "Lola", { 20, 4, 2010 } } ,
    { "Pepe", { 12, 8, 2011 } } ,
    { "Luis", { 24, 9, 2012 } }
};
```

Definición de Constantes de Tipos Compuestos. Ejemplo 4

- Lista constante de personas.

```
enum {
    NELMS = 20,
    MAXCARS = 31+1,
};
struct Fecha {
    int dia;
    int mes;
    int anyo;
};
struct Persona {
    char nombre[MAXCARS];
    struct Fecha fnac;
};
struct Lista {
    int nelms;
    struct Persona elm[NELMS];
};
const struct Lista DATOS = { 3,
    {
        { "Lola", { 20, 4, 2010 } } ,
        { "Pepe", { 12, 8, 2011 } } ,
        { "Luis", { 24, 9, 2012 } }
    }
};
int main()
{
    struct Lista datos = DATOS;
}
```

Definición de Constantes de Tipos Compuestos. Ejemplo 5

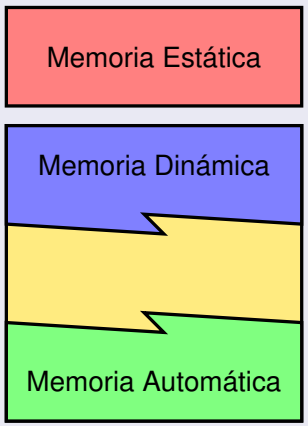
- Array constante de dos dimensiones.

```
enum {
    NUMFILS = 3,
    NUMCOLS = 4,
};

const int MATRIZ[NUMFILS][NUMCOLS] = {
    {  0,  1,  2,  3 } ,
    { 10, 11, 12, 13 } ,
    { 20, 21, 22, 23 }
};
```

Gestión dinámica de memoria (I)

Áreas de Memoria durante la ejecución de un programa

- **Memoria estática** (*global*): almacena constantes y datos estáticos y globales, con un tiempo de vida que coincide con el tiempo de ejecución del programa.
- **Memoria automática** (*stack-pila de ejecución*): almacena los parámetros y variables locales automáticas que se crean y destruyen durante la invocación a subprogramas. Gestionada automáticamente por el compilador y el flujo de ejecución del programa.
- **Memoria dinámica** (*heap-montículo*): almacena datos cuyo tiempo de vida está gestionado dinámicamente por el programador, y cuyo acceso se realiza a través de punteros.



Gestión dinámica de memoria (II)

Variables automáticas

- Hasta ahora hemos trabajado con variables automáticas, gestionadas por el compilador.
  - Las variables se **crean** automáticamente cuando el flujo de ejecución entra en el ámbito de su definición.
  - Las variables se **destruyen** automáticamente cuando el flujo de ejecución sale del ámbito donde se declaró la variable.
  - El **tiempo de vida** de las variables automáticas está condicionado por el ámbito de su declaración.
  - El número de variables automáticas y su **capacidad de almacenamiento** está predeterminado por la especificación del programa.

Gestión dinámica de memoria (III)

Variables en memoria dinámica

- Las variables en memoria dinámica permiten **adaptar** la capacidad de almacenamiento de los programas a las **necesidades reales** que surjen durante la ejecución del programa.
- El programador debe gestionar el tiempo de vida de las variables almacenadas en **memoria dinámica**, para ello:
  - El programador debe introducir código para **crear** (alojar, reservar) las variables en memoria dinámica cuando sean necesarias.
  - El programador también debe introducir código para **destruir** (liberar) las variables cuando ya no sean necesarias.
  - El programador debe tener especial cuidado para no perder zonas de memoria que haya alojado en la memoria dinámica.
    - Si se pierde la referencia a una zona de memoria, entonces esa zona de memoria no podrá ser utilizada, ni liberada, y por lo tanto se perderá, y se irán agotando los recursos de memoria disponibles.

La gestión de las variables en memoria dinámica es bastante **propensa a errores**. Es muy fácil equivocarse, y **perder recursos** hasta agotar la memoria disponible.

Alojar, realojar y liberar zonas de memoria (I)

Gestión dinámica de memoria

- Se debe incluir `#include <stdlib.h>`
- El tipo `void*` representa un puntero general (genérico) a cualquier tipo de datos, y se realiza una conversión (*casting*) automático entre los punteros `void*` y cualquier otro tipo de punteros a otros tipo de datos.
- El operador `sizeof(tipo)` devuelve el tamaño en bytes necesario para almacenar una variable del tipo especificado.

Alojar (reservar) memoria dinámica

- **malloc** reserva (aloja) una zona de memoria del tamaño (en bytes) especificado, y devuelve un puntero a dicha zona de memoria.

```
void* malloc(int tamaño-total-en-bytes);
```

- **calloc** reserva (aloja) una zona de memoria para un array del *número de elementos* especificado, donde cada elemento tiene el *tamaño* (en bytes) especificado, y devuelve un puntero a dicha zona de memoria, inicializada a cero.

```
void* calloc(int num-elementos, int tamaño-del-elemento-en-bytes);
```

Alojar, realojar y liberar zonas de memoria (II)

Realojar memoria dinámica

- **realloc** cambia el tamaño de una zona de memoria previamente reservada (alojada) por *malloc* o *calloc*, al nuevo tamaño (en bytes) especificado, y devuelve un puntero a dicha zona de memoria. En caso de ser necesario realoja una nueva zona de memoria y copia el contenido de la zona anterior.

```
void* realloc(void* ptr, int nuevo-tamaño-total-en-bytes);
```

Liberar memoria dinámica

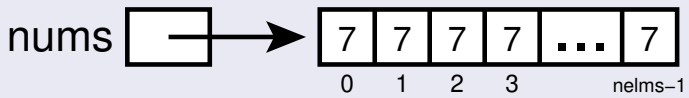
- **free** libera (desaloja) una zona de memoria previamente reservada (alojada) por *malloc*, *calloc* o *realloc*.

```
void free(void* ptr);
```

- En caso de que no haya memoria disponible, estas funciones devuelven `NULL`.
- Para simplificar el aprendizaje, si nuestro programa es correcto y gestiona la memoria adecuadamente, entonces supondremos que siempre tendremos memoria suficiente para resolver el problema especificado.

Alojar, realojar y liberar zonas de memoria. Ejemplo 1

```c
void prueba_1()
{
    int nelms;
    printf("Introduce número de elementos: ");
    scanf(" %d", &nelms);
    //----------------------------
    int* nums = malloc(nelms * sizeof(int));
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
        nums[i] = 7;
    }
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
        printf(" %d", nums[i]);
    }
    //----------------------------
    free(nums);  // libera el array de números
}
```

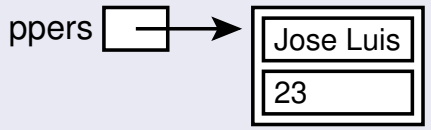


Alojar, realojar y liberar zonas de memoria. Ejemplo 2

```c
void prueba_2()
{
    int nelms;
    printf("Introduce número de elementos: ");
    scanf(" %d", &nelms);
    //----------------------------
    double* nums = calloc(nelms, sizeof(double));
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
        nums[i] = 3.4;
    }
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
        printf(" %lg", nums[i]);
    }
    //----------------------------
    free(nums);  // libera el array de números
}
```

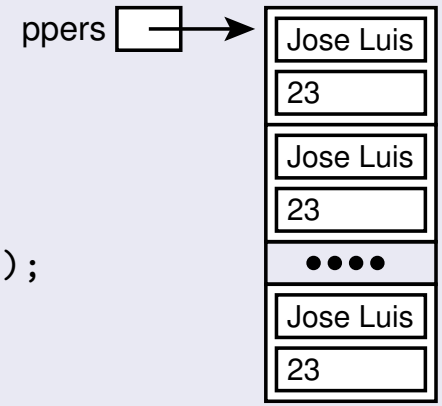
Alojar, realojar y liberar zonas de memoria. Ejemplo 3

```
enum {
    MAXCARS = 31+1,
};
struct Persona {
    char nombre[MAXCARS];
    int edad;
};
void prueba_3()
{
    struct Persona* ppers = malloc(sizeof(struct Persona));
    strncpy(ppers->nombre, "Jose Luis", MAXCARS);
    ppers->edad = 23;
    //----------------------------
    free(ppers);  // libera la persona
}
```



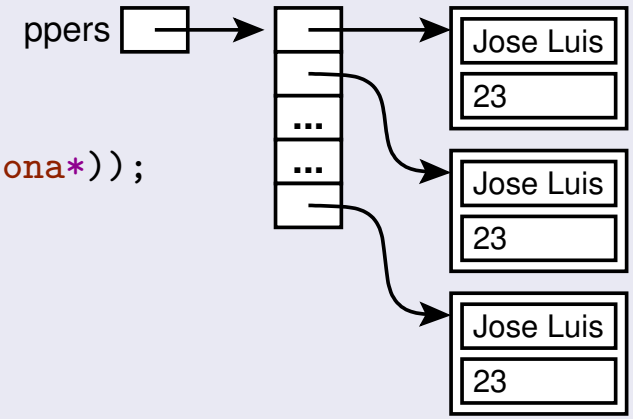
Alojar, realojar y liberar zonas de memoria. Ejemplo 4

```
enum {
    MAXCARS = 31+1,
};
struct Persona {
    char nombre[MAXCARS];
    int edad;
};
void prueba_4()
{
    int npers;
    printf("Introduce número de personas: ");
    scanf(" %d", &npers);
    //----------------------------
    struct Persona* ppers = calloc(npers, sizeof(struct Persona));
    for (int i = 0; i < npers; ++i) {
        strncpy(ppers[i].nombre, "Jose Luis", MAXCARS);
        ppers[i].edad = 23;
    }
    //----------------------------
    free(ppers);  // libera el array de personas
}
```



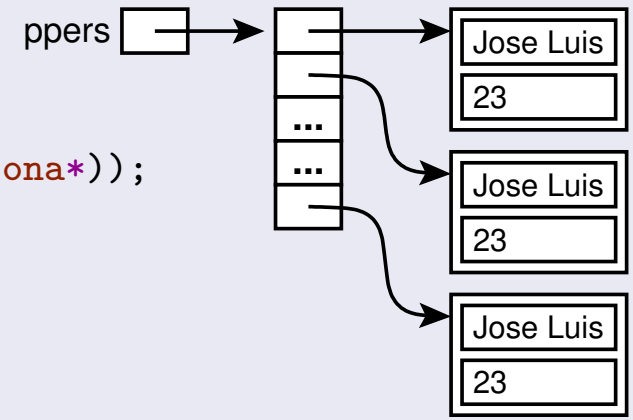
Alojar, realojar y liberar zonas de memoria. Ejemplo 5

```c
void prueba_5()
{
    int npers;
    printf("Introduce número de personas: ");
    scanf(" %d", &npers);
    //----------------------------
    struct Persona** ppers = calloc(npers, sizeof(struct Persona*));
    for (int i = 0; i < npers; ++i) {
        ppers[i] = malloc(sizeof(struct Persona));
        strncpy(ppers[i]->nombre, "Jose Luis", MAXCARS);
        ppers[i]->edad = 23;
    }
    //----------------------------
    for (int i = 0; i < npers; ++i) {
        free(ppers[i]);  // libera cada persona
    }
    free(ppers);  // libera el array de punteros a personas
}
```



Alojar, realojar y liberar zonas de memoria. Ejemplo 6

```
void prueba_6()
{
    int npers;
    printf("Introduce número de personas: ");
    scanf(" %d", &npers);
    //----------------------------
    struct Persona** ppers = calloc(npers, sizeof(struct Persona*));
    for (int i = 0; i < npers; ++i) {
        ppers[i] = malloc(sizeof(struct Persona));
        strncpy(ppers[i]->nombre, "Jose Luis", MAXCARS);
        ppers[i]->edad = 23;
    }
    //----------------------------
    ppers = realloc(ppers, (npers*2)*sizeof(struct Persona*));
    for (int i = npers; i < npers*2; ++i) {
        ppers[i] = malloc(sizeof(struct Persona));
        strncpy(ppers[i]->nombre, "Jose Luis", MAXCARS);
        ppers[i]->edad = 23;
    }
    npers *= 2;
    //----------------------------
    for (int i = 0; i < npers; ++i) {
        free(ppers[i]);  // libera cada persona
    }
    free(ppers);  // libera el array de punteros a personas
}
```



Listas con núm. variable de elementos en m. dinámica (I)

Programa de notas de alumnos (v5)

- Lee el **nombre y la nota** de cada alumno (el número **máximo** de alumnos está limitado por la memoria correspondiente al programa) y muestra el nombre y si está aprobado o suspenso, considerando que el alumno está aprobado si su nota es mayor o igual **a la nota media de todos los alumnos**.
- **El número actual de alumnos será leído de teclado.**

Listas con núm. variable de elementos en m. dinámica (II)

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
enum {
    MAXCARS = 63+1,
};
struct Alumno {
    char nombre[MAXCARS];
    double nota;
};
struct LAlumnos {
    int capacidad;
    int nelms;
    struct Alumno** elm;
};
double calc_media(const struct LAlumnos* v) {
    double media = 0.0;
    if (v->nelms > 0) {
        double suma = 0.0;
        for (int i = 0; i < v->nelms; ++i) {
            suma += v->elm[i]->nota;
        }
        media = suma / (double)v->nelms;
    }
    return media;
}
```

Listas con núm. variable de elementos en m. dinámica (III)

```
void leer_alumno(struct Alumno* a)
{
    printf("Introduzca el nombre del alumno: ");
    scanf(" %63[^\n]", a->nombre);
    printf("Introduzca la nota del alumno: ");
    scanf(" %lg", &a->nota);
}
void leer_alumnos(struct LAlumnos* v)
{
    printf("Introduzca total de alumnos: ");
    scanf(" %d", &v->nelms);
    if (v->nelms <= 0) {
        v->nelms = 0;  // lista vacía
        v->capacidad = 0;
        printf("Error\n");
    } else {
        v->capacidad = v->nelms;
        v->elm = calloc(v->capacidad, sizeof(struct Alumno*)); // aloja el array
        for (int i = 0; i < v->nelms; ++i) {
            v->elm[i] = malloc(sizeof(struct Alumno));         // aloja cada alumno
            leer_alumno( v->elm[i] );
        }
    }
}
```

Listas con núm. variable de elementos en m. dinámica (IV)

```
void mostrar_alumno(const struct Alumno* a, double umbral)
{
    if (a->nota >= umbral) {
        printf("Alumno: %s Aprobado\n", a->nombre);
    } else {
        printf("Alumno: %s Suspenso\n", a->nombre);
    }
}
void mostrar_alumnos(const struct LAlumnos* v, double umbral)
{
    for (int i = 0; i < v->nelms; ++i) {
        mostrar_alumno( v->elm[i], umbral);
    }
}
void destruir_alumnos(struct LAlumnos* v)
{
    for (int i = 0; i < v->nelms; ++i) {
        free(v->elm[i]);          // libera cada alumno
    }
    free(v->elm);                 // libera el array
    v->nelms = 0;
    v->capacidad = 0;
    v->elm = NULL;
}
```

Listas con núm. variable de elementos en m. dinámica (V)

```
void inicializar_alumnos(struct LAlumnos* v)
{
    v->nelms = 0;  // lista vacía
    v->capacidad = 16;
    v->elm = calloc(v->capacidad, sizeof(struct Alumno*));  // Aloja el array inicial
}
void anyadir_elemento(struct LAlumnos* v, const struct Alumno* a)
{
    if (v->nelms >= v->capacidad) {                                    // Si el array está lleno
        v->capacidad *= 2;                                             // Duplica su capacidad
        v->elm = realloc(v->elm, v->capacidad * sizeof(struct Alumno*)); // Duplica capacidad del array
    }
    v->elm[v->nelms] = malloc(sizeof(struct Alumno));   // Aloja cada alumno
    *v->elm[v->nelms] = *a;                             // Añade el elemento al final de la lista
    ++v->nelms;                                         // Incrementa la cuenta de elementos
}
```

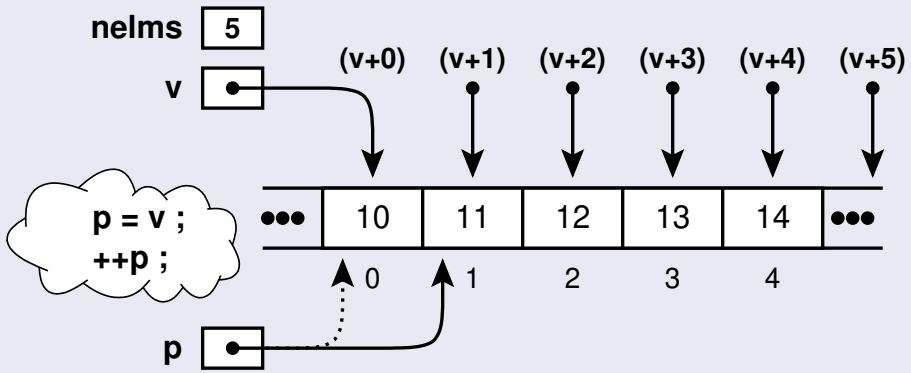
Listas con núm. variable de elementos en m. dinámica (VI)

```
void leer_alumno_alternativo(struct Alumno* a)
{
    printf("Introduzca el nombre del alumno (fin para terminar): ");
    scanf(" %63[^\n]", a->nombre);
    if (strcmp(a->nombre, "fin") != 0) {
        printf("Introduzca la nota del alumno: ");
        scanf(" %lg", &a->nota);
    }
}
void leer_alumnos_alternativo(struct LAlumnos* v)
{
    inicializar_alumnos(v);
    struct Alumno a;
    leer_alumno_alternativo(&a);
    while (strcmp(a.nombre, "fin") != 0) {
        anyadir_elemento(v, &a);
        leer_alumno_alternativo(&a);
    }
}
int main()
{
    struct LAlumnos alumnos;
    leer_alumnos(&alumnos);
    // leer_alumnos_alternativo(&alumnos);
    double media = calc_media(&alumnos);
    mostrar_alumnos(&alumnos, media);
    destruir_alumnos(&alumnos);
}
```

Arrays y aritmética de punteros (NO RECOMENDADA)

- En las operaciones, los arrays **decaen** automáticamente a punteros al primer elemento.
- Incrementar el valor de un puntero hace que referencie al elemento siguiente en el array.
- Decrementar el valor de un puntero hace que referencie al elemento anterior en el array.
- Los punteros se pueden comparar con los op.relac (== , != , > , >= , < , <=).

```
// Aritmética de Punteros NO RECOMENDADA
// SE RECOMIENDA acceso a través de índices
void leer_vector(int nelms, int v[nelms])
{
    for (int* p = v; p < (v+nelms); ++p) {
      scanf(" %d", p);
    }
}
void mostrar_vector(int nelms, const int v[nelms])
{
    for (const int* p = v; p < (v+nelms); ++p) {
      printf("%d ", *p);
    }
    printf("\n");
}
```




```
for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
  printf("%d ", *(v+i));
}
```

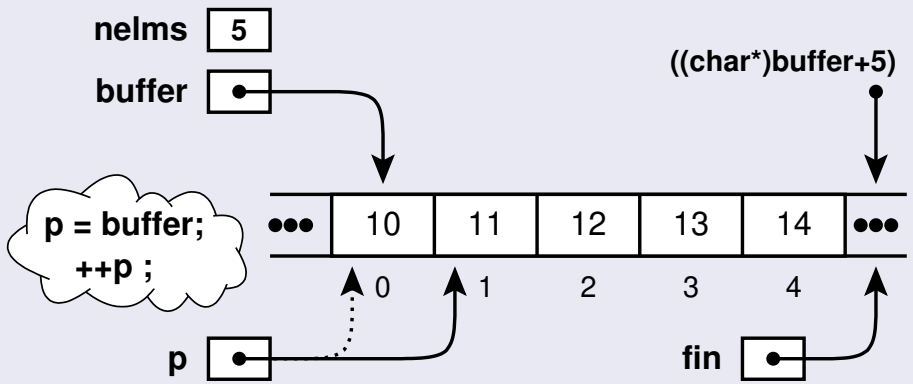
```
void copiar(int nelms, int dst[nelms], const int org[nelms])
{
    const int* o = org; // Equivalente a:  int* o = &org[0];
    for (int *d = dst; (d < (dst+nelms))&&(o < (org+nelms)); ++d) {
        *d = *o;  // Atención al posible error: d = o; // ERROR
        ++o ;
    }
}
```

```
int main()
{
    int v1[NELMS];
    int v2[NELMS];
    leer_vector(NELMS, v1);
    copiar(NELMS, v2, v1);
    mostrar_vector(NELMS, v2);
}
```

Buffers y aritmética de punteros (NO RECOMENDADA)

- Se denomina **buffer de memoria** a una zona de memoria contigua, utilizada para almacenar información de tipos diversos, que puede estar alojada en cualquiera de las zonas de memoria del programa. Utilizada habitualmente como puntero (`void*` o `char*`), y suele realizar un tratamiento de bytes.
- La aritmética de punteros no se puede realizar con `void*`, por lo que se suele hacer una conversión (casting) a `char*`.

```
// Aritmética de Punteros NO RECOMENDADA
void mostrar_buffer(int nelms, const void* buffer)
{
    const char* fin = (const char*)buffer + nelms;
    for (const char* p = buffer; p < fin; ++p) {
      printf("%#hhx ", *p); // muestra de bytes (char)
    }
    printf("\n");
}
// SE RECOMIENDA acceso a través de índices
void copiar_buffer(int nelms, void* dst, const void* org)
{
    const char* origen = org;
    char* destino = dst;
    for (int i = 0; i < nelms; ++i) {
        destino[i] = origen[i]; // copia de bytes (char)
    }
}
```




```
int main()
{
  struct Fecha fecha = {1, 2, 2023};
  char v2[sizeof(fecha)];
  copiar_buffer(sizeof(fecha), v2, &fecha);
  copiar_buffer(sizeof(fecha), &fecha, v2);
  mostrar_buffer(sizeof(fecha), &fecha);
  mostrar_buffer(sizeof(fecha), v2);
}
```

Operaciones con Buffers de Memoria

Algunas operaciones proporcionadas por la biblioteca estándar.

- `memset(dest, valor, szbytes)` copia el **valor** (byte) especificado, a la zona de memoria apuntada por **dest**, tantos bytes como indica **sznbytes**.
- `memmove(dest, org, szbytes)` copia de la zona de memoria apuntada por **ord**, a la zona de memoria apuntada por **dest**, tantos bytes como indica **sznbytes**. Las áreas de memoria pueden estar solapadas.
- `memcpy(dest, org, szbytes)` copia de la zona de memoria apuntada por **ord**, a la zona de memoria apuntada por **dest**, tantos bytes como indica **sznbytes**. Las áreas de memoria **NO** pueden estar solapadas.

```c
#include <string.h>  // se debe incluir <string.h>
enum { NELMS = 10 };
void prueba(int nelms, int array_1[nelms], int array_2[nelms]) {
  memset(array_1, 0, nelms * sizeof(int));         // sizeof(array_1) es INCORRECTO
  memmove(array_2, array_1, nelms * sizeof(int)); // sizeof(array_1) es INCORRECTO
  memcpy(array_2, array_1, nelms * sizeof(int));  // sizeof(array_2) es INCORRECTO
}
int main() {
  int array_1[NELMS];
  int array_2[NELMS];
  memset(array_1, 0, NELMS * sizeof(int));          // copia el valor en byte (no int)
  memmove(array_2, array_1, NELMS * sizeof(int));
  memcpy(array_2, array_1, NELMS * sizeof(int));
}
```