Programación 1

Tema 9

Vectores

Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

Problema

- Para resolver un problema relativo al cambio climático, es necesario manejar la información de las temperaturas medias registradas de forma mensual durante un determinado año en una determinada localidad.
- Queremos calcular la media anual a partir de las medias mensuales
- ¿Cómo podemos representar esta información? ¿Cómo podemos calcular esta media?

Una (muy mala) solución

```
/*
 * Pre:  Todas las temperaturas son mayores que -273,15 ºC.
 * Post: Ha devuelto la temperatura media anual a partir de las
 *       temeraturas medias mensuales.
 */
double calcularTemperaturaMedia(
        double temperaturaEnero, double temperaturaFebrero,
        double temperaturaMarzo, double temperaturaAbril,
        double temperaturaMayo, double temperaturaJunio,
        double temperaturaJulio, double temperaturaAgosto,
        double temperaturaSeptiembre, double temperaturaOctubre,
        double temperaturaNoviembre, double temperaturaDiciembre) {
    return (temperaturaEnero + temperaturaFebrero + temperaturaMarzo
            + temperaturaAbril + temperaturaMayo + temperaturaJunio
            + temperaturaJulio + temperaturaAgosto + temperaturaSeptiembre
            + temperaturaOctubre + temperaturaNoviembre
            + temperaturaDiciembre) / 12;
}
```

Vectores o tablas

- Colección de un número concreto de datos de un mismo tipo
- Indexados por uno o más índices
- Operaciones disponibles:
  - Acceso a componentes
- Operaciones no disponibles:
  - ~~Asignación~~
  - ~~Comparación~~

Vectores

- Sintaxis declaración
  - <declaraciónVector> ::= <tipo> <identificador> “[”<constante-entera>“]” [“=” “{” <listaInicialización> “}”] “;”
  - <listaInicialización> ::= {<dato> “,”}

Vectores

- Sintaxis utilización
  - `<componente-vector> ::= <identificador>“[”<expresión>“]”`
  - `<expresión>` tiene que ser una expresión entera de resultado en el intervalo entre 0 (incluido) y la dimensión del vector (excluida)
  - `<componente-vector>` puede utilizarse como cualquier variable del tipo base del vector.

Vector

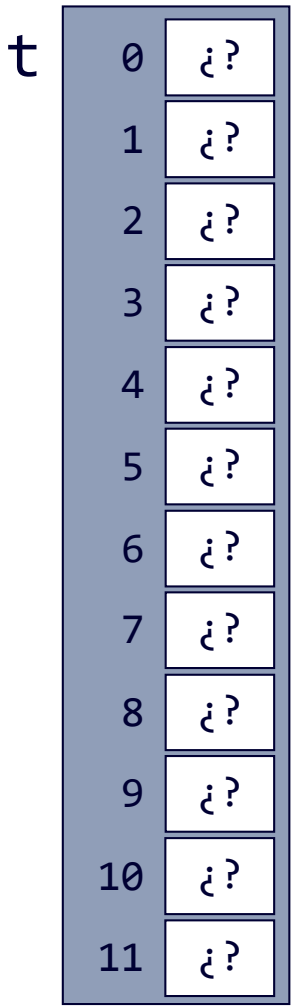
```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
```

Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
```

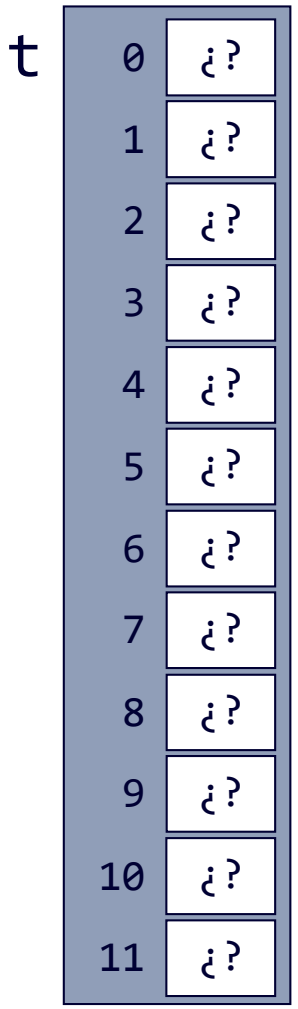
Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
```



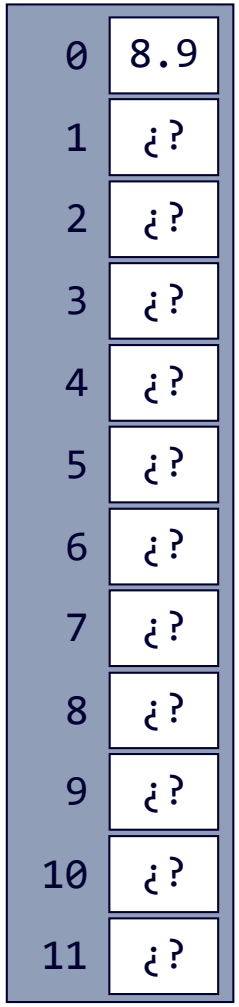
Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
```



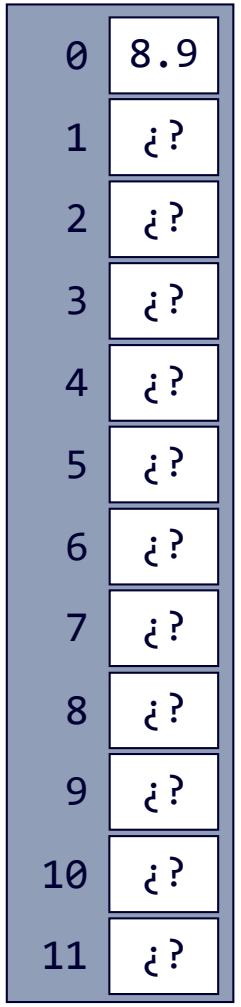
Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
```



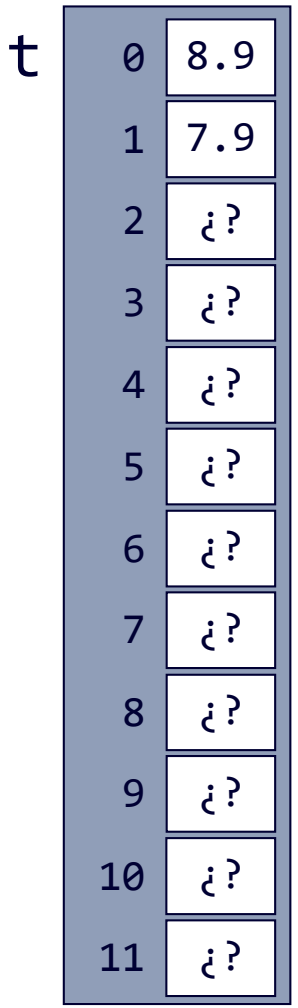
Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] - 1.0;
```



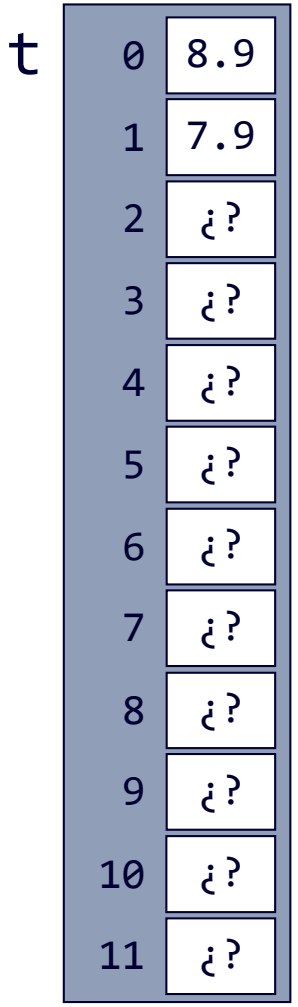
Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] - 1.0;
```



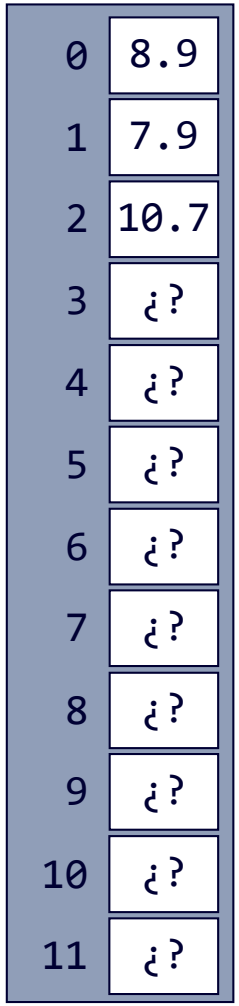
Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] - 1.0;
unsigned int m = 2;
t[m] = 10.7;
```



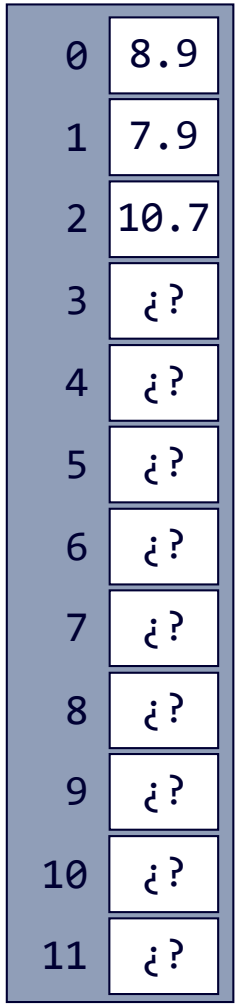
Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] - 1.0;
unsigned int m = 2;
t[m] = 10.7;
```



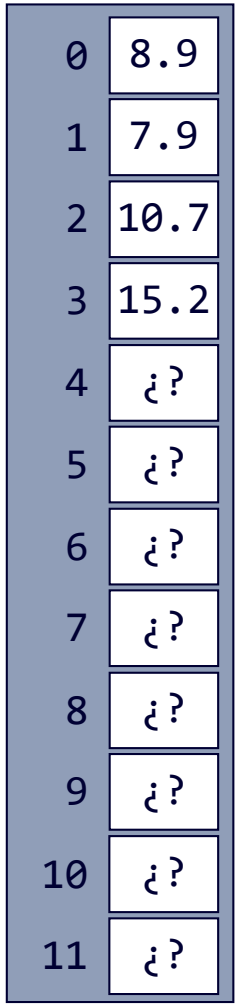
Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] - 1.0;
unsigned int m = 2;
t[m] = 10.7;
t[m + 1] = 15.2;
```



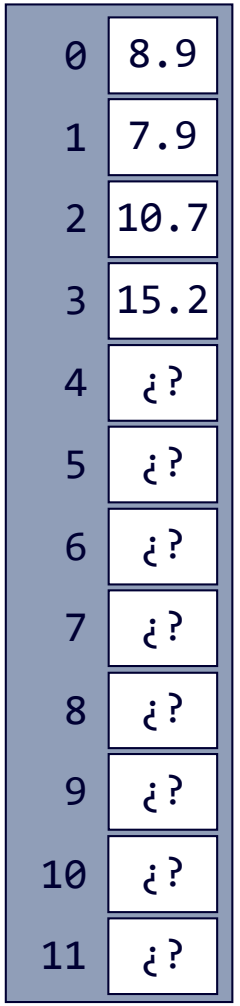
Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] - 1.0;
unsigned int m = 2;
t[m] = 10.7;
t[m + 1] = 15.2;
```



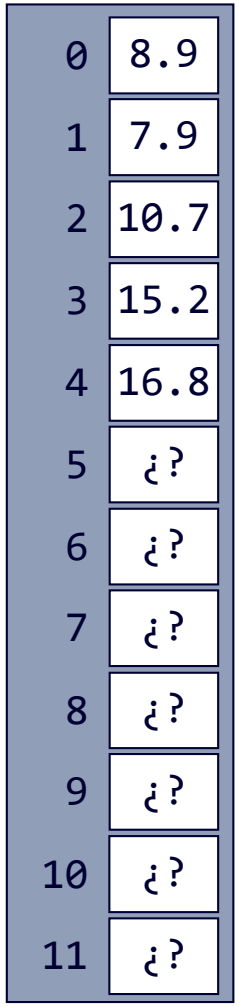
Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] - 1.0;
unsigned int m = 2;
t[m] = 10.7;
t[m + 1] = 15.2;
t[4] = t[0] + t[1];
```



Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] - 1.0;
unsigned int m = 2;
t[m] = 10.7;
t[m + 1] = 15.2;
t[4] = t[0] + t[1];
```



Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] - 1.0;
unsigned int m = 2;
t[m] = 10.7;
t[m + 1] = 15.2;
t[4] = t[0] + t[1];
m = 5;
while (m < 8) {
   t[m] = 25.0;
   m++;
}
```

t

0	8.9
1	7.9
2	10.7
3	15.2
4	16.8
5	¿?
6	¿?
7	¿?
8	¿?
9	¿?
10	¿?
11	¿?

Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] - 1.0;
unsigned int m = 2;
t[m] = 10.7;
t[m + 1] = 15.2;
t[4] = t[0] + t[1];
m = 5;
while (m < 8) {
   t[m] = 25.0;
   m++;
}
```

t

0	8.9
1	7.9
2	10.7
3	15.2
4	16.8
5	25.0
6	25.0
7	25.0
8	¿?
9	¿?
10	¿?
11	¿?

Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] – 1.0;
unsigned int m = 2;
t[m] = 10.7;
t[m + 1] = 15.2;
t[4] = t[0] + t[1];
m = 5;
while (m < 8) {
   t[m] = 25.0;
   m++;
}
for (unsigned int n = 8; n < NUM_MESES; n++) {
   t[n] = t[n - 1] - 3.0;
}
```

t

0	8.9
1	7.9
2	10.7
3	15.2
4	16.8
5	25.0
6	25.0
7	25.0
8	¿?
9	¿?
10	¿?
11	¿?

Vector

```
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double t[NUM_MESES];
t[0] = 8.9;
t[1] = t[0] – 1.0;
unsigned int m = 2;
t[m] = 10.7;
t[m + 1] = 15.2;
t[4] = t[0] + t[1];
m = 5;
while (m < 8) {
   t[m] = 25.0;
   m++;
}
for (unsigned int n = 8; n < NUM_MESES; n++) {
   t[n] = t[n - 1] - 3.0;
}
```

t

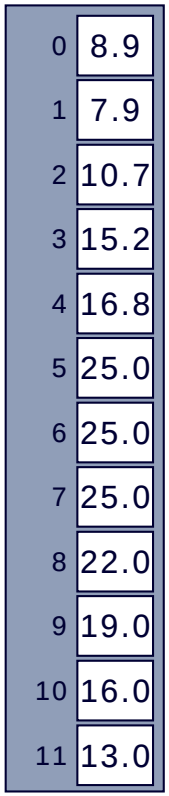
0	8.9
1	7.9
2	10.7
3	15.2
4	16.8
5	25.0
6	25.0
7	25.0
8	22.0
9	19.0
10	16.0
11	13.0

Vectores

Otra forma de declarar e inicializar

```
double t[] = {8.9, 7.9, 10.7,
              15.2, 16.8, 25.0, 25.0,
              25.0, 2.0, 19.0, 16.0,
              13.0,
              };
```

t

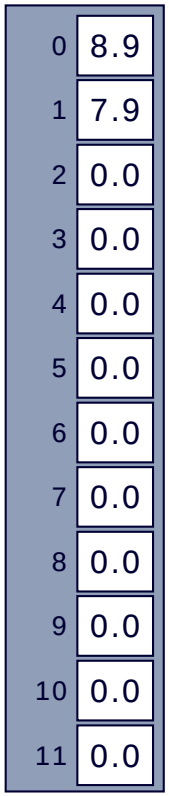


Vectores

Otra forma de declarar e inicializar

```
double t[NUM_MESES] = {8.9, 7.9};
```

t



Índices fuera de los límites

```
const unsigned int DIMENSION = 3;
int v[DIMENSION] = {0, 0, 0};

cout << v[0] << endl;
v[2] = 2;
cout << v[3] << endl;                  // ¿?
v[4] = 4;                              // ¿?
cout << v[100] << endl;                // ¿?
v[-4] = -4;                            // ¿?
cout << v[123456789] << endl;          // ¿?
```

Vectores en funciones

- Solo pueden ser parámetros, no valores devueltos
- Como parámetros, son siempre por referencia
  - Como parámetro de entrada y salida
    - `void f(int v[]);`
    - las componentes del vector v pueden ser consultadas y modificadas por la función f.
  - Como parámetro solo de entrada
    - `void g(const int w[]);`
    - las componentes del vector w solo pueden ser consultadas por la función g, pero no modificadas.

Vectores en funciones

- Sintaxis declaración como parámetro
  - `<parámetro-vector> ::= [“const”] <tipo> <identificador>“[]”`

Ejemplo

- Función que, dado un vector de temperaturas mensuales, devuelve su media

Cálculo de la temperatura media anual

```
/*
 * Pre:  «t» tiene NUM_MESES componentes
 * Post: Ha devuelto la temperatura media de las temperaturas
 *       almacenadas en «t»
 */
double temperaturaMediaAnual(const double t[]) {
   double sumaTemperaturas = 0.0;
   unsigned int i = 0;
   while (i < NUM_MESES) {
      sumaTemperaturas += t[i];
      i++;
   }
   return sumaTemperaturas / NUM_MESES;
}
```

Cálculo de la temperatura media anual (bucle for)

```
/*
 * Pre:  «t» tiene NUM_MESES componentes
 * Post: Ha devuelto la temperatura media de las
 *       temperaturas almacenadas en «t»
 */
double temperaturaMediaAnualFor(const double t[]) {
   double sumaTemperaturas = 0.0;
   for (unsigned int i = 0; i < NUM_MESES; i++) {
      sumaTemperaturas += t[i];
   }
   return sumaTemperaturas / NUM_MESES;
}
```

Ejemplo de programa completo

```
#include <iostream>
using namespace std;
const unsigned int NUM_MESES = 12;
double temperaturaMediaAnual(const double t[]) {…}

/* Programa que pide al usuario 12 datos de temperaturas medias mensuales
correspondientes a un año y escribe a continuación en la pantalla la
temperatura media anual correspondiente. */
int main() {
    double temperaturas[NUM_MESES];
    for (unsigned int i = 0; i < NUM_MESES; i++) {
        cout << "Escriba la temperatura del mes " << i + 1 << ": ";
        cin >> temperaturas[i];
    }
    double mediaAnual = temperaturaMediaAnual(temperaturas);
    cout << endl;
    cout << "La temperatura media anual es de " << mediaAnual << endl;
    return 0;
}
```

Parámetro de tipo vector (corchetes sin dimensión)

Declaración de variable de tipo vector (dimensión entre corchetes)

Variable de tipo vector como argumento (sin corchetes)

Ejemplo de programa completo.
Solo función `main`

```
int main() {
    double temperaturas[NUM_MESES];
    for (unsigned int i = 0; i < NUM_MESES; i++) {
        cout << "Escriba la temperatura del mes "
             << i + 1 << ": ";
        cin >> temperaturas[i];
    }
    double media = temperaturaMediaAnual(temperaturas);
    cout << endl;
    cout << "La temperatura media anual es de "
         << media << endl;
    return 0;
}
```

Cálculo de la media

```
/*
 * Pre:  «t» tiene «n» componentes.
 * Post: Ha devuelto el valor medio de los valores
 *       almacenados en las componentes de «t».
 */
double media(const double t[], unsigned int n) {
   double suma = 0.0;
   for (unsigned int i = 0; i < n; i++) {
      suma += t[i];
   }
   return suma / n;
}
```

Cálculo de la media

```
/*
 * Pre:  «t» tiene «n» componentes.
 * Post: Ha devuelto el valor medio de los valores
 *       almacenados en las componentes de «t».
 */
double media(const double t[], const unsigned int n) {
   double suma = 0.0;
   for (unsigned int i = 0; i < n; i++) {
      suma += t[i];
   }
   return suma / n;
}
```

Desviación típica

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}$$

Cálculo de la desviación típica

```
/**
 * Pre:  «t» tiene «n» componentes y n >= 1.
 * Post: Ha devuelto la desviación típica de los
 *       valores almacenadas en «t»
 */
double desviacionTipica(const double t[],
                        const unsigned int n) {
   double suma = 0.0;
   for (unsigned int i = 0; i < n; i++) {
      suma += pow(t[i] - media(t, n), 2);
   }
   return sqrt(suma / (n - 1));
}
```

Cálculo de la desviación típica

```
/**
 * Pre:  «t» tiene «n» componentes y n > 1.
 * Post: Ha devuelto la desviación típica de los
 *       valores almacenadas en «t»
 */
double desviacionTipica(const double t[],
                        const unsigned int n) {
   double mediaAritmetica = media(t, n);
   double suma = 0.0;
   for (unsigned int i = 0; i < n; i++) {
      suma += pow(t[i] - mediaAritmetica, 2);
   }
   return sqrt(suma / (n - 1));
}
```

Cálculo del máximo

```
/**
 * Pre:  «t» tiene «n» componentes y n > 0.
 * Post: Ha devuelto la valor máximo almacenado en
 *       las componentes del vector «t».
 */
double maximo(const double t[], const unsigned int n) {
   double maximo = t[ 0 ];
   for (unsigned int i = 1; i < n; i++) {
      if (t[i] > maximo) {
         maximo = t[i];
      }
   }
   return maximo;
}
```

Un programa de ejemplo

```
/*
 * Programa que, a modo de ejemplo, invoca a las tres funciones
 * anteriores.
 */
int main() {
    const unsigned int NUM_DATOS = 7;
    double vector[NUM_DATOS] = {47.9, 55, 1, 76.3, 92, 250, 79};

    cout << "Media: " << media(vector, NUM_DATOS) << endl;
    cout << "Desviación típica: "
         << desviacionTipica(vector, NUM_DATOS) << endl;
    cout << "Máximo: " << maximo(vector, NUM_DATOS) << endl;

    return 0;
}
```

Vectores sobredimensionados

```
/*
 * Programa que, a modo de ejemplo, invoca a las tres funciones
 * anteriores.
 */
int main() {
    const unsigned int NUM_DATOS = 7;
    double vector[NUM_DATOS] = {47.9, 55, 1, 76.3, 92, 250, 79};

    cout << "Media de los 3 primeros datos: "
         << media(vector, 3) << endl;
    cout << "Media de los 4 primeros datos: "
         << media(vector, 4) << endl;
    cout << "Media de todos los datos: "
         << media(vector, NUM_DATOS) << endl;
   return 0;
}
```

Letra del DNI

TABLA DE LETRAS DEL DNI					
DNI % 23	letra	DNI % 23	letra	DNI % 23	letra
0	T	8	P	16	Q
1	R	9	D	17	V
2	W	10	X	18	H
3	A	11	B	19	L
4	G	12	N	20	C
5	M	13	J	21	K
6	Y	14	Z	22	E
7	F	15	S		

Letra del DNI (mala solución)

```
/*
 * Pre:  dni > 0
 * Post: Ha devuelto la letra del número de
 *       identificación fiscal que corresponde
 *       a un número de documento nacional de
 *       identidad igual a «dni».
 */
char letra(const unsigned int dni) {
    unsigned int resto = dni % 23;
    if (resto == 0) {
        return 'T';
    }
    else if (resto == 1) {
        return 'R';
    }
    else if (resto == 2) {
        return 'W';
    }
    else if (resto == 3) {
        return 'A';
    }
    ...
```

```
    ...
    else if (resto == 16) {
        return 'Q';
    }
    else if (resto == 17) {
        return 'V';
    }
    else if (resto == 18) {
        return 'H';
    }
    else if (resto == 19) {
        return 'L';
    }
    else if (resto == 20) {
        return 'C';
    }
    else if (resto == 21) {
        return 'K';
    }
    else {
        return 'E';
    }
}
```

Letra del DNI

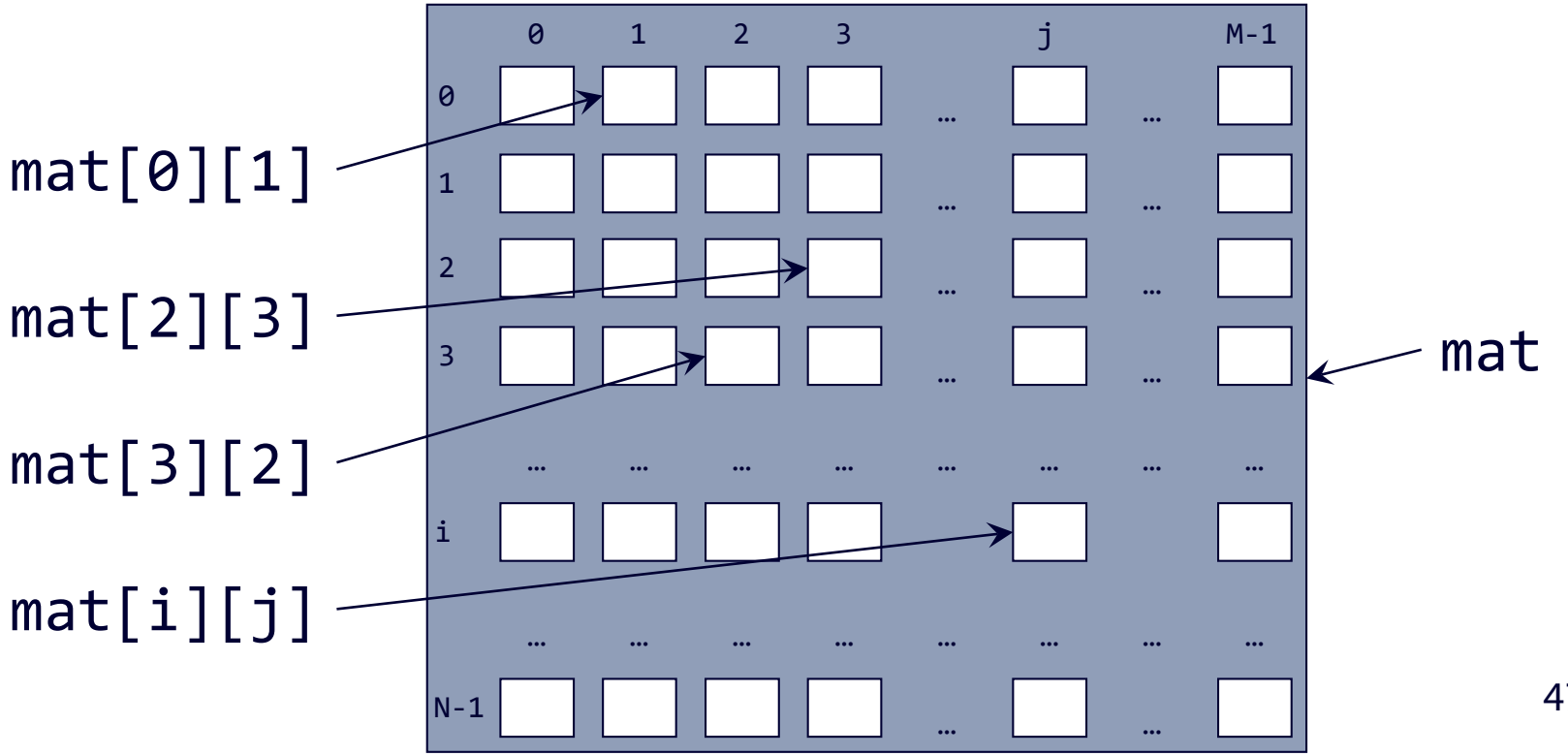
```
/*
 * Pre:  dni > 0
 * Post: Ha devuelto la letra del DNI que corresponde a
 *       un número de DNI igual a «dni».
 */
char letra(const unsigned int dni) {
   const unsigned int NUM_LETRAS = 23;
   const char TABLA_LETRAS_NIF[NUM_LETRAS] = {'T', 'R',
         'W', 'A', 'G', 'M', 'Y', 'F', 'P', 'D', 'X', 'B',
         'N', 'J', 'Z', 'S', 'Q', 'V', 'H', 'L', 'C', 'K',
         'E'};
   return TABLA_LETRAS_NIF[dni % NUM_LETRAS];
}
```

Matrices.
Vectores con varios índices

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

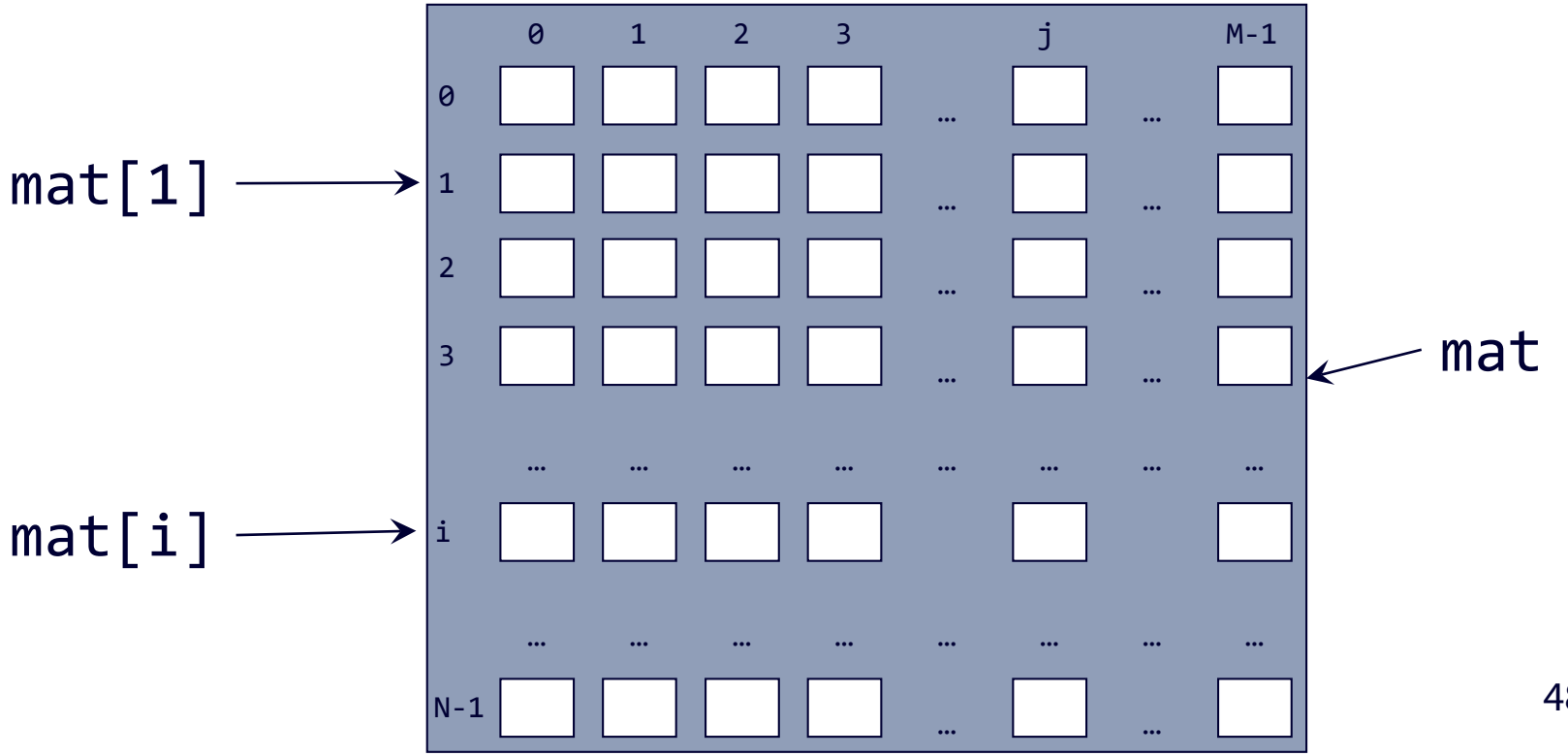
Matrices

```
const unsigned int N = 20;
const unsigned int M = 30;
double mat[N][M];
```



Matrices

```
const unsigned int N = 20;
const unsigned int M = 30;
double mat[N][M];
```



Matrices

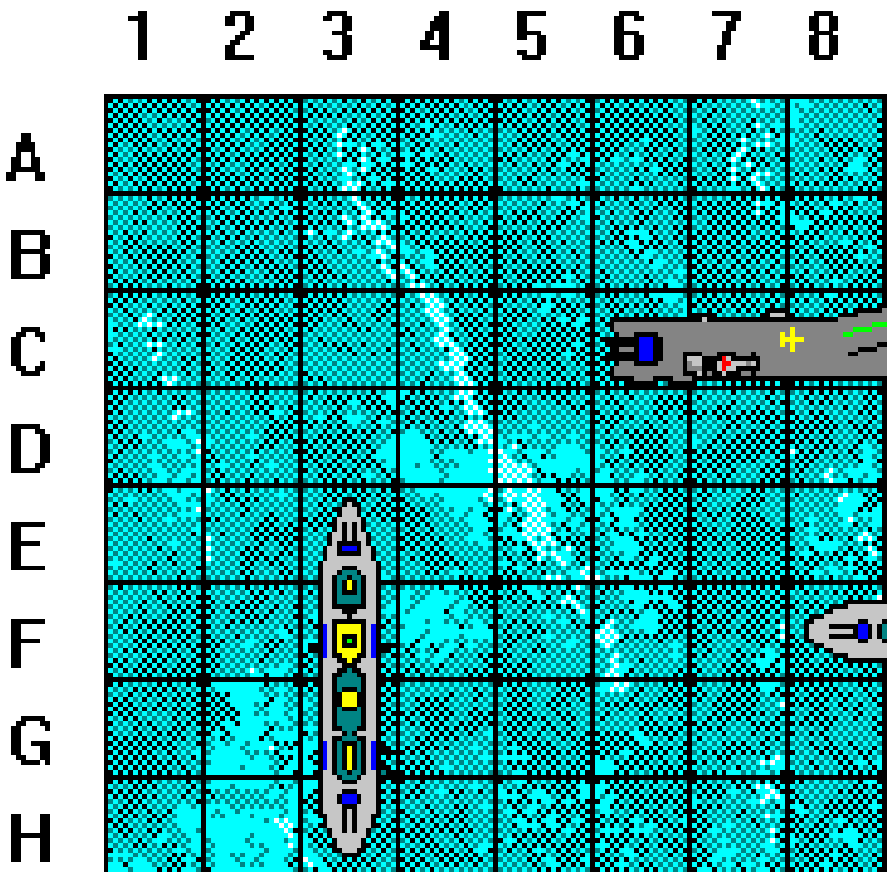


Imagen adaptada de: Roberto Canales. «Juego Barcos». Blog *Adictos al trabajo*, 2015 <https://www.adictosaltrabajo.com/autores/roberto-canales/juego-barcos/>

Matrices

- Definición de un tablero para el juego de los barcos
- Inicialización como «agua»
- Colocación de un barco en las casillas E3, F3, G3 y H3

Matrices

```
const unsigned int NUM_FILAS = 8;
const unsigned int NUM_COLUMNAS = 8;
const bool AGUA = false;
const bool BARCO = true;

bool tablero[NUM_FILAS][NUM_COLUMNAS];

for (unsigned int i = 0; i < NUM_FILAS; i++) {
   for (unsigned int j = 0; j < NUM_COLUMNAS; j++) {
      tablero[i][j] = AGUA;
   }
}

// Colocación de un barco en las casillas E3, F3, G3 y H3
tablero[4][2] = BARCO;
tablero[5][2] = BARCO;
tablero[6][2] = BARCO;
tablero[7][2] = BARCO;
```

Ejercicios con matrices

- Matriz unidad
- Suma de matrices
- Multiplicación de matrices
- Traspuesta de una matriz
- Simetría de una matriz

Matriz unidad. Una solución

```
const unsigned int DIM = 20;
/*
 * Pre:  «matriz» es una matriz cuadrada de DIM x DIM.
 * Post: Ha inicializado «matriz» como la matriz unidad de
 *       tamaño DIM x DIM.
 */
void unidad(double matriz[][DIM]) {
   for (unsigned int i = 0; i < DIM; i++) {
      for (unsigned int j = 0; j < DIM; j++) {
         if (i == j) {
            matriz[i][j] = 1.0;
         }
         else {
            matriz[i][j] = 0.0;
         }
      }
   }
}
```

Suma de matrices

```
/*
 * Pre:  «a», «b» y «suma» son matrices
 *       cuadradas de DIM x DIM.
 * Post: «suma» es la suma matricial
 *       de «a» y «b».
 */
void sumar(const double a[][DIM],
           const double b[][DIM],
           double suma[][DIM]);
```

Producto de matrices

```
/*
 * Pre:  «a», «b» y «producto» son
 *       matrices cuadradas de DIM x DIM.
 * Post: «producto» es el producto
 *       matricial de «a» y «b».
 */
void multiplicar(const double a[][DIM],
                 const double b[][DIM],
                 double producto[][DIM]);
```

Simetría de una matriz

```
/*
 * Pre:  «matriz» es una matriz
 *       cuadrada de DIM x DIM.
 * Post: Ha devuelto el valor «true»
 *       si y solo si «matriz» es
 *       simétrica.
 */
bool esSimetrica(
        const double matriz[][DIM]);
```

Matrices sobredimiensionadas

```
const unsigned int
DIM = 10;
int M[DIM][DIM];
unsigned int fila
cols;
```

filas	?
cols	?

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
1	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
2	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
3	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
4	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
5	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
6	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
7	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
8	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
9	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Matrices sobredimiensionadas

```
Introduzca el numero de filas y columnas (>0): 3 4
Fila 1: Introduzca 4 enteros: 2 0 1 9
Fila 2: Introduzca 4 enteros: 0 8 6 7
Fila 3: Introduzca 4 enteros: 1 6 9 3
```

Matrices sobredimiensionadas

```
Introduzca el numero de filas y
columnas (>0): 3 4
Fila 1: Introduzca 4 enteros: 2 0 1 9
Fila 2: Introduzca 4 enteros: 0 8 6 7
Fila 3: Introduzca 4 enteros: 1 6 9 3
```

filas	3
cols	4

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	2	0	1	9	?	?	?	?	?	?
1	0	8	6	7	?	?	?	?	?	?
2	1	6	9	3	?	?	?	?	?	?
3	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
4	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
5	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
6	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
7	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
8	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
9	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Matrices bidimensionales de enteros sobredimiensionadas

```
Introduzca el numero de filas y
columnas (>0): 3 4
Fila 1: Introduzca 4 enteros: 2 0 1 9
Fila 2: Introduzca 4 enteros: 0 8 6 7
Fila 3: Introduzca 4 enteros: 1 6 9 3
```

filas	3
cols	4

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	2	0	1	9	?	?	?	?	?	?
1	0	8	6	7	?	?	?	?	?	?
2	1	6	9	3	?	?	?	?	?	?
3	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
4	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
5	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
6	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
7	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
8	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
9	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Ejemplo: matriz unidad

```
/*
 * Pre:  La matriz «mat» tiene unas dimensiones
 *       máximas de DIM × DIM y 0 < n ≤ DIM.
 * Post: Ha inicializado «matriz» como la matriz
 *       unidad de dimensión n × n.
 */
void unidad(int matriz[][DIM], const unsigned
int n);
```

Ejemplo: matriz unidad

```
void unidad(int matriz[][DIM], const unsigned int n) {
    for (unsigned int i = 0; i < n; i++) {
        for (unsigned int j = 0; j < n; j++) {
            if (i == j) {
                matriz[i][j] = 1;
            }
            else {
                matriz[i][j] = 0;
            }
        }
    }
}
```

¿Cómo se puede estudiar este tema?

- Repasando estas transparencias
- Trabajando con el código de estas transparencias
  - https://github.com/prog1-eina/tema-09-vectores
- Leyendo «Arrays». *Cplusplus.com*. 2000–2017
  - http://www.cplusplus.com/doc/tutorial/arrays/
- Leyendo el capítulo 9 de los apuntes del profesor Martínez
  - Disponible en Moodle
- Trabajando con los problemas de las clases de los días 31 de octubre y 7 de noviembre