Facultad de Informática
Universidad Complutense

Apuntes de clase de la asignatura

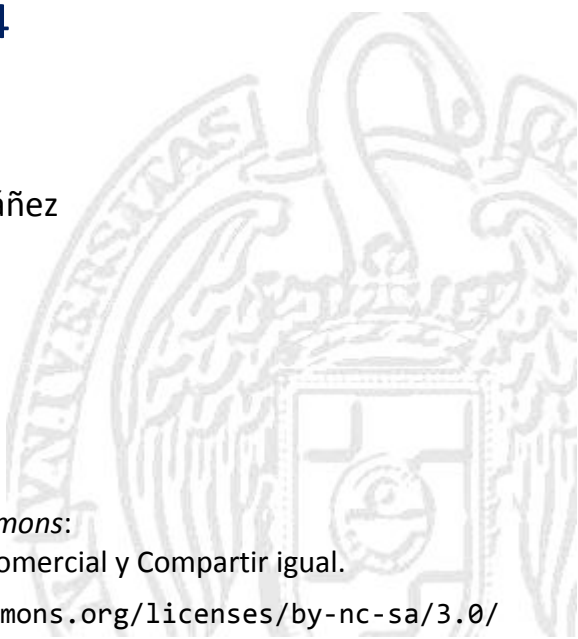
Fundamentos de la programación

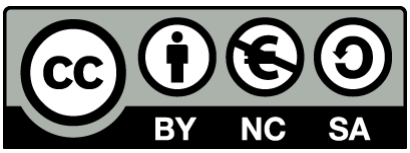
1º curso

Grado en Ingeniería en Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

2013-2014

Luis Hernández Yáñez





Esta publicación contiene los apuntes de clase de la asignatura
Fundamentos de la programación, asignatura de 1º curso de los grados
que se imparten en la Facultad de Informática de la UCM.

Durante los tres primeros cursos en los que se ha impartido la asignatura,
este material ha sido sometido a continuas revisiones y contribuciones
por parte de los profesores que han impartido los distintos grupos
de la asignatura. Aunque el trabajo ha quedado bastante consolidado,
estoy seguro de que todavía contiene muchas erratas. Si encuentras alguna,
no dudes, por favor, en hacérmelo saber y conseguir así
que la siguiente versión esté mejor depurada.

Quiero agradecer a todos los profesores que han impartido la asignatura
su contribución en el desarrollo del material, destacando especialmente
la labor de Pablo Moreno Ger y Carlos Cervigón Rückauer.

Luis Hernández Yáñez
Profesor de la Facultad de Informática de la UCM

Fundamentos de la programación

TC

Índice general

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice de temas

Tema 1: Computadoras y programación

Luis Hernández Yáñez

Tema 2: Tipos e instrucciones I

Luis Hernández Yáñez

Tema 2 (Anexo): Detalles técnicos de los tipos

Luis Hernández Yáñez

Tema 3: Tipos e instrucciones II

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Fundamentos de la programación

Tema 3: Anexos

Anexo I: El operador ternario ?

Anexo II: Ejemplos de secuencias

Tema 4: La abstracción procedimental

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Tema 4 (Anexo): Más sobre subprogramas

Luis Hernández Yáñez

Tema 5: Tipos de datos estructurados

Luis Hernández Yáñez

Tema 5 (Anexo): Cadenas al estilo de C

Luis Hernández Yáñez

Tema 6: Recorrido y búsqueda en arrays

Luis Hernández Yáñez

Tema 7: Algoritmos de ordenación

Luis Hernández Yáñez

Tema 7 (Anexo): Más sobre ordenación

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Fundamentos de la programación

Tema 8: Programación modular

Luis Hernández Yáñez

Tema 8 (Anexo): Ejemplo de modularización

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Fundamentos de la programación

Tema 9: Punteros y memoria dinámica

Luis Hernández Yáñez

Tema 9 (Anexo): Punteros y memoria dinámica

Luis Hernández Yáñez

CC BY NC SA

Fundamentos de la programación

Tema 10: Introducción a la recursión

Luis Hernández Yáñez

Apéndice: Archivos binarios

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Fundamentos de la programación

RB Referencias bibliográficas

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Referencias bibliográficas

- ✓ *Programming. Principles and Practice Using C++*
  B. Stroustrup. Pearson Education, 2009
- ✓ *C++: An Introduction to Computing* (2ª edición)
  J. Adams, S. Leestma, L. Nyhoff. Prentice Hall, 1998
- ✓ *El lenguaje de programación C++* (Edición especial)
  B. Stroustrup. Addison-Wesley, 2002
- ✓ *Programación y resolución de problemas con C++*
  N. Dale, C. Weems. McGraw-Hill Interamericana, 2007
- ✓ *Problem Solving, Abstraction, Design Using C++* (3ª edición)
  F.L. Friedman, E.B. Koffman. Addison-Wesley, 2000.
- ✓ *Programación en C++ para ingenieros*
  F. Xhafa et al. Thomson, 2006

Referencias bibliográficas

Programming. Principles and Practice Using C++

Del autor del lenguaje C++, un amplio tutorial que enseña a programar en C++; hace un uso temprano de conceptos de orientación a objetos y de la STL, que quedan fuera del temario de este curso

C++: An Introduction to Computing (2ª edición)

Buena introducción a la programación en C++; buena organización de los contenidos, bien desarrollado y con secciones prácticas

El lenguaje de programación C++ (Edición especial)

Del autor del lenguaje C++, la referencia absoluta sobre el lenguaje C++ en la que consultar dudas y detalles técnicos sobre los elementos del lenguaje

Referencias bibliográficas

Programación y resolución de problemas con C++

Un enfoque práctico al desarrollo de programas con C++ con numerosos ejemplos

Problem Solving, Abstraction, Design Using C++ (3ª edición)

Introducción a la programación en C++ con un enfoque de desarrollo de software y numerosos casos de estudio

Programación en C++ para ingenieros

Introducción a la programación en C++ con explicaciones sencillas y una organización clara

Fundamentos de la programación

1 Computadoras y programación

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Informática, computadoras y programación

Luis Hernández Yáñez

Informática y computadora R.A.E.

Informática (Ciencia de la computación)

Conjunto de conocimientos científicos y técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de ordenadores

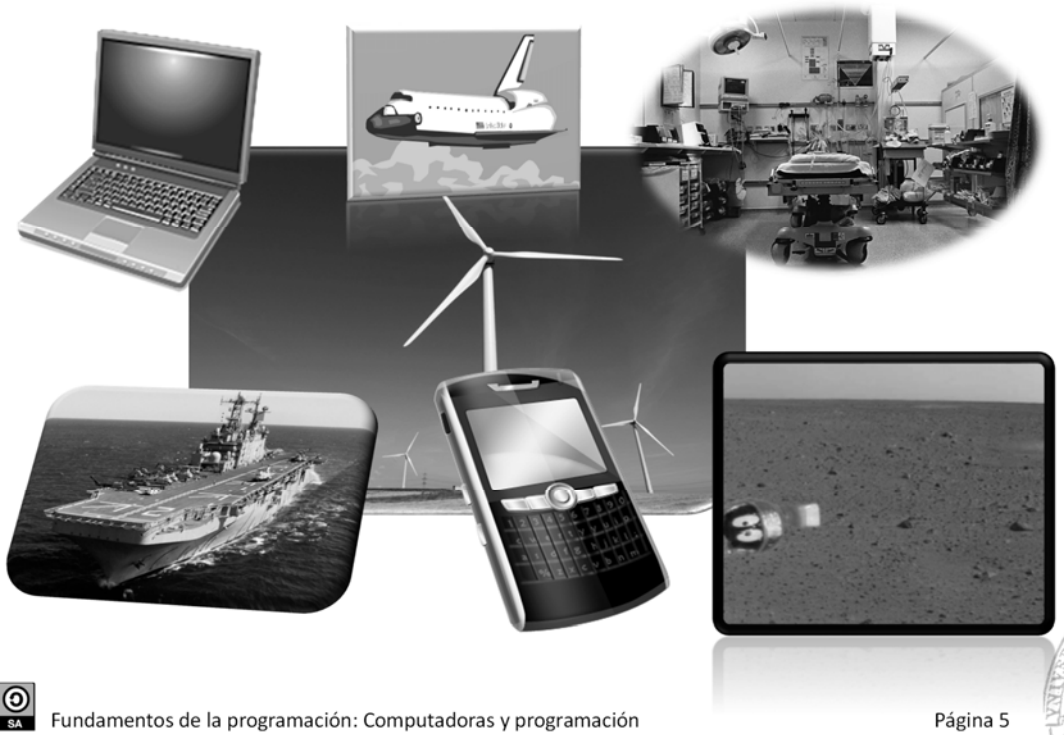
Computadora

Máquina electrónica, analógica o digital, dotada de una memoria de gran capacidad y de métodos de tratamiento de la información, capaz de resolver problemas matemáticos y lógicos mediante la ejecución de programas informáticos

Luis Hernández Yáñez

Computadoras

En todas partes y con muchas formas



Luis Hernández Yáñez

Hardware y software

Hardware

Componentes que integran
la parte material
de una computadora

Software

Programas, instrucciones
y reglas informáticas
para ejecutar tareas
en una computadora

Luis Hernández Yáñez

Programación de computadoras

Programar

Indicar a la computadora qué es lo que tiene que hacer

Programa

- ✓ Secuencia de instrucciones
- ✓ Instrucciones que entiende la computadora
- ✓ Y que persiguen un objetivo: *¡resolver un problema!*

Luis Hernández Yáñez

Programadores

Parque Jurásico

Trabajo en equipo
Múltiples roles...

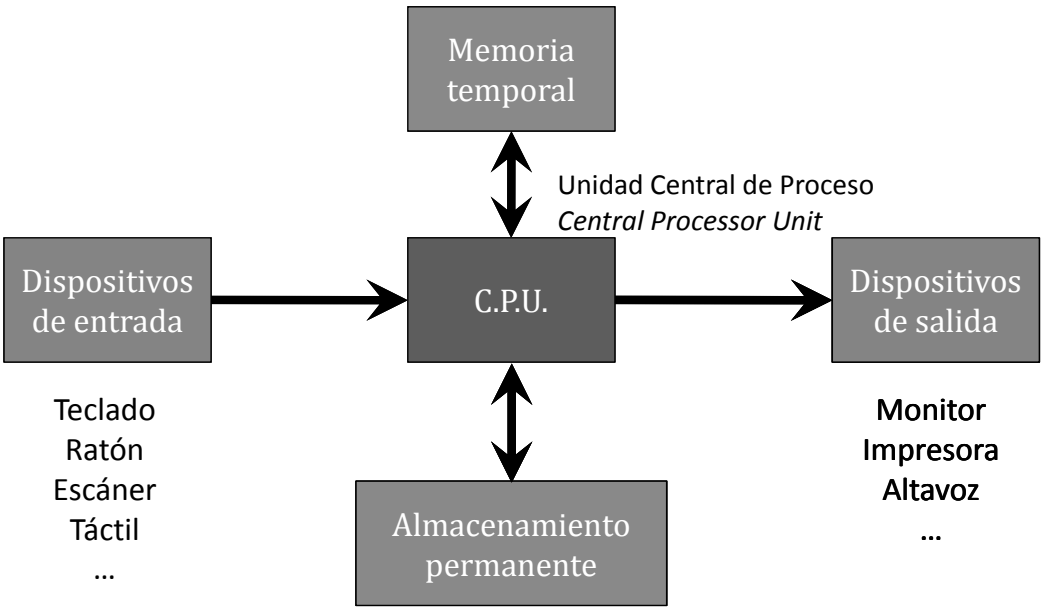
- ✓ Gestores
- ✓ Analistas
- ✓ Diseñadores
- ✓ Programadores
- ✓ Probadores
- ✓ Administradores de sistemas

...

Luis Hernández Yáñez

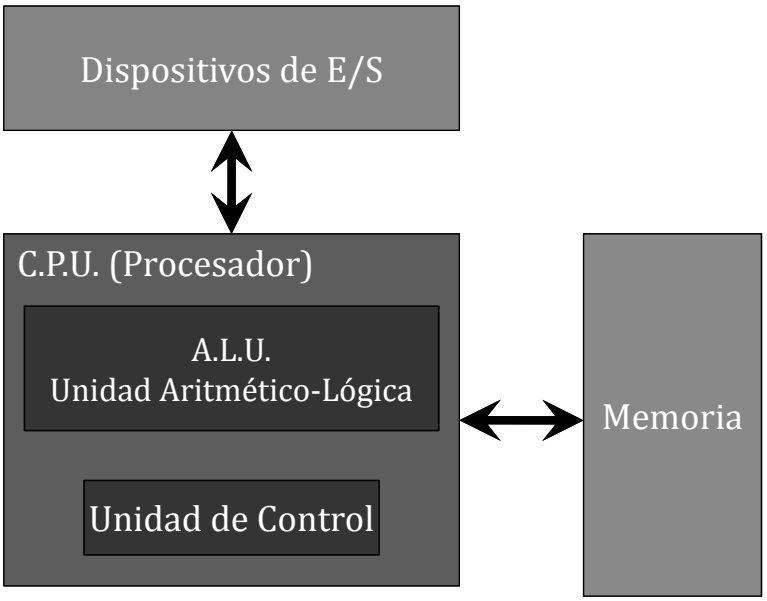
Computadoras

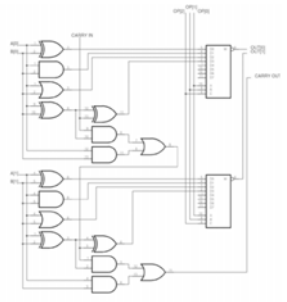
Esquema general



Computadoras

La arquitectura de Von Neumann

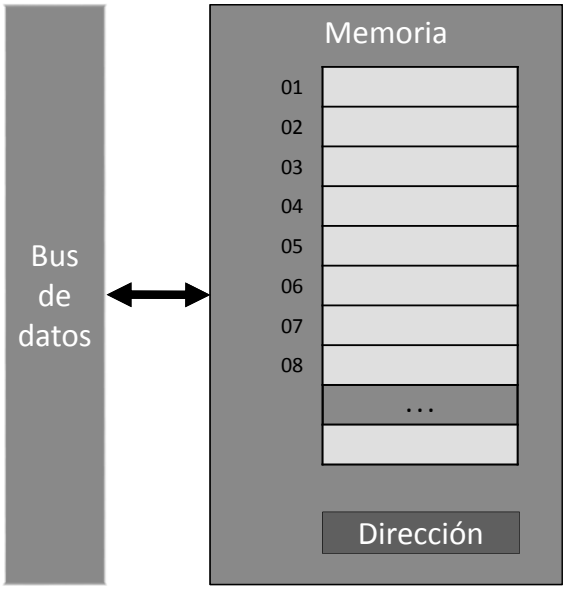




Una ALU de 2 bits (Wikipedia)

Computadoras

La memoria



Cada celda en una dirección
Celdas de 8 / 16 / 32 / 64 bits
Información volátil

1 Bit = 0 / 1
1 Byte = 8 bits = 1 carácter
1 Kilobyte (KB) = 1024 Bytes
1 Megabyte (MB) = 1024 KB
1 Gigabyte (GB) = 1024 MB
1 Terabyte (TB) = 1024 GB
1 Petabyte (PB) = 1024 TB

$2^{10} = 1024 \approx 1000$

Fundamentos de la programación

Lenguaje máquina y ensamblador

Programación de computadoras

Los procesadores trabajan con ceros y unos (bits)

Unidad de memoria básica: *Byte* (8 bits)
(2 dígitos hexadecimales: 01011011 → 0101 1011 → 5B)

Lenguaje máquina

Códigos hexadecimales que representan instrucciones, registros de la CPU, direcciones de memoria o datos

Lenguaje de bajo nivel
Dependiente de la máquina
Programación difícil

Instrucción	*Significado*
`A0 2F`	*Acceder a la celda de memoria 2F*
`3E 01`	*Copiarlo el registro 1 de la ALU*
`A0 30`	*Acceder a la celda de memoria 30*
`3E 02`	*Copiarlo en el registro 2 de la ALU*
`1D`	*Sumar*
`B3 31`	*Guardar el resultado en la celda de memoria 31*

Lenguaje ensamblador

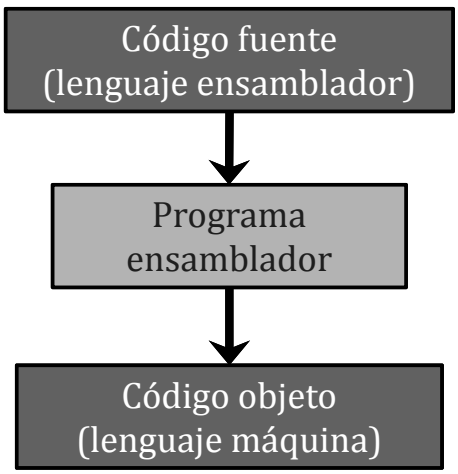
Nemotécnicos para los códigos hexadecimales:

`A0` → `READ` `3E` → `REG` `1D` → `ADD` …

Mayor legibilidad:

```
READ 2F
REG 01
READ 30
REG 02
ADD
WRITE 31
```

Lenguaje de nivel medio



Lenguajes de programación de alto nivel

Luis Hernández Yáñez

- ✓ Más cercanos a los lenguajes natural y matemático

```
resultado = dato1 + dato2;
```

- ✓ Mayor legibilidad, mayor facilidad de codificación
- ✓ Estructuración de datos / abstracción procedimental

FORTRAN Python Prolog C#
C Pascal Cobol Lisp Ruby
BASIC Smalltalk Haskell Ada
Simula Java Eiffel C++
...

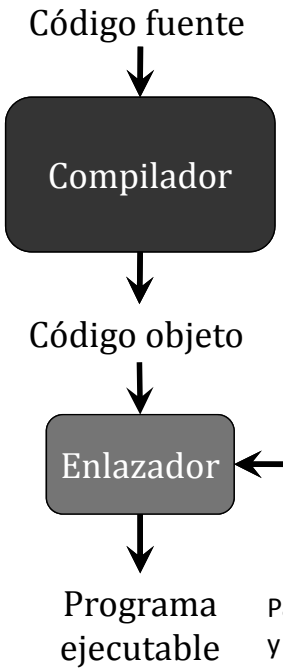
Luis Hernández Yáñez

Lenguajes de programación de alto nivel

Traducción

Compiladores:
Compilan y enlazan programas completos

Intérpretes:
Compilan, enlazan y ejecutan instrucción a instrucción




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

int main()
{
   cout << "Hola Mundo!" << endl;
   return 0;
}
```

0100010100111010011100...

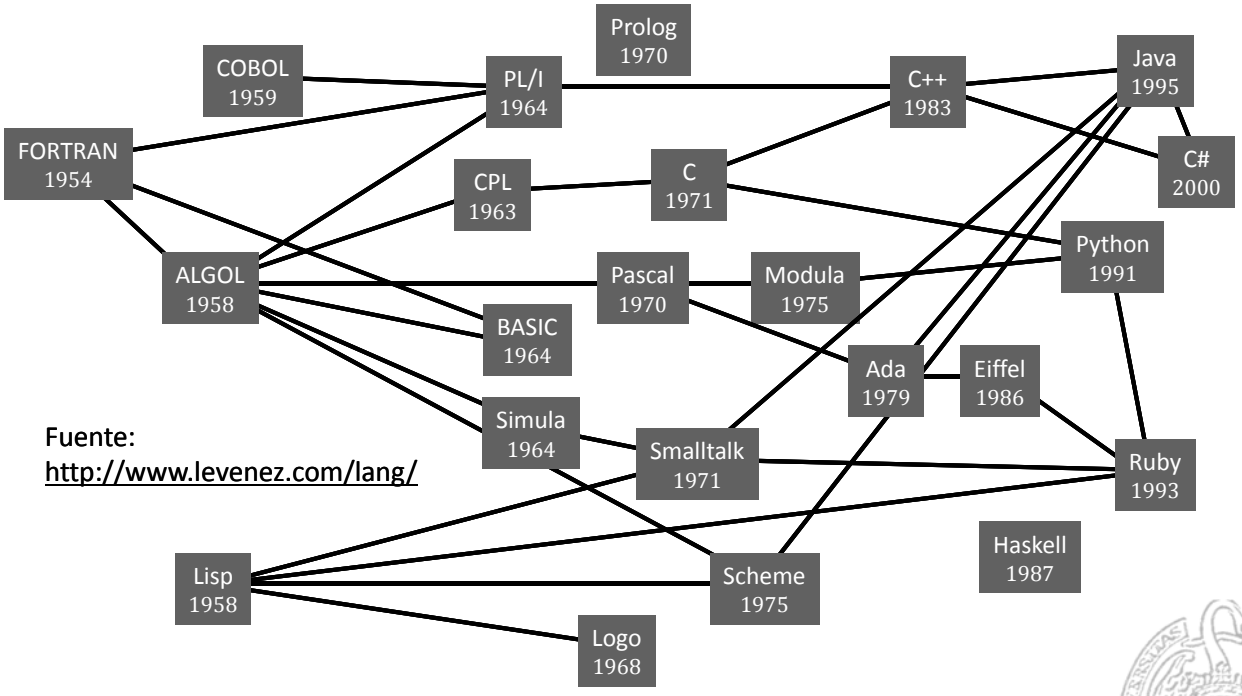
Para una arquitectura concreta y un sistema operativo

Luis Hernández Yáñez

Los lenguajes de programación de alto nivel

Genealogía de lenguajes

Versiones / Estándares



Fuente:
http://www.levenez.com/lang/

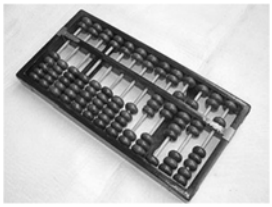
Luis Hernández Yáñez

Un poco de historia

Luis Hernández Yáñez

La *prehistoria*

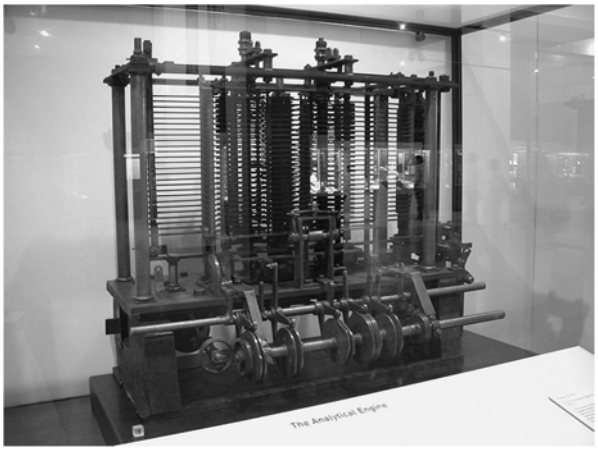
El ábaco



(Wikipedia)

Siglo XIX

Máquina analítica de Charles Babbage



Lady Ada Lovelace es considerada la primera programadora

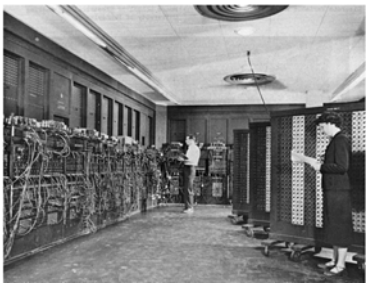
Luis Hernández Yáñez

Un poco de historia

Siglo XX

1936 Máquina de Turing

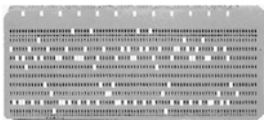
1946 ENIAC: Primera computadora digital de propósito general



ENIAC (Wikipedia)

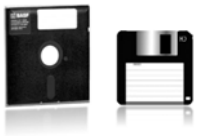
1947 El transistor

1953 IBM 650: Primera computadora a gran escala



1966 ARPANET: Origen de Internet

1967 El *disquete*



1970 Sistema operativo UNIX

1972 Primer virus informático (*Creeper*)
Lenguaje de programación C

1974 Protocolo TCP. Primera red local

Un poco de historia

1975 Se funda Microsoft

1976 Se funda Apple

1979 Juego *Pacman*

1981 IBM PC
Sistema operativo MS-DOS

Apple II (Wikipedia)

1983 Lenguaje de programación C++

1984 CD-ROM

1985 Windows 1.0

1990 Lenguaje HTML
World Wide Web

1991 Sistema operativo Linux

Linux

IBM PC (Wikipedia)

Un poco de historia

1992 Windows 3.1

1995 Lenguaje de programación Java
DVD

1998 Se funda Google

1999 MSN Messenger

Siglo XXI

2001 Windows XP
Mac OS X

2002 Mozilla Firefox

2007 iPhone

2008 Android ...

Fundamentos de la programación

Programación e Ingeniería del Software

Programa informático

¿Qué es programar?

*Decirle a un tonto **muy** rápido **exactamente** lo que tiene que hacer*

Especificar la estructura y el comportamiento de un programa, así como probar que el programa realiza su tarea adecuadamente y con un rendimiento aceptable

Programa: Transforma entrada en salida

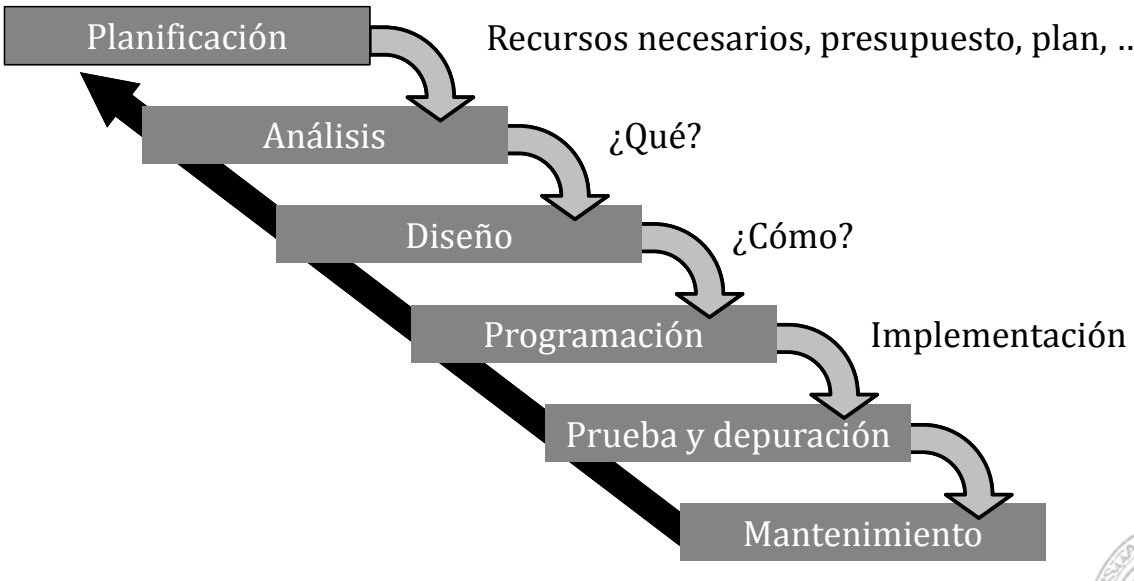
Algoritmo: Secuencia de pasos y operaciones que debe realizar el programa para resolver el problema

El programa implementa el algoritmo en un lenguaje concreto

La Ingeniería del Software

La programación es sólo una etapa del proceso de desarrollo

Modelo de desarrollo "en cascada":



El lenguaje de programación C++

Luis Hernández Yáñez

Bjarne Stroustrup (1983)

```
Hola Mundo!
```

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

int main()
{
   cout << "Hola Mundo!" << endl;
   // Muestra Hola Mundo!

   return 0;
}
```

Luis Hernández Yáñez

Elementos del lenguaje

Instrucciones

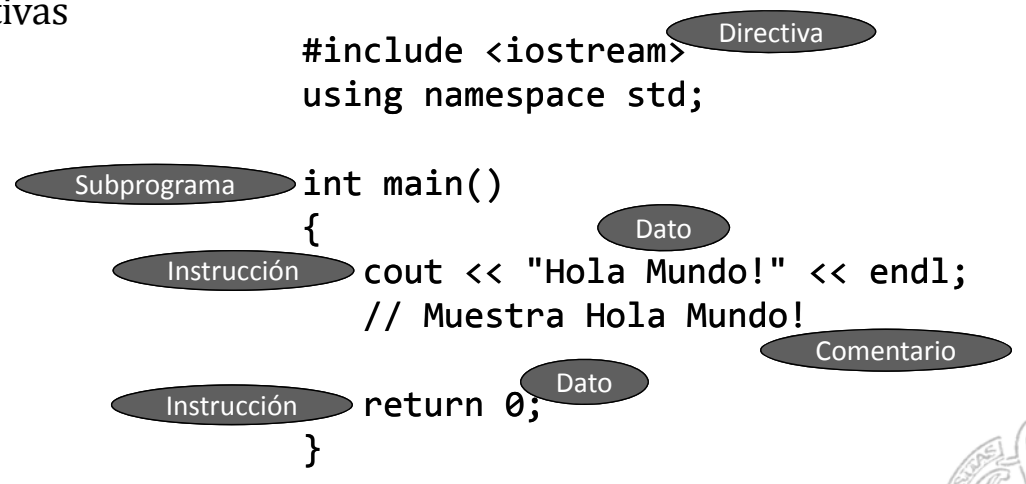
Datos: literales, variables, tipos

Subprogramas (funciones)

Comentarios

Directivas

…



Fundamentos de la programación

Sintaxis de los lenguajes de programación

Los lenguajes de programación

Sintaxis y semántica de los lenguajes

Sintaxis

— Reglas que determinan cómo se pueden construir y secuenciar los elementos del lenguaje

Semántica

— Significado de cada elemento del lenguaje
¿Para qué sirve?

Luis Hernández Yáñez

Sintaxis de los lenguajes de programación

Especificación

✓ Lenguajes (BNF)

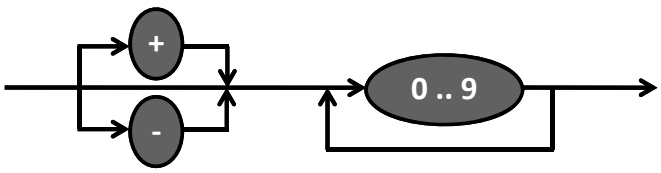
✓ Diagramas

Ejemplo: Números enteros (sin decimales)

BNF

```
<numero entero> ::= <signo opcional><secuencia de dígitos>
<signo opcional> ::= +|-|<nada>
<secuencia de dígitos> ::= <dígito>|<dígito><secuencia de dígitos>
<dígito> ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9
<nada> ::=
```

| significa ó




```
+23    ✓
-159   ✓
1374   ✓
1-34   ✗
3.4    ✗
002    ✓
```

Luis Hernández Yáñez

Backus-Naur Form (BNF)

```
<numero entero> ::= <signo opcional><secuencia de dígitos>
<signo opcional> ::= +|-|<nada>
<secuencia de dígitos> ::= <dígito>|<dígito><secuencia de dígitos>
<dígito> ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9
<nada> ::=
```

+23

<numero entero> ::= <signo opcional><secuencia de dígitos>
::= **+**<secuencia de dígitos> ::= **+**<dígito><secuencia de dígitos>
::= **+2**<secuencia de dígitos> ::= **+2**<dígito> ::= **+23** ✓

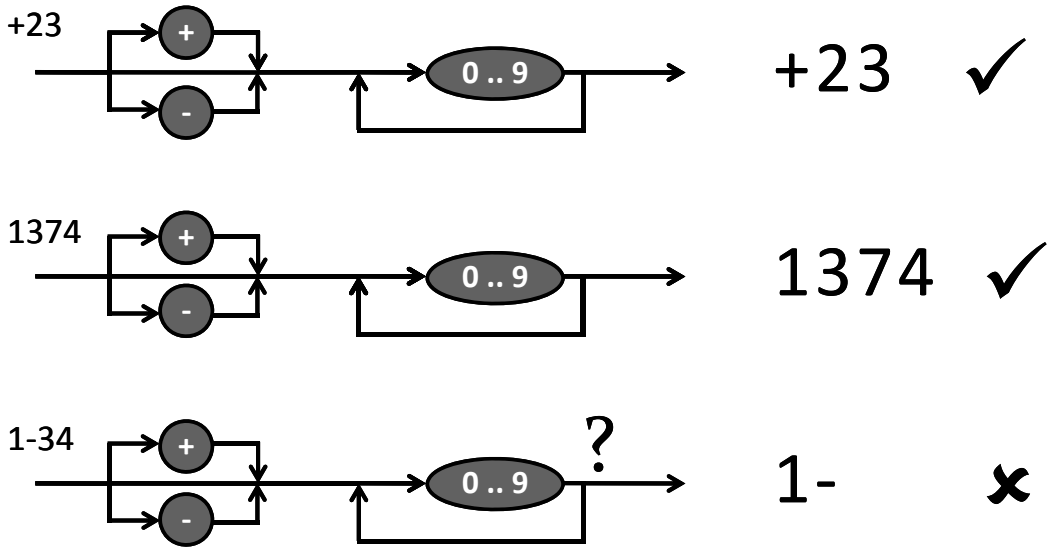
1374

<numero entero> ::= <signo opcional><secuencia de dígitos>
::= <secuencia de dígitos> ::= <dígito><secuencia de dígitos>
::= **1**<secuencia de dígitos> ::= **1**<dígito><secuencia de dígitos> ✓
::= **13**<secuencia de dígitos> ::= **13**<dígito><secuencia de dígitos>
::= **137**<secuencia de dígitos> ::= **137**<dígito> ::= **1374**

1-34

<numero entero> ::= <signo opcional><secuencia de dígitos> ✗
::= <secuencia de dígitos> ::= <dígito><secuencia de dígitos>
::= **1**<secuencia de dígitos> ::= **ERROR** (**-** no es <dígito>)

Diagramas de sintaxis



Un primer programa en C++

Luis Hernández Yáñez

Hola Mundo!

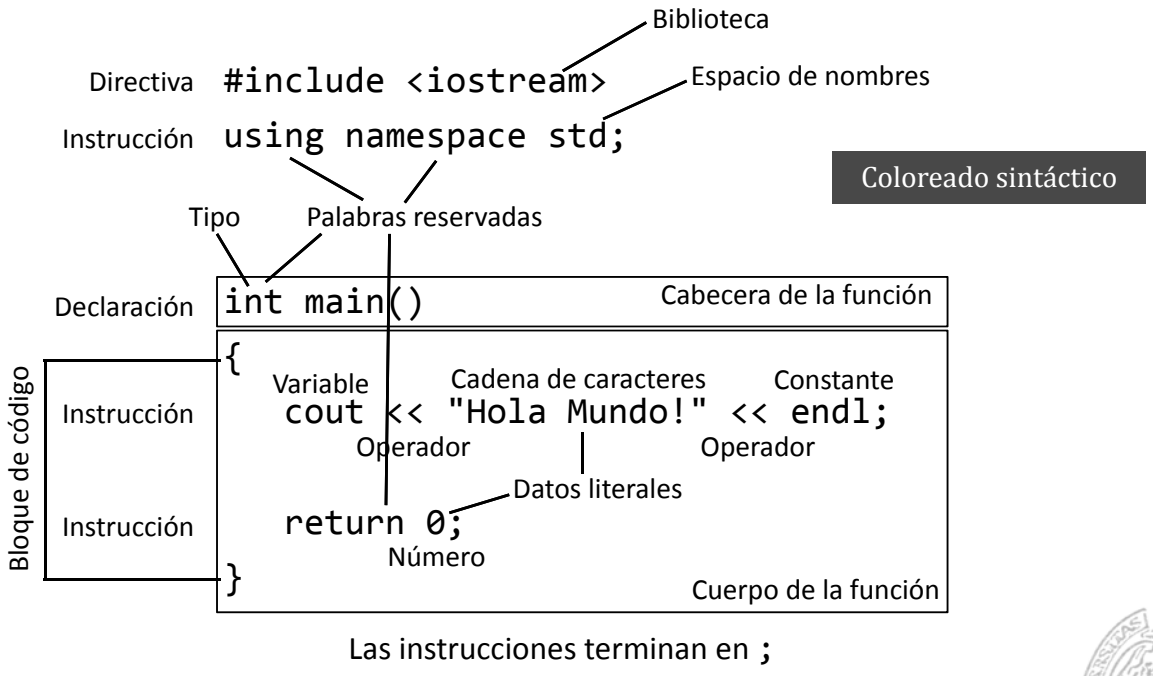
Un programa que muestra un saludo en la pantalla:

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

int main()
// main() es donde empieza la ejecución
{
   cout << "Hola Mundo!" << endl; // Muestra Hola Mundo!

   return 0;
}
```

Luis Hernández Yáñez

Un primer programa en C++

Análisis del programa



Un primer programa en C++

Hola Mundo!

Casi todo es *infraestructura*

Sólo

```
cout << "Hola Mundo!" << endl
```

hace algo palpable

La infraestructura (notación, bibliotecas y otro soporte) hace nuestro código simple, completo, confiable y eficiente

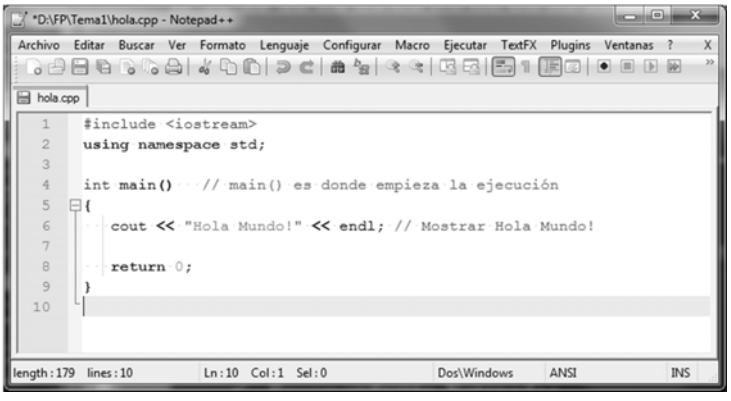
¡El estilo importa!

Herramientas de desarrollo

Luis Hernández Yáñez

Editor

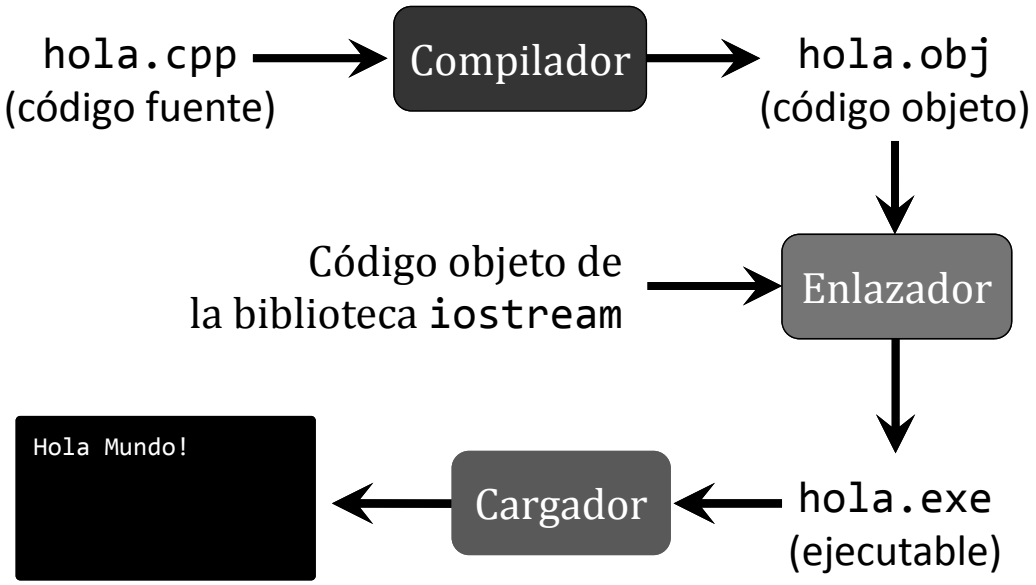
- ✓ Bloc de notas, Wordpad, Word, Writer, Gedit, Kwrite, … (texto simple, sin formatos)
- ✓ Editores específicos: coloreado sintáctico
- ✓ Recomendación: Notepad++



Instalación y uso:
Sección
Herramientas de desarrollo
en el Campus Virtual

Luis Hernández Yáñez

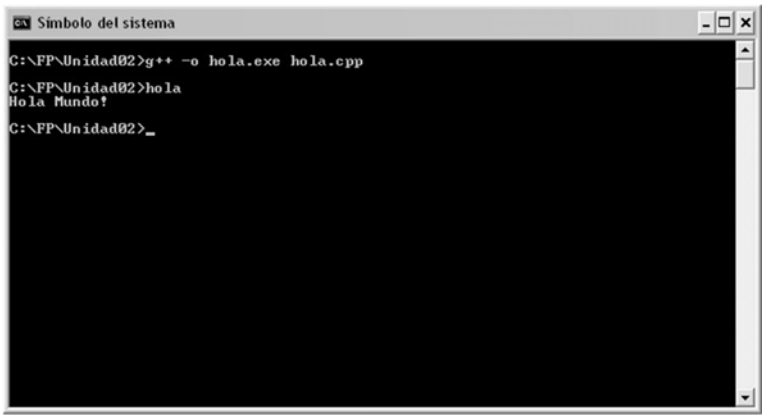
Compilación, enlace y ejecución



Más herramientas de desarrollo

Compilador

- ✓ Importante: C++ estándar
- ✓ Recomendación: GNU G++ (*MinGW* en Windows)

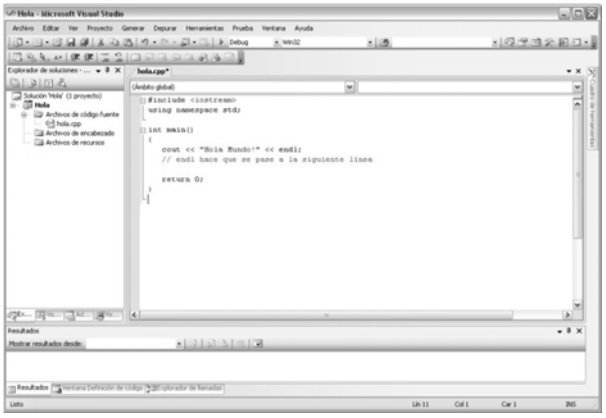


Instalación y uso:
Sección
Herramientas de desarrollo
en el Campus Virtual

Más herramientas de desarrollo

Entornos de desarrollo

- ✓ Para editar, compilar y probar el código del programa
- ✓ Recomendaciones:
  - — Windows: MS Visual Studio / C++ Express o Eclipse
  - — Linux: Netbeans o Eclipse

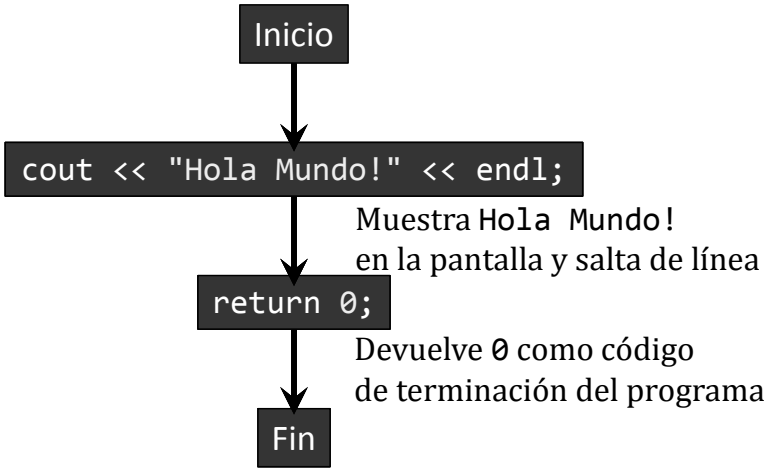


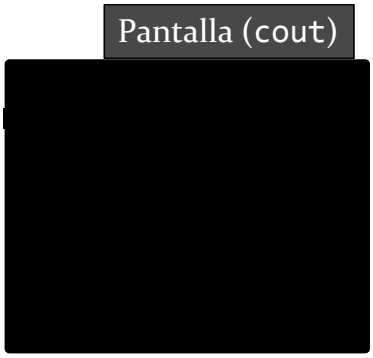
Instalación y uso:
Sección
Herramientas de desarrollo
en el Campus Virtual

Un primer programa en C++: ejecución

¿Qué hace el programa?

- ✓ La ejecución del programa siempre empieza en `main()`
- ✓ Se ejecutan las instrucciones en secuencia de principio a fin





C++: Un mejor C

Luis Hernández Yáñez

El lenguaje C

- ✓ Lenguaje creado por Dennis M. Ritchie en 1972
- ✓ Lenguaje de nivel medio:
  - Estructuras típicas de los lenguajes de alto nivel
  - Construcciones para control a nivel de máquina
- ✓ Lenguaje sencillo (pocas palabras reservadas)
- ✓ Lenguaje estructurado (no estrictamente estructurado en bloques)
- ✓ Compartimentalización de código (funciones) y datos (ámbitos)
- ✓ Componente estructural básico: la función (subprograma)
- ✓ Programación modular
- ✓ Distingue entre mayúsculas y minúsculas
- ✓ Palabras reservadas (o clave): en minúsculas

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

2 Tipos e instrucciones I

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Un ejemplo de programación

Luis Hernández Yáñez

Una computadora de un coche

Instrucciones que entiende:

<instrucción> ::= <inst> `;`

<inst> ::= `Start` | `Stop` | <avanzar>

<avanzar> ::= `Go` <dirección> <num> `Blocks`

<dirección> ::= `North` | `East` | `South` | `West`

<num> ::= `1` | `2` | `3` | `4` | `5`

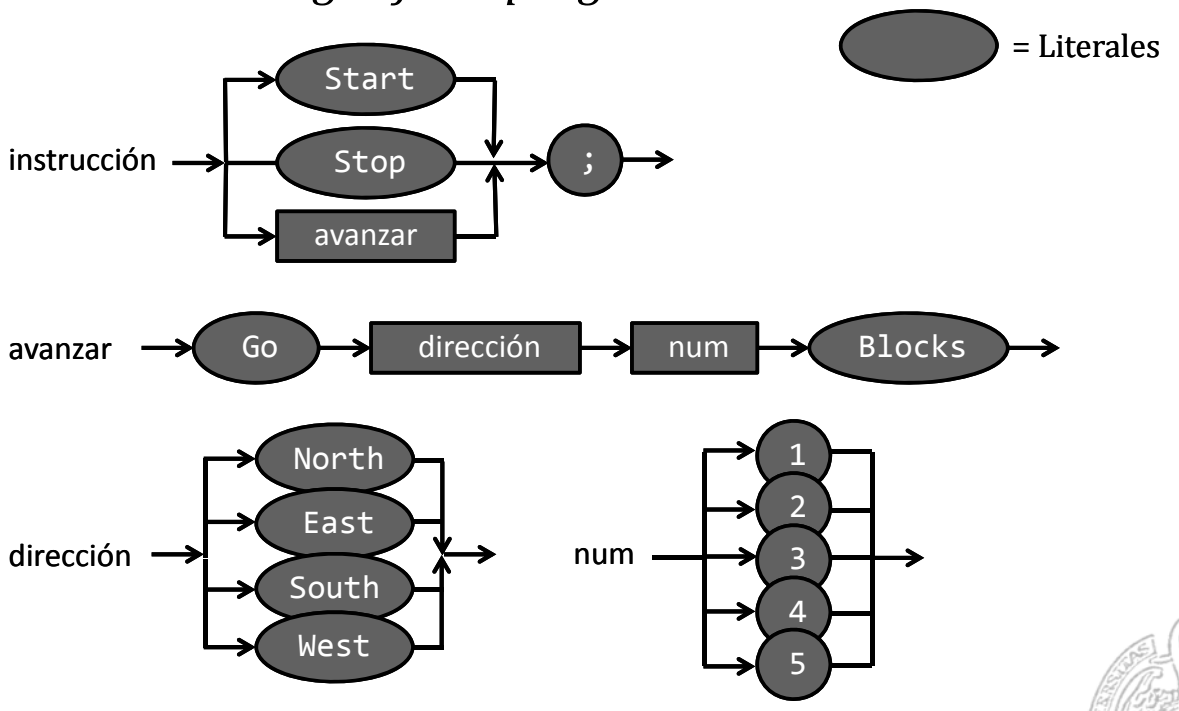
Ejemplos:

```
Start;
Go North 3 Blocks;
Stop;
```

Luis Hernández Yáñez

Un ejemplo de programación

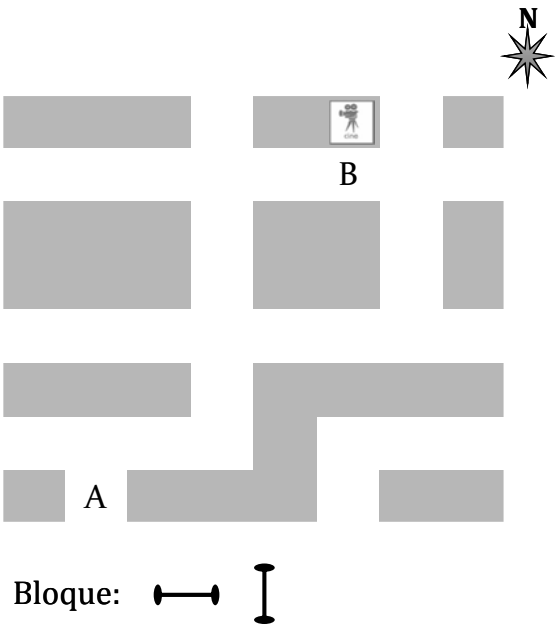
Sintaxis del lenguaje de programación



Un ejemplo de programación

El problema a resolver

Estando el coche en la posición A, conseguir llegar al Cine Tívoli (B)



¿Qué pasos hay que seguir?

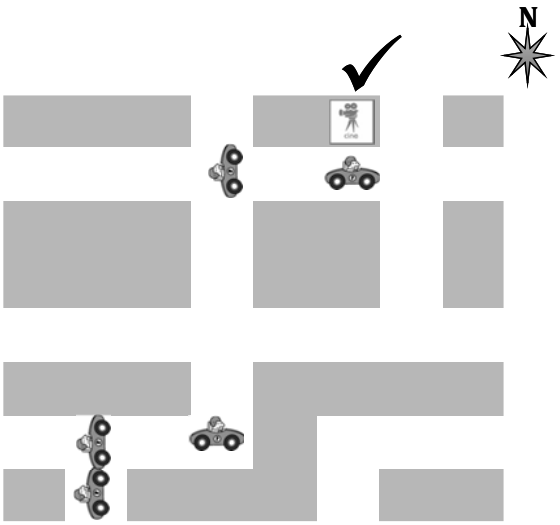
Arrancar
Ir un bloque al Norte
Ir dos bloques al Este
Ir cinco bloques al Norte
Ir dos bloques al Este
Parar

Un ejemplo de programación

El algoritmo

Secuencia de pasos que hay que seguir para resolver el problema

1.- Arrancar
2.- Ir un bloque al Norte
3.- Ir dos bloques al Este
4.- Ir cinco bloques al Norte
5.- Ir dos bloques al Este
6.- Parar



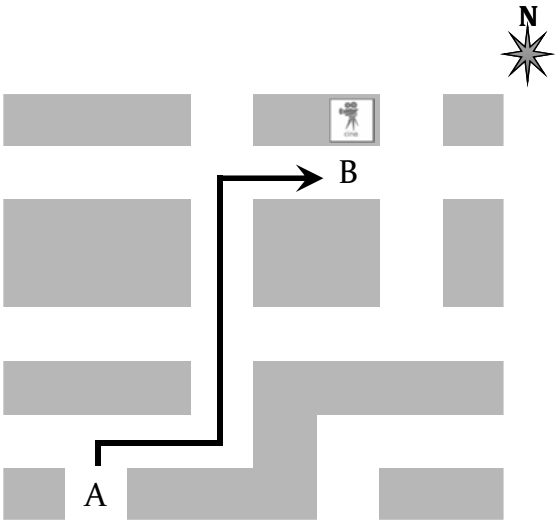
Esos pasos sirven tanto para una persona como para una computadora.

Un ejemplo de programación

El programa

Instrucciones escritas en el lenguaje de programación

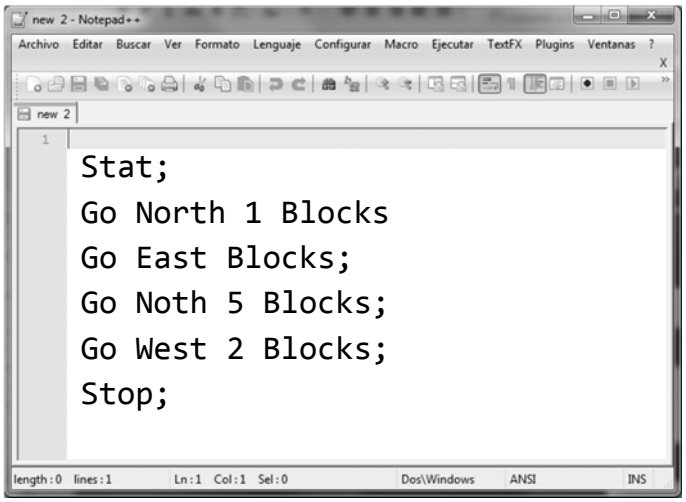
```
Start;
Go North 1 Blocks;
Go East 2 Blocks;
Go North 5 Blocks;
Go East 2 Blocks;
Stop;
```



Un ejemplo de programación

El programa

Escribimos el código del programa en un editor
y lo guardamos en un archivo:



Copiamos el archivo
en una llave USB
y lo llevamos al coche

Un ejemplo de programación

La compilación

Introducimos la llave USB en el coche
y pulsamos el botón de ejecutar el programa:

```
Stat;
----^ Unknown word.
Go North 1 Blocks
-----------------^ ; missing.
Go East Blocks;
--------^ Number missing.
Go Noth 5 Blocks;
-------^ Unknown word.
Go West 2 Blocks;
Stop;
There are errors. Impossible to run the program.
```

Errores
de sintaxis

Un ejemplo de programación

Depuración

Editamos el código para corregir los errores sintácticos:

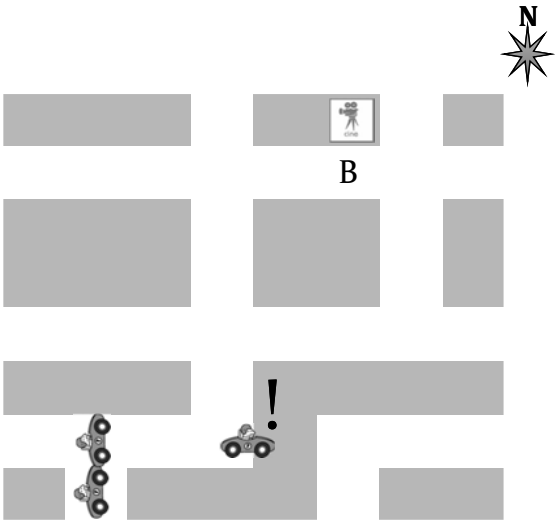
```
Stat;                          Start;
Go North 1 Blocks              Go North 1 Blocks;
Go East Blocks;        ⇒       Go East 3 Blocks;
Go Noth 5 Blocks;              Go North 5 Blocks;
Go West 2 Blocks;              Go West 2 Blocks;
Stop;                          Stop;
```


Un ejemplo de programación

La ejecución

Se realiza lo que pide cada instrucción:

```
Start;
Go North 1 Blocks;
Go East 3 Blocks;
```



Error de ejecución

¡Una instrucción no se puede ejecutar!

Un ejemplo de programación

Depuración

Editamos el código para arreglar el error de ejecución:

```
Start;                          Start;
Go North 1 Blocks;              Go North 1 Blocks;
Go East 3 Blocks;      ⇒        Go East 2 Blocks;
Go North 5 Blocks;              Go North 5 Blocks;
Go West 2 Blocks;               Go West 2 Blocks;
Stop;                           Stop;
```

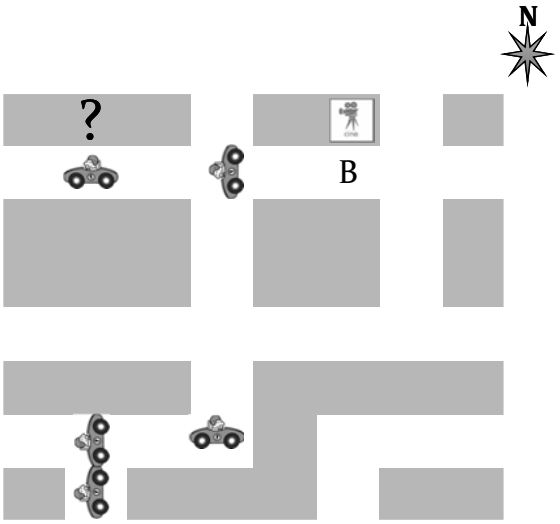
Luis Hernández Yáñez

Un ejemplo de programación

La ejecución

Se realiza lo que pide cada instrucción:

```
Start;
Go North 1 Blocks;
Go East 2 Blocks;
Go North 5 Blocks;
Go West 2 Blocks;
Stop;
```



Error lógico

¡El programa no llega al resultado deseado!

Luis Hernández Yáñez

Un ejemplo de programación

Depuración

Editamos el código para arreglar el error lógico:

```
Start;                          Start;
Go North 1 Blocks;              Go North 1 Blocks;
Go East 2 Blocks;      ⇒        Go East 2 Blocks;
Go North 5 Blocks;              Go North 5 Blocks;
Go West 2 Blocks;               Go East 2 Blocks;
Stop;                           Stop;
```

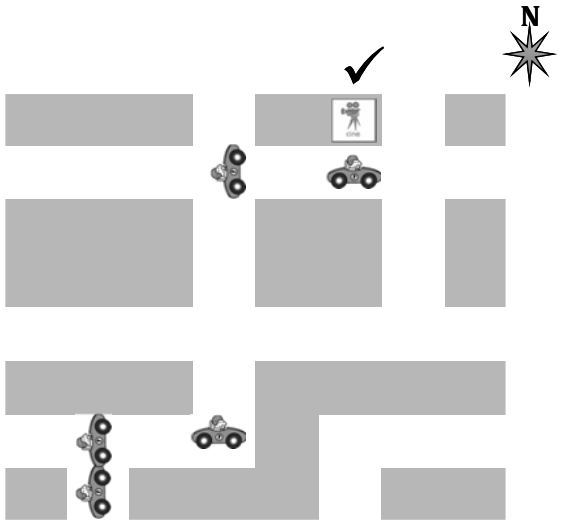
Luis Hernández Yáñez

Un ejemplo de programación

La ejecución

Se realiza lo que pide cada instrucción:

```
Start;
Go North 1 Blocks;
Go East 2 Blocks;
Go North 5 Blocks;
Go East 2 Blocks;
Stop;
```



¡Conseguido!

Luis Hernández Yáñez

El primer programa en C++

Luis Hernández Yáñez

El primer programa en C++

Hola Mundo!

De vuelta en el programa que muestra un saludo en la pantalla:

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

int main() // main() es donde empieza la ejecución
{
   cout << "Hola Mundo!" << endl;

   return 0;
}
```

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

El primer programa en C++

Hola Mundo!

La única instrucción que produce algo tangible:

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

int main() // main() es donde empieza la ejecución
{
   cout << "Hola Mundo!" << endl;

   return 0;
}
```


El primer programa en C++

`cout` (`iostream`) c*haracter* out*put stream*

Visualización en la pantalla: operador << (*insertor*)

```
cout << "Hola Mundo!" << endl;
```

`<< "Hola Mundo!" << endl;`

```
Hola Mundo!
_
```

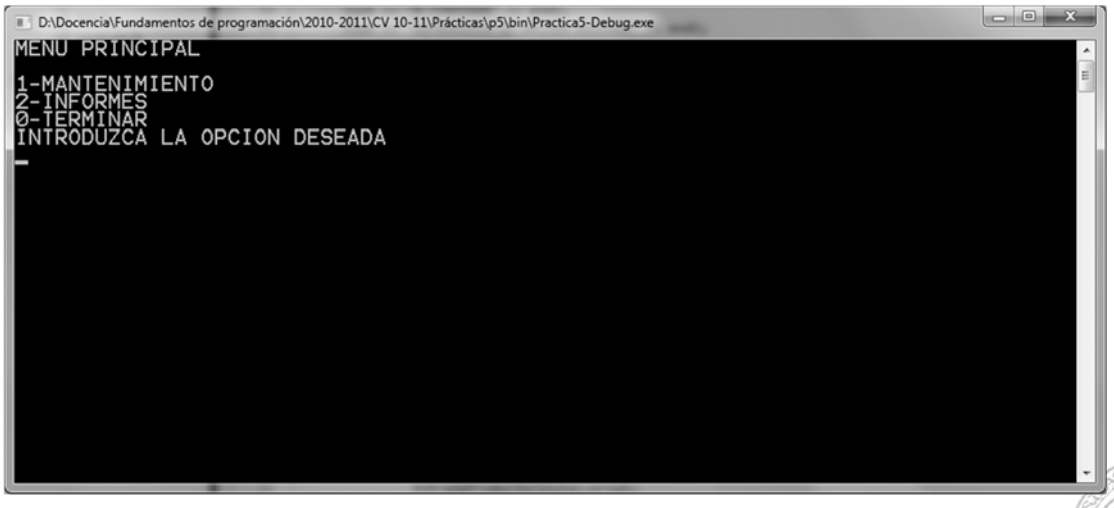
`endl` → *end line*

El dispositivo de salida

Pantalla en modo texto

➔ Líneas de 80 caracteres (textos)

Aplicación en modo texto

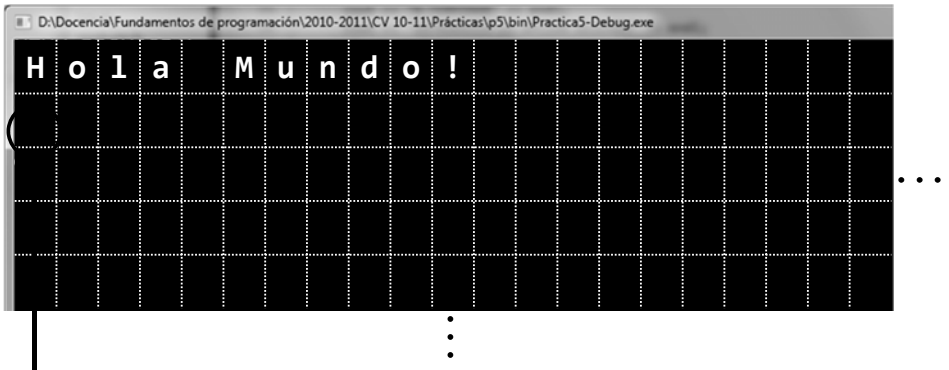


El dispositivo de salida

Ventanas de consola o terminal

Las aplicaciones en modo texto se ejecutan dentro de ventanas:

- ✓ Windows: ventanas de consola (*Símbolo del sistema*)
- ✓ Linux: ventanas de terminal



Visualización de datos

El insertor <<

```
cout << ...;
```

Inserta textos en la pantalla de modo texto

Representación textual de los datos

A partir de la posición del cursor

Line wrap (continúa en la siguiente línea si no cabe)

Se pueden encadenar:

```
cout << ... << ... << ...;
```

Recuerda: las instrucciones terminan en `;`

Luis Hernández Yáñez

Visualización de datos

Con el insertor << podemos mostrar...

- ✓ Cadenas de caracteres literales
  Textos encerrados entre comillas dobles: `"..."`
  ```
  cout << "Hola Mundo!";
  ```
  ¡Las comillas no se muestran!
- ✓ Números literales
  Con o sin decimales, con signo o no: `123`, `-37`, `3.1416`, ...
  ```
  cout << "Pi = " << 3.1416;
  ```
  Se muestran los caracteres que representan el número
  ¡Punto decimal, NO coma!
- ✓ `endl`

Luis Hernández Yáñez

El primer programa en C++

El programa principal

La función `main()`: *donde comienza la ejecución...*

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

int main()   // main() es donde empieza la ejecución
{
   cout << "Hola Mundo!" << endl;
   return 0;
}
```

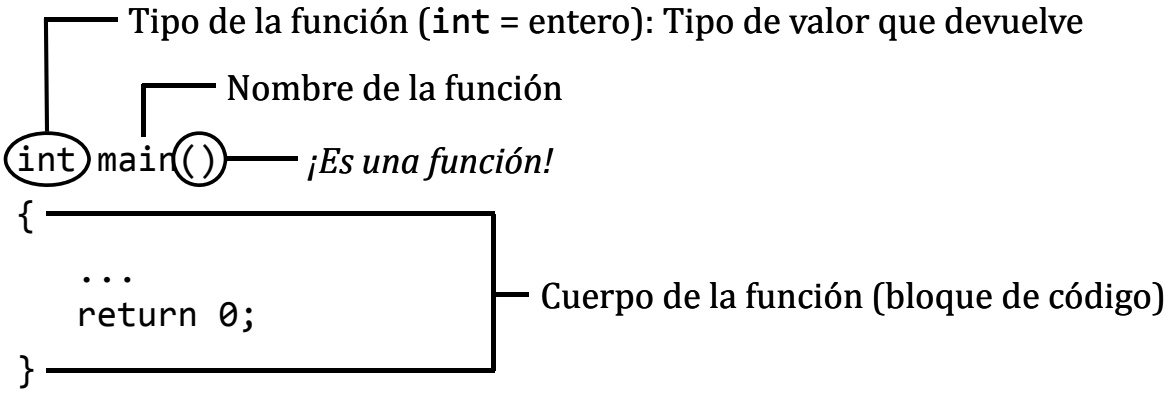
Contiene las instrucciones que hay que ejecutar

Luis Hernández Yáñez

El primer programa en C++

El programa principal

La función `main()`:



`return 0;` Devuelve el resultado (`0`) de la función

Luis Hernández Yáñez

El primer programa en C++

Documentando el código...

Comentarios (se ignoran):

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

int main()   // main() es donde empieza la ejecución
{
   cout << "Hola Mundo!" << endl;
   ...
```

Hasta el final de la línea: `// Comentario de una línea`

De varias líneas:
```
/* Comentario de varias
líneas seguidas */
```

Luis Hernández Yáñez

El primer programa en C++

La infraestructura

Código para reutilizar:

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

int main()   // main() es donde empieza la ejecución
{
   cout << "Hola Mundo!" << endl;
   return 0;
}
```

← Una directiva: empieza por #

Bibliotecas de funciones a nuestra disposición

Luis Hernández Yáñez

El primer programa en C++

Bibliotecas

Se incluyen con la *directiva* `#include`:

```
#include <iostream>
```

(Utilidades de entrada/salida por consola)

Para mostrar o leer datos hay que incluir la biblioteca `iostream`

Espacios de nombres

En `iostream` hay espacios de nombres; ¿cuál queremos?

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

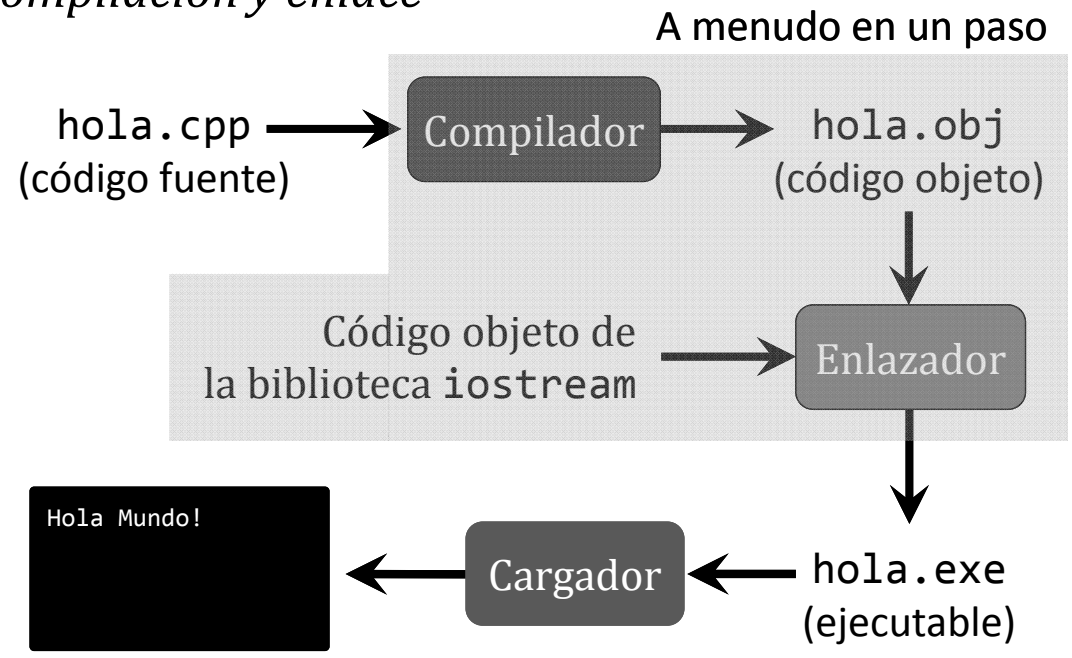
← Es una instrucción: termina en `;`

Siempre usaremos el espacio de nombres estándar (`std`)

Muchas bibliotecas no tienen espacios de nombres

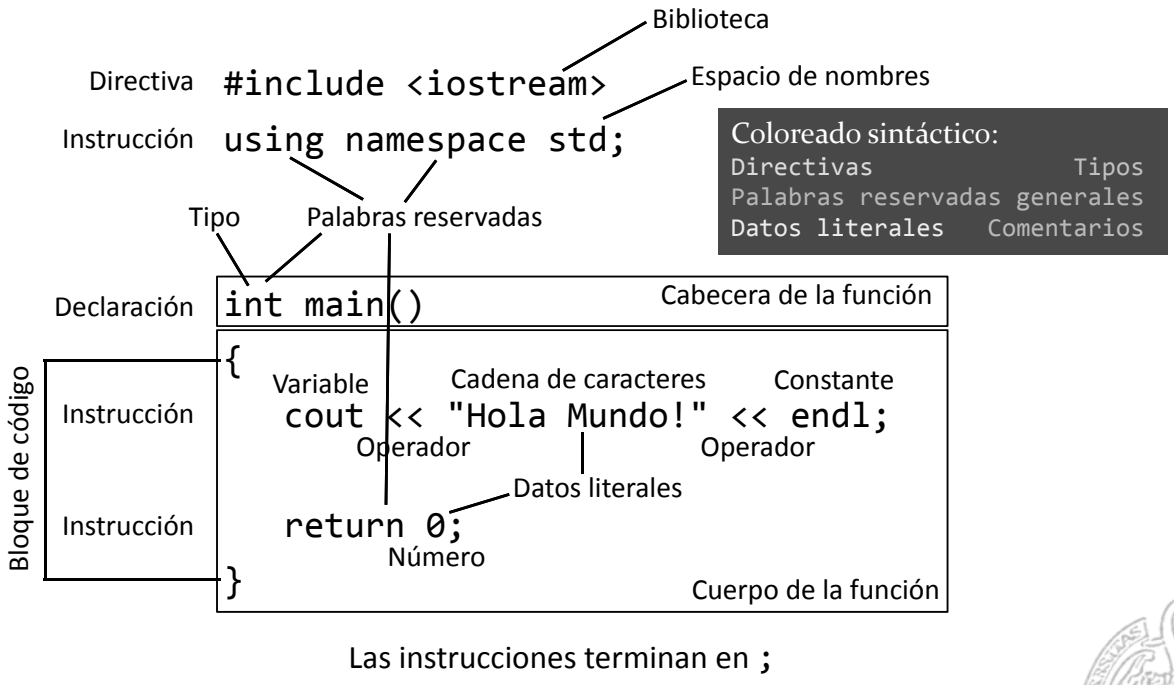
El primer programa en C++

Compilación y enlace



El primer programa en C++

Elementos del programa



Las instrucciones terminan en ;

El primer programa en C++

Uso de espacio en blanco

Separación de elementos por uno o más *espacios en blanco* (espacios, tabuladores y saltos de línea)

El compilador los ignora

```
#include <iostream> using namespace std;
int main(){cout<<"Hola Mundo!"<<endl;
return 0;}
```

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

int main()
{
   cout << "Hola Mundo!" << endl;
   return 0;
}
```

¿Cuál se lee mejor?

Las líneas de código del programa

Luis Hernández Yáñez

Programa mínimo

Programa con E/S por consola

Una plantilla para empezar:

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

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

¡Tu código aquí!

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

El Quijote...

... recitado en la consola

Mostrar los textos con `cout <<`:

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

int main()
{
   cout << "En un lugar de la Mancha," << endl;
   cout << "de cuyo nombre no quiero acordarme," << endl;
   cout << "no ha mucho tiempo que vivía un hidalgo de los de
lanza en astillero, ..." << endl;
   return 0;
}
```


Líneas de código

Introducción del código del programa

Terminamos cada línea de código con un salto de línea (↲):

```
#include <iostream>↲
using namespace std;↲
↲
int main()↲
{↲
   cout << "En un lugar de la Mancha," << endl;↲
   cout << "de cuyo nombre no quiero acordarme," << endl;↲
   cout << "no ha mucho tiempo que vivía un hidalgo de los de
lanza en astillero, ..." << endl;↲
   return 0;↲
}↲
```


Líneas de código

Introducción del código del programa

No hay que partir una cadena literal entre dos líneas:

```
cout << "no ha mucho tiempo que vivía un hidalgo de↲
los de lanza en astillero, ..." << endl;↲
```

¡La cadena no termina (1ª línea)!

¡No se entiende `los` *(2ª línea)!*

Veamos cómo nos muestra los errores el compilador...

Programar pensando en posibles cambios

Mantenimiento y reusabilidad

- ✓ Usa espacio en blanco para separar los elementos:

```
cout << "En un lugar de la Mancha," << endl;
```

mejor que

```
cout<<"En un lugar de la Mancha,"<<endl;
```

- ✓ Usa sangría (indentación) para el código de un bloque:

```
{
    cout << "En un lugar de la Mancha," << endl;
    ...
    return 0;
}
```

Tab ó 3 esp.

¡El estilo importa!

Cálculos en los programas

Luis Hernández Yáñez

Cálculos en los programas

Operadores aritméticos

- `+` Suma
- `-` Resta
- `*` Multiplicación
- `/` División

Operadores binarios

`operando_izquierdo operador operando_derecho`

Operación	Resultado
`3 + 4`	`7`
`2.56 - 3`	`-0.44`
`143 * 2`	`286`
`45.45 / 3`	`15.15`

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Cálculos en los programas

Números literales (concretos)

- ✓ Enteros: sin parte decimal

  Signo negativo (opcional) + secuencia de dígitos

  `3  143  -12  67321  -1234`

  No se usan puntos de millares

- ✓ Reales: con parte decimal

  Signo negativo (opcional) + secuencia de dígitos
  + punto decimal + secuencia de dígitos

  `3.1416  357.0  -1.333  2345.6789  -404.1`

Punto decimal (3.1416), NO coma (~~3,1416~~)

Cálculos en los programas

cálculos.cpp

Ejemplo

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

int main()
{
   cout << "133 + 1234 = " << 133 + 1234 << endl;
   cout << "1234 - 111.5 = " << 1234 - 111.5 << endl;
   cout << "34 * 59 = " << 34 * 59 << endl;
   cout << "3.4 * 5.93 = " << 3.4 * 5.93 << endl;
   cout << "500 / 3 = " << 500 / 3 << endl; // Div. entera
   cout << "500.0 / 3 = " << 500.0 / 3 << endl; // Div. real

   return 0;
}
```

Un texto

Un número

Cálculos en los programas

```
D:\FP\Tema02>g++ -o cálculos cálculos.cpp
Información: se resuelve std::cout  al enlaza
ación)
c:/mingw/bin/../lib/gcc/mingw32/4.5.0/../../.
importación automática se activó sin especifi
a de órdenes.
Esto debe funcionar a menos que involucre est
ferencíen símbolos de DLLs auto-importadas.

D:\FP\Tema02>cálculos
133 + 1234 = 1367
1234 - 111.5 = 1122.5
34 * 59 = 2006
3.4 * 5.93 = 20.162
500 / 3 = 166
500.0 / 3 = 166.667
```

División entera

División real

Cálculos en los programas

¿División entera o división real?

Ambos operandos enteros → División entera

Algún operando real → División real

División	Resultado
`500 / 3`	`166`
`500.0 / 3`	`166.667`
`500 / 3.0`	`166.667`
`500.0 / 3.0`	`166.667`

Comprueba siempre que el tipo de división sea el que quieres

Variables

Luis Hernández Yáñez

Variables

Datos que se mantienen en memoria

Variable: dato que se accede por medio de un nombre

Dato literal: un valor concreto

Variable: puede cambiar de valor (*variar*)

```
edad = 19; // variable edad y literal 19
```

Las variables deben ser declaradas

¿Qué tipo de dato queremos mantener?

- ✓ Valor numérico sin decimales (entero): tipo `int`
- ✓ Valor numérico con decimales (real): tipo `double`

Declaración: *`tipo nombre;`*

Luis Hernández Yáñez

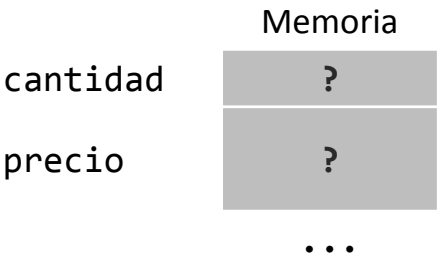
Variables

Declaración de variables

tipo nombre;

```
int cantidad;
double precio;
```

Se reserva espacio suficiente



LAS VARIABLES NO SE INICIALIZAN

No se deben usar hasta que se les haya dado algún valor

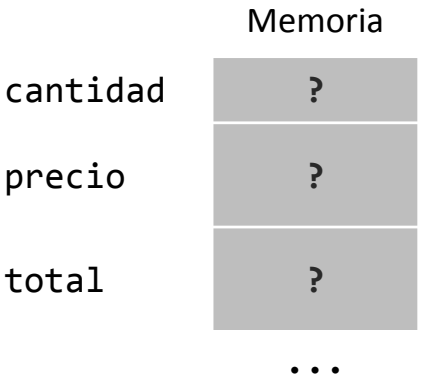
¿Dónde colocamos las declaraciones?

Siempre, antes del primer uso
Habitualmente al principio de la función

Variables

Declaración de variables

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

int main()
{
   int cantidad;
   double precio, total;



   return 0;
}
```



Podemos declarar varias de un mismo tipo separando los nombres con comas

Variables

Capacidad de las variables

`int`

-2.147.483.648 ... 2.147.483.647

`-2147483648 .. 2147483647`

`double`

$2{,}23 \times 10^{-308}$ ... $1{,}79 \times 10^{+308}$ y sus negativos

`[+|-] 2.23e-308 .. 1.79e+308` ← Notación científica

Problemas de precisión

Luis Hernández Yáñez

Variables

Asignación de valores a las variables (operador =)

`variable = expresión;` ← Instrucción: termina en ;

```
cantidad = 12; // int
precio = 39.95; // double
total = cantidad * precio; // Asigna 479.4
```

cantidad ← 12

Concordancia de tipos: ~~`cantidad = 12.5;`~~

¡¡¡A la izquierda del = debe ir siempre una variable!!!

Luis Hernández Yáñez

Expresiones

Luis Hernández Yáñez

Expresiones

Secuencias de operandos y operadores

operando operador operando operador operando ...

```
total = cantidad * precio * 1.18;
```

Expresión

A igual prioridad se evalúan de izquierda a derecha

Paréntesis para forzar ciertas operaciones

```
total = cantidad1 + cantidad2 * precio;
total = (cantidad1 + cantidad2) * precio;
```

≠

Unos operadores se evalúan antes que otros

Luis Hernández Yáñez

Expresiones

Precedencia de los operadores

```
cantidad1 = 10;
cantidad2 = 2;
precio = 40.0;
```

* y / se evalúan antes que + y -

```
total = cantidad1 + cantidad2 * precio;
```

* antes que + → 10 + 2 * 40,0 → 10 + 80,0 → 90,0

```
total = (cantidad1 + cantidad2) * precio;
```

+ antes que * → (10 + 2) * 40,0 → 12 * 40,0 → 480,0

Variables y expresiones

variables.cpp

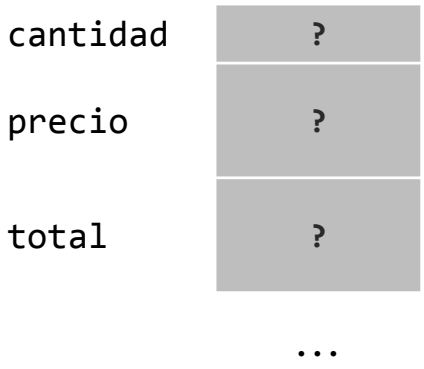
Ejemplo de uso de variables y expresiones

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

int main()
{
   int cantidad;
   double precio, total;
   cantidad = 12;
   precio = 39.95;
   total = cantidad * precio;
   cout << cantidad << " x " << precio << " = "
        << total << endl;

   return 0;
}
```


Variables y expresiones

Ejemplo de uso de variables

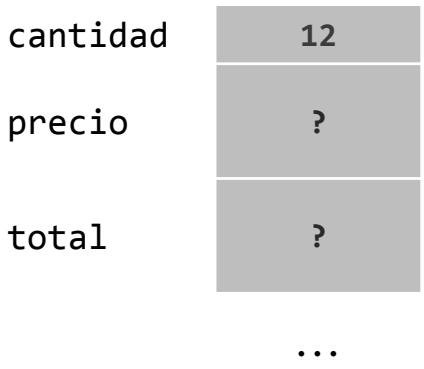
```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
   int cantidad;
   double precio, total;
```



Variables y expresiones

Ejemplo de uso de variables

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

int main()
{
   int cantidad;
   double precio, total;
   cantidad = 12;
```



Variables y expresiones

Ejemplo de uso de variables

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

int main()
{
   int cantidad;
   double precio, total;
   cantidad = 12;
   precio = 39.95;
```

Memoria

cantidad	12
precio	39.95
total	?
	...

Luis Hernández Yáñez

Variables y expresiones

Ejemplo de uso de variables

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

int main()
{
   int cantidad;
   double precio, total;
   cantidad = 12;
   precio = 39.95;
   total = cantidad * precio;
```

Memoria

cantidad	12
precio	39.95
total	479.4
	...

Luis Hernández Yáñez

Variables y expresiones

Ejemplo de uso de variables

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

int main()
{
   int cantidad;
   double precio, total;
   cantidad = 12;
   precio = 39.95;
   total = cantidad * precio;
   cout << cantidad << " x " << precio << " = "
        << total << endl;
```

	Memoria
cantidad	12
precio	39.95
total	479.4
	...

```
D:\FP\Tema2>variables
12 x 39.95 = 479.4
```


Variables y expresiones

Ejemplo de uso de variables

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

int main()
{
   int cantidad;
   double precio, total;
   cantidad = 12;
   precio = 39.95;
   total = cantidad * precio;
   cout << cantidad << " x " << precio << " = "
        << total << endl;

   return 0;
}
```

```
Símbolo del sistema

D:\FP\Tema2>g++ -o variables variables.cpp
Información: se resuelve std::cout  al enlazar
ación)
c:/mingw/bin/../lib/gcc/mingw32/4.5.0/../../..
importación automática se activó sin especific
a de órdenes.
Esto debe funcionar a menos que involucre estr
ferencíen símbolos de DLLs auto-importadas.

D:\FP\Tema2>variables
12 x 39.95 = 479.4

D:\FP\Tema2>_
```


Lectura de datos desde el teclado

Luis Hernández Yáñez

Valores proporcionados por el usuario

`cin` (`iostream`) *character* `in`*put stream*

Lectura de valores de variables: operador `>>` (*extractor*)

```
cin >> cantidad;
```

Memoria

cantidad	12
	...


```
1 2
_
```

Luis Hernández Yáñez

Valores proporcionados por el usuario

El extractor >>

```
cin >> variable;
```

Transforma los caracteres introducidos en datos

Cursor parpadeante: lugar de lectura del siguiente carácter

La entrada termina con Intro (cursor a la siguiente línea)

¡El destino del extractor debe ser SIEMPRE una variable!

Se ignoran los espacios en blanco iniciales

Valores proporcionados por el usuario

Lectura de valores enteros (`int`*)*

Se leen dígitos hasta encontrar un carácter que no lo sea

`12abc↲` `12 abc↲` `12 abc↲` `12↲`

Se asigna el valor 12 a la variable

El resto queda pendiente para la siguiente lectura

Recomendación: Lee cada variable en una línea `12↲`

Lectura de valores reales (`double`*)*

Se leen dígitos, el punto decimal y otros dígitos

`39.95.5abc↲` `39.95 abc↲` `39.95↲`

Se asigna el valor 39,95 a la variable; el resto queda pendiente

Recomendación: Lee cada variable en una línea `39.95↲`

Valores proporcionados por el usuario

¿Qué pasa si el usuario se equivoca?

El dato no será correcto

Aplicación profesional: código de comprobación y ayuda

Aquí supondremos que los usuarios no se equivocan

En ocasiones añadiremos comprobaciones sencillas


Para evitar errores, lee cada dato en una instrucción aparte

Valores proporcionados por el usuario

¿Qué pasa si el usuario se equivoca?

```
int cantidad;
double precio, total;
cout << "Introduce la cantidad: ";
cin >> cantidad;
cout << "Introduce el precio: ";
cin >> precio;
cout << "Cantidad: " << cantidad << endl;
cout << "Precio: " << precio << endl;
```

¡Amigable con el usuario!
¿Qué tiene que introducir?

```
Introduce la cantidad: abc
Introduce el precio: Cantidad: 0
Precio: 1.79174e-307
```

No se puede leer un entero → 0 para `cantidad` y Error
La lectura del precio falla: `precio` no toma valor (*basura*)

Valores proporcionados por el usuario

¿Qué pasa si el usuario se equivoca?

```
Introduce la cantidad: 12abc
Introduce el precio: Cantidad: 12
Precio: 0
```

12 para `cantidad`
No se puede leer un real
→ 0 para `precio` y Error

```
Introduce la cantidad: 12.5abc
Introduce el precio: Cantidad: 12
Precio: 0.5
```

12 para `cantidad`
`.5` → 0,5 para `precio`
Lo demás queda pendiente

```
Introduce la cantidad: 12
Introduce el precio: 39.95
Cantidad: 12
Precio: 39.95
```

¡¡¡Lectura correcta!!!

Programa con lectura de datos

División de dos números

Pedir al usuario dos números y mostrarle el resultado de dividir el primero entre el segundo

Algoritmo.-

Datos / cálculos

1. Pedir el `numerador`

Variable `numerador` (`double`)

2. Pedir el `denominador`

Variable `denominador` (`double`)

3. Realizar la división, guardando el `resultado`

Variable `resultado` (`double`)

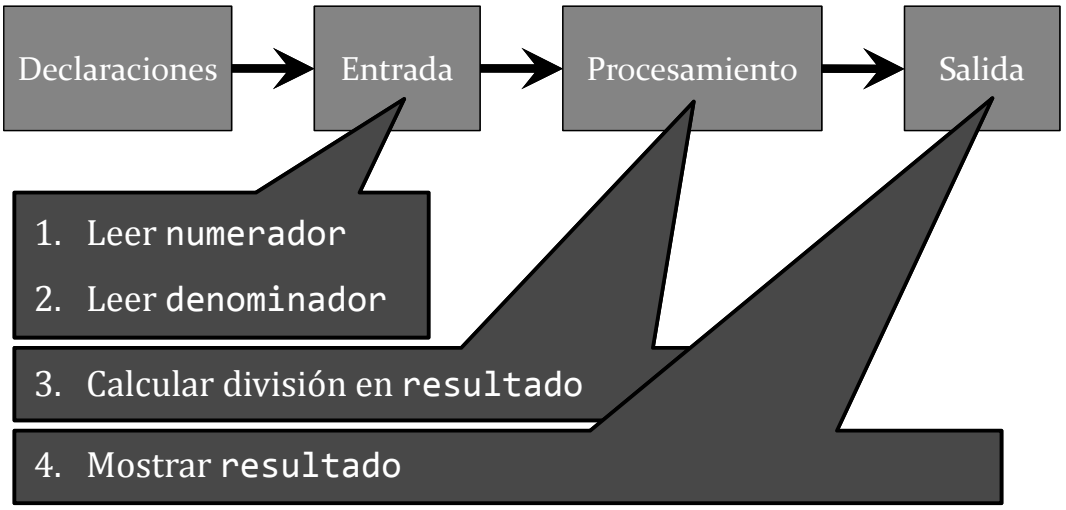
```
resultado = numerador / denominador
```

4. Mostrar el `resultado`

Un esquema general

Entrada-Proceso-Salida

Muchos programas se ajustan a un sencillo esquema:



Programa con lectura de datos

División de dos números

Pedir al usuario dos números y mostrarle el resultado de dividir el primero entre el segundo.

1. Leer `numerador`

```
cin >> numerador;
```

2. Leer `denominador`

```
cin >> denominador;
```

3. Calcular división en `resultado`

```
resultado = numerador / denominador;
```

4. Mostrar `resultado`

```
cout << resultado;
```


Programa con lectura de datos Implementación

División de dos números

división.cpp

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

int main()
{
   double numerador, denominador, resultado;
   cout << "Numerador: ";
   cin >> numerador;
   cout << "Denominador: ";
   cin >> denominador;
   resultado = numerador / denominador;
   cout << "Resultado: " << resultado << endl;
   return 0;
}
```

```
Numerador: 129
Denominador: 2
Resultado: 64.5
```

Declaraciones	`double numerador, denominador, resultado;`

Entrada	`cout << "Numerador: ";`
	`cin >> numerador;`
	`cout << "Denominador: ";`
	`cin >> denominador;`

Procesamiento	`resultado = numerador / denominador;`
Salida	`cout << "Resultado: " << resultado << endl;`

Fundamentos de la programación

Resolución de problemas

Resolución de problemas

Análisis / Diseño

Problema

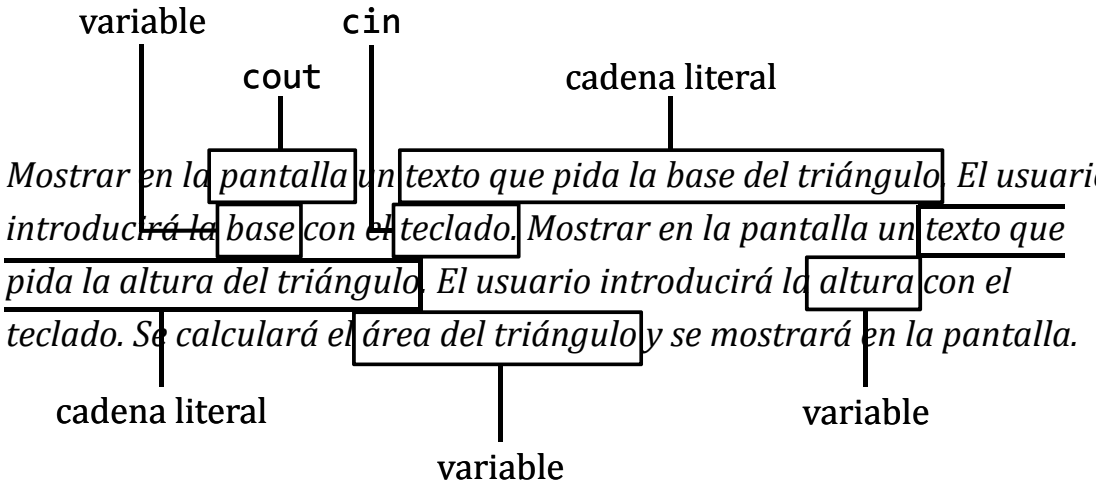
Dadas la base y la altura de un triángulo, mostrar su área

Refinamiento

Mostrar en la pantalla un texto que pida la base del triángulo. El usuario introducirá el valor con el teclado. Mostrar en la pantalla un texto que pida la altura del triángulo. El usuario introducirá el valor con el teclado. Se calculará el área del triángulo y se mostrará en la pantalla.

Resolución de problemas

Objetos: Datos que maneja el programa



Resolución de problemas

Datos que maneja el programa: tipos

Objeto	*Tipo*	*¿Varía?*	*Nombre*
Pantalla		Variable	`cout`
"Introduzca la base del triángulo: "		Constante	*ninguno*
Base del triángulo	`double`	Variable	`base`
Teclado		Variable	`cin`
"Introduzca la altura del triángulo: "		Constante	*ninguno*
Altura del triángulo	`double`	Variable	`altura`
Área del triángulo	`double`	Variable	`area`

Resolución de problemas

Operaciones (acciones)

```
cout << ...                    cin >> ...
```

Mostrar en la pantalla un texto que pida la base del triángulo. El usuario introducirá la base con el teclado. Mostrar en la pantalla un texto que pida la altura del triángulo. El usuario introducirá la altura con el teclado. Se calculará el área del triángulo y se mostrará en la pantalla.

```
area = base * altura / 2
```


El algoritmo

Secuencia de acciones que ha de realizar el programa para conseguir resolver el problema

1. Mostrar en la pantalla el texto que pida la base del triángulo
2. Leer del teclado el valor para la base del triángulo
3. Mostrar en la pantalla el texto que pida la altura
4. Leer del teclado el valor para la altura del triángulo
5. Calcular el área del triángulo
6. Mostrar el área del triángulo

Luis Hernández Yáñez

El programa

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
   Declaraciones
   Algoritmo traducido a código en C++
   return 0;
}
```

1. Mostrar en la pantalla el texto que pida la base del triángulo
2. Leer del teclado el valor para la base del triángulo
3. Mostrar en la pantalla el texto que pida la altura del triángulo
4. Leer del teclado el valor para la altura del triángulo
5. Calcular el área del triángulo
6. Mostrar el área del triángulo

Luis Hernández Yáñez

triángulo.cpp

El programa: implementación

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

int main()
{
  double base, altura, area;                  // Declaraciones
  cout << "Introduzca la base del triángulo: ";          // 1
  cin >> base;                                           // 2
  cout << "Introduzca la altura del triángulo: ";        // 3
  cin >> altura;                                         // 4
  area = base * altura / 2;                              // 5
  cout << "El área de un triángulo de base " << base     // 6
       << " y altura " << altura << " es: " << area << endl;

  return 0;
}
```

```
D:\FP\Tema02>triángulo
Introduzca la base del trißngulo: 34.7
Introduzca la altura del trißngulo: 12
El ßrea de un trißngulo de base 34.7 y altura 12 es: 208.2
```

¿triβngulo?

Recuerda: las instrucciones terminan en ;

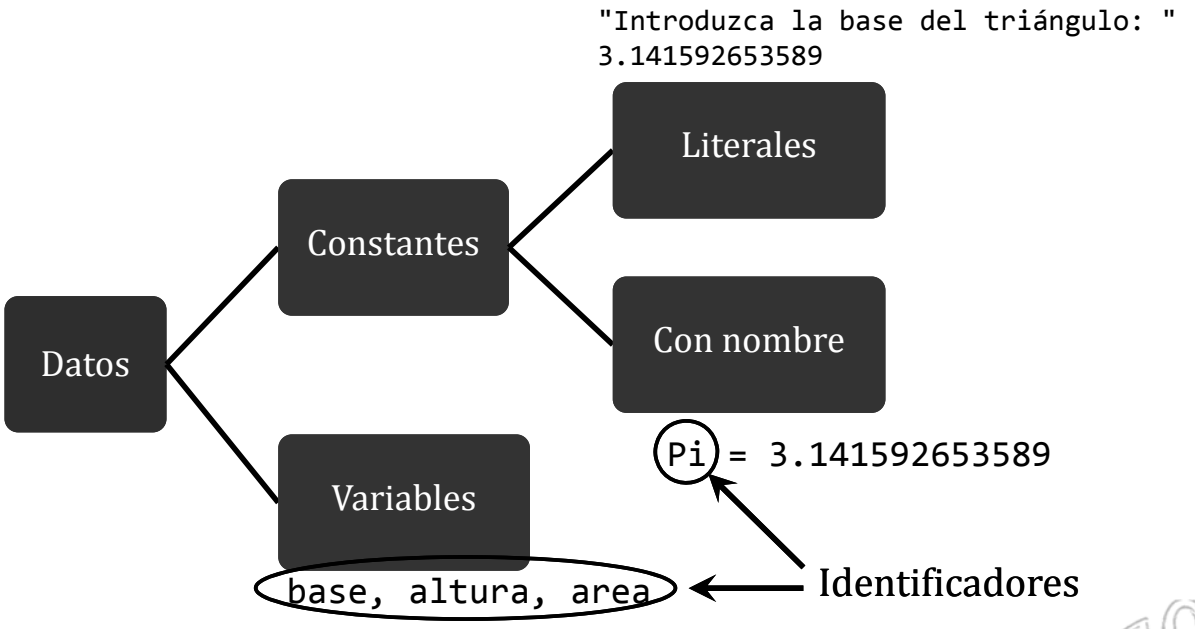
Luis Hernández Yáñez

Los datos de los programas

Luis Hernández Yáñez

Los datos de los programas

Variabilidad de los datos



Fundamentos de la programación

Identificadores

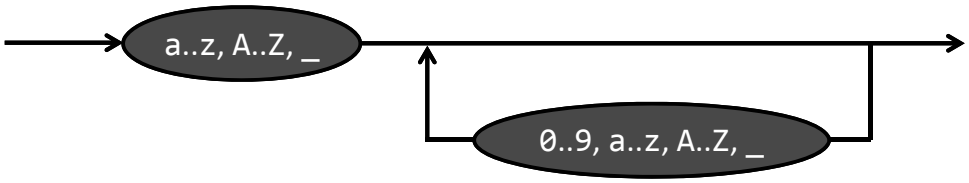
Identificadores

≠ palabras reservadas

Para variables y constantes con nombre

- *Nombre* de un dato (para accederlo/modificarlo)
- Deben ser descriptivos

Sintaxis:




```
cantidad  prrecio  total  base  altura  area  numerador
```

Al menos 32 caracteres significativos

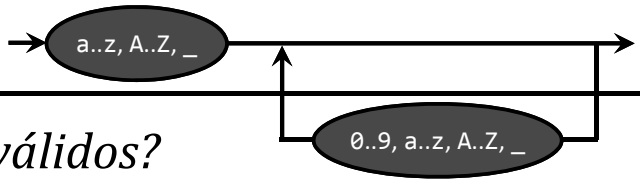
¡Ni eñes ni vocales acentuadas!

Identificadores

Palabras reservadas del lenguaje C++

```
asm  auto  bool  break  case  catch  char  class  const
const_cast  continue  default  delete  do  double
dynamic_cast  else  enum  explicit  extern  false
float  for  friend  goto  if  inline  int  long
mutable  namespace  new  operator  private  protected
public  register  reinterpret_cast  return  short
signed  sizeof  static  static_cast  struct  switch
template  this  throw  true  try  typedef  typeid
typename  union  unsigned  using  virtual  void
volatile  while
```


Identificadores



¿Qué identificadores son válidos?

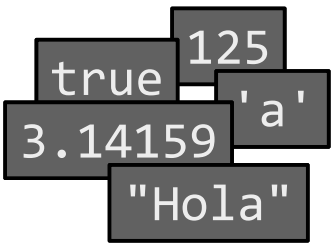
`balance`	✓	`interesAnual`	✓
`_base_imponible`	✓	`años`	✗
`EDAD12`	✓	`salario_1_mes`	✓
`__edad`	✓	`cálculoNómina`	✗
`valor%100`	✗	`AlgunValor`	✓
`100caracteres`	✗	`valor?`	✗
`_12_meses`	✓	`____valor`	✓

Fundamentos de la programación

Tipos de datos

Tipos de datos

Tipos



Cada dato, de un tipo concreto

Cada tipo establece:

- El conjunto (intervalo) de valores válidos
- El conjunto de operaciones que se pueden realizar

Expresiones con datos de distintos tipos (compatibles):
Transformación automática de tipos (*promoción de tipo*)

Anexo del Tema 2: detalles técnicos

Tipos de datos básicos

`int`
Números enteros (sin decimales) `1363, -12, 49` ✓

`float`
Números reales `12.45, -3.1932, 1.16E+02`

`double`
Números reales (mayores intervalo y precisión) ✓

`char`
Caracteres `'a', '{', '\t'`

`bool`
Valores lógicos (verdadero/falso) `true, false`

`string`
Cadenas de caracteres (biblioteca `string`) `"Hola Mundo!"`

`void`
Nada, ausencia de tipo, ausencia de dato (*funciones*)

char

Caracteres

Intervalo de valores: Juego de caracteres (ASCII)

1 byte

Literales:

```
'a'   '%'   '\t'
```

Constantes de barra invertida (o *secuencias de escape*):

Caracteres de control

`'\t'` = tabulador `'\n'` = salto de línea ...

ASCII (códigos 32..127)

ISO-8859-1
(ASCII extendido: códigos 128..255)

bool

Valores lógicos

Sólo dos valores posibles:

- Verdadero (*true*)
- Falso (*false*)

Literales:

```
true   false
```

Cualquier número distinto de `0` es equivalente a `true`

El `0` es equivalente a `false`

Mayúsculas y minúsculas

C++ distingue entre mayúsculas y minúsculas

`int`: palabra reservada de C++ para declarar datos enteros

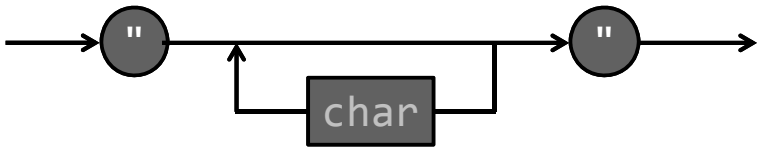
`Int`, `INT` o `inT` no son palabras reservadas de C++

`true`: palabra reservada de C++ para el valor *verdadero*

`True` o `TRUE` no son palabras reservadas de C++

`string` *Cadenas de caracteres*

```
"Hola"  "Introduce el numerador: "  "X142FG5TX?%A"
```



Secuencias de caracteres

Programas con variables de tipo `string`:

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

Las comillas tipográficas (apertura/cierre) “...” NO sirven
Asegúrate de utilizar comillas rectas: "..."

Tipos de datos básicos: ejemplo

tipos.cpp

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std; // Un solo using... para ambas bibliotecas

int main()
{
   int entero = 3; // Podemos asignar (inicializar) al declarar
   double real = 2.153;
   char caracter = 'a';
   bool cierto = true;
   string cadena = "Hola";
   cout << "Entero: " << entero << endl;
   cout << "Real: " << real << endl;
   cout << "Carácter: " << caracter << endl;
   cout << "Booleano: " << cierto << endl;
   cout << "Cadena: " << cadena << endl;

   return 0;
}
```

```
D:\FP\Tema2>tipos
Entero: 3
Real: 2.153
Caracter: a
Booleano: 1
Cadena: Hola

D:\FP\Tema2>
```

¿Cuántos números hay en total en el programa?
¿Y caracteres? ¿Y cadenas? ¿Y booleanos?

Modificadores de tipos

- `signed` / `unsigned` : con signo (por defecto) / sin signo
- `short` / `long` : menor / mayor intervalo de valores

Tipo	Intervalo
`int`	`-2147483648 .. 2147483647`
`unsigned int`	`0 .. 4294967295`
`short int`	`-32768 .. 32768`
`unsigned short int`	`0 .. 65535`
`long int`	`-2147483648 .. 2147483647`
`unsigned long int`	`0 .. 4294967295`
`double`	`+|- 2.23e-308 .. 1.79e+308`
`long double`	`+|- 3.37E-4932 .. 1.18E+4932`

Declaración y uso de variables

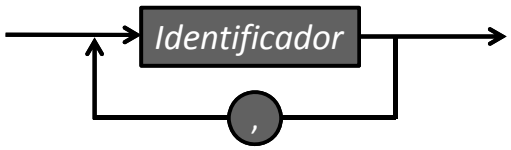
Luis Hernández Yáñez

Declaración de variables

```
[modificadores] tipo lista_de_variables;
```

Opcional

lista_de_variables




```
int i, j, l;
short int unidades;
unsigned short int monedas;
double balance, beneficio, perdida;
```

Programación con buen estilo:
Identificadores descriptivos
Espacio tras cada coma
Nombres de las variables en minúsculas
(Varias palabras: capitaliza cada inicial: `interesPorMes`)

Luis Hernández Yáñez

Datos y memoria

Se reserva memoria suficiente para cada tipo de dato

```
int inicio;
short int unidades;
double balance;
```

Inicialización de variables

¡En C++ las variables no se inicializan automáticamente!

¡Una variable debe ser haber sido inicializada antes de ser accedida!

¿Cómo se inicializa una variable?

- Al leer su valor (`cin >>`)
- Al asignarle un valor (instrucción de asignación)
- Al declararla

Inicialización en la propia declaración:


```
int i = 0, j, l = 26;
short int unidades = 100;
```

En particular, una expresión puede ser un literal

Uso de las variables

Obtención del valor de una variable

- ✓ Nombre de la variable en una expresión

```
cout << balance;
cout << interesPorMes * meses / 100;
```

Modificación del valor de una variable

- ✓ Nombre de la variable a la izquierda del =

```
balance = 1214;
porcentaje = valor / 30;
```

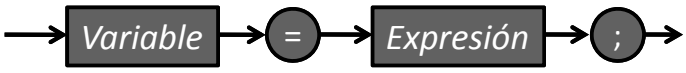
Las variables han de haber sido previamente declaradas

Fundamentos de la programación

Instrucciones de asignación

Instrucciones de asignación

El operador =



A la izquierda, SIEMPRE una variable

```
int i, j = 2;
i = 23 + j * 5; // i toma el valor 33
```

Luis Hernández Yáñez

Instrucciones de asignación

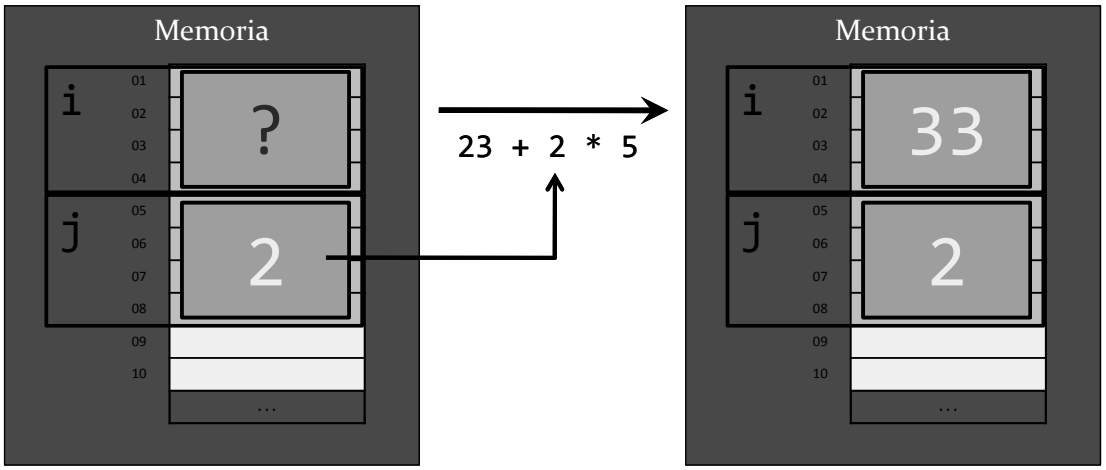
Errores

```
int a, b, c;
5 = a;
   // ERROR: un literal no puede recibir un valor
a + 23 = 5;
   // ERROR: no puede haber una expresión a la izda.
b = "abc";
   // ERROR: un entero no puede guardar una cadena
c = 23  5;
   // ERROR: expresión no válida (falta operador)
```

Luis Hernández Yáñez

Variables, asignación y memoria

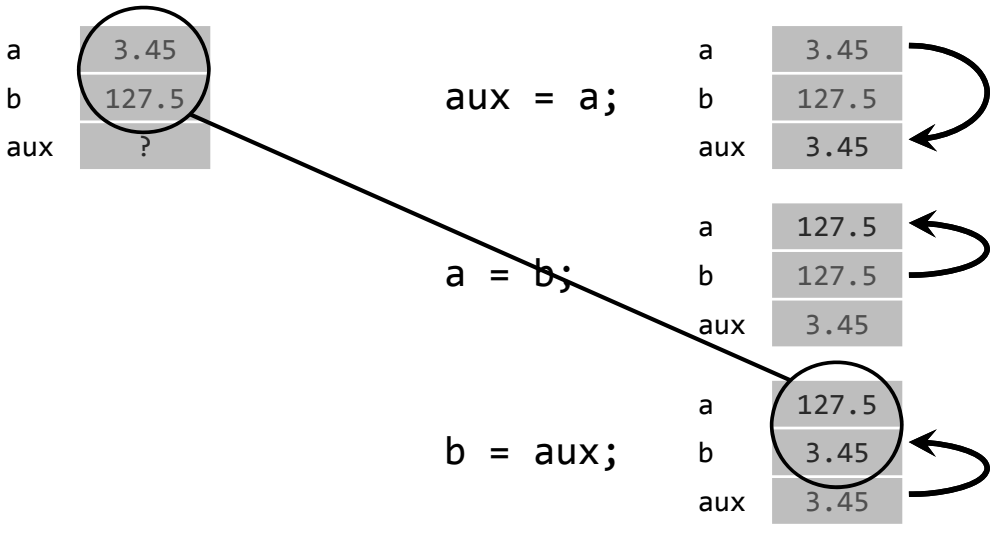
```
int i, j = 2;
i = 23 + j * 5;
```



Ejemplo: Intercambio de valores

Necesitamos una variable auxiliar

```
double a = 3.45, b = 127.5, aux;
```



Operadores

Luis Hernández Yáñez

Operadores

Operaciones sobre valores de los tipos

Cada tipo determina las operaciones posibles

Tipos de datos numéricos (`int`, `float` y `double`):

- Asignación (=)
- Operadores aritméticos
- Operadores relacionales (menor, mayor, igual, ...)

Tipo de datos `bool`:

- Asignación (=)
- Operadores lógicos (Y, O, NO)

Tipos de datos `char` y `string`:

- Asignación (=)
- Operadores relacionales (menor, mayor, igual, ...)

Luis Hernández Yáñez

Operadores aritméticos

Operadores para tipos de datos numéricos

Operador	Operandos	Posición	`int`	`float` / `double`
-	1 (monario)	Prefijo	Cambio de signo	
+	2 (binario)	Infijo	Suma	
-	2 (binario)	Infijo	Resta	
*	2 (binario)	Infijo	Producto	
/	2 (binario)	Infijo	Div. entera	División real
%	2 (binario)	Infijo	Módulo	No aplicable
++	1 (monario)	Prefijo / postfijo	Incremento	
--	1 (monario)	Prefijo / postfijo	Decremento	

Operadores aritméticos

Operadores monarios y operadores binarios

Operadores monarios (*unarios*)

— Cambio de signo (`-`):

Delante de variable, constante o expresión entre paréntesis

```
-saldo      -RATIO      -(3 * a - b)
```

— Incremento/decremento (sólo variables) (prefijo/postfijo):

```
++interes      --meses      j++      // 1 más ó 1 menos
```

Operadores binarios

— Operando izquierdo operador operando derecho
Operandos: literales, constantes, variables o expresiones

```
2 + 3      a * RATIO      -a + b
(a % b) * (c / d)
```


Operadores aritméticos

¿División entera o división real?

/

Ambos operandos enteros: división entera

```
int i = 23, j = 2;
cout << i / j; // Muestra 11
```

Algún operando real: división real

```
int i = 23;
double j = 2;
cout << i / j; // Muestra 11.5
```

Luis Hernández Yáñez

Operadores aritméticos

Módulo (resto de la división entera)

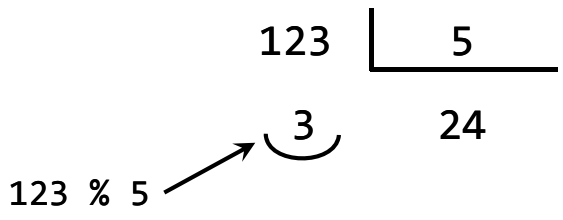
%

Ambos operandos han de ser enteros

```
int i = 123, j = 5;
cout << i % j; // Muestra 3
```

División entera:

No se obtienen decimales → Queda un resto



Luis Hernández Yáñez

Operadores aritméticos

Operadores de incremento y decremento

++/--

Incremento/decremento de la variable numérica en una unidad

Prefijo: Antes de acceder

```
int i = 10, j;
j = ++i; // Incrementa antes de copiar
cout << i << " - " << j; // Muestra 11 - 11
```

```
i=i+1;
j=i;
```

Postfijo: Después de acceder

```
int i = 10, j;
j = i++; // Copia y después incrementa
cout << i << " - " << j; // Muestra 11 - 10
```

```
j=i;
i=i+1;
```

No mezcles ++ y -- con otros operadores

Operadores aritméticos: ejemplo

operadores.cpp

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

int main() {
   int entero1 = 15, entero2 = 4;
   double real1 = 15.0, real2 = 4.0;
   cout << "Operaciones entre los números 15 y 4:" << endl;
   cout << "División entera (/): " << entero1 / entero2 << endl;
   cout << "Resto de la división (%): " << entero1 % entero2 << endl;
   cout << "División real (/): " << real1 / real2 << endl;
   cout << "Num = " << real1 << endl;
   real1 = -real1;
   cout << "Cambia de signo (-): " << real1 << endl;
   real1 = -real1;
   cout << "Vuelve a cambiar (-): " << real1 << endl;
   cout << "Se incrementa antes (++ prefijo): " << ++real1 << endl;
   cout << "Se muestra antes de incrementar (posfijo ++): "
        << real1++ << endl;
   cout << "Ya incrementado: " << real1 << endl;
   return 0;
}
```


Más sobre expresiones

Luis Hernández Yáñez

Orden de evaluación

¿En qué orden se evalúan los operadores?

```
3 + 5 * 2 / 2 - 1
```

¿De izquierda a derecha?

¿De derecha a izquierda?

¿Unos antes que otros?

Precedencia de los operadores (prioridad):

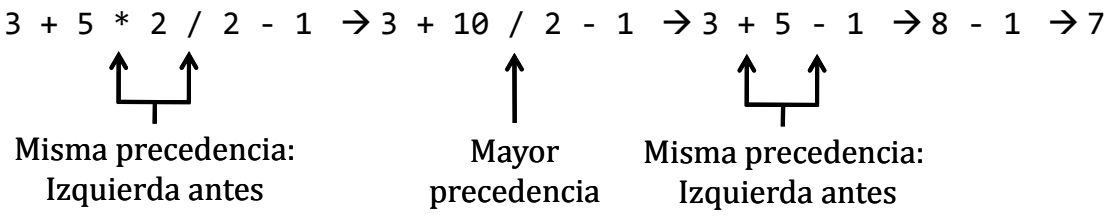
- Se evalúan antes los de mayor precedencia
- ¿Y si tienen igual prioridad?
  - Normalmente, de izquierda a derecha

Paréntesis: fuerzan a evaluar su subexpresión

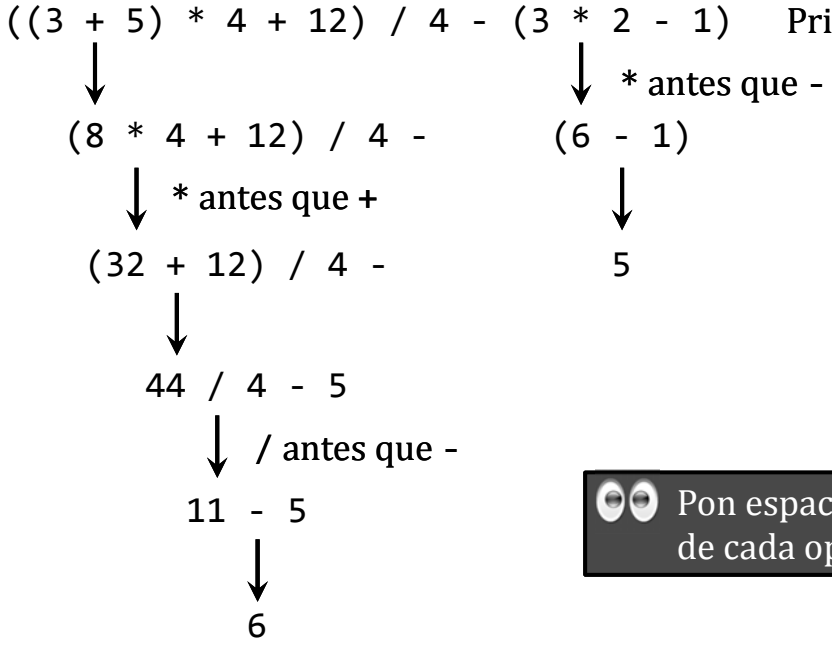
Luis Hernández Yáñez

Precedencia de los operadores

Precedencia	Operadores
Mayor prioridad	`++ --` (postfijos)
	`++ --` (prefijos)
	`-` (cambio de signo)
	`* / %`
Menor prioridad	`+ -`



Evaluación de expresiones



Pon espacio antes y después de cada operador binario

Una fórmula

fórmula.cpp

$$f(x) = \frac{3x^2}{5} + \frac{6x}{7} - 3$$

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

int main()
{
  double x, f;
  cout << "Introduce el valor de X: ";
  cin >> x;
  f = 3 * x * x / 5 + 6 * x / 7 - 3;
  cout << "f(x) = " << f << endl;
  return 0;
}
```

Usa paréntesis para mejorar la legibilidad:

```
f = (3 * x * x / 5) + (6 * x / 7) - 3;
```


Abreviaturas aritméticas

variable = variable operador op_derecho;

La misma ≡

variable operador= op_derecho;

Asignación	*Abreviatura*
`a = a + 12;`	`a += 12;`
`a = a * 3;`	`a *= 3;`
`a = a - 5;`	`a -= 5;`
`a = a / 37;`	`a /= 37;`
`a = a % b;`	`a %= b;`

Igual precedencia que la asignación

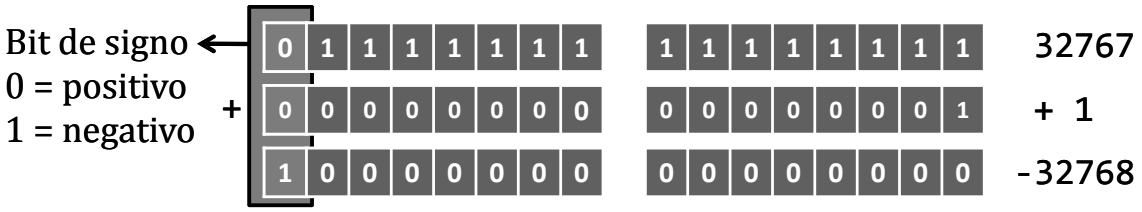
De momento, mejor evitarlas

Desbordamiento

¿Valor siguiente al máximo?

Valor mayor del máximo (o menor del mínimo) del tipo

```
short int i = 32767; // Valor máximo para short int
i++; // 32768 no cabe en un short int
cout << i; // Muestra -32768
```



Fundamentos de la programación

Constantes

Constantes

Declaración de constantes Modificador de acceso `const`

Variables inicializadas a las que no dejamos variar


```
const short int Meses = 12;
const double Pi = 3.141592,
   RATIO = 2.179 * Pi;
```

La constante no podrá volver a aparecer a la izquierda de un =

Programación con buen estilo:
Pon en mayúscula la primera letra de una constante o todo su nombre

¿Por qué utilizar constantes con nombre?

- ✓ Aumentan la legibilidad del código

```
cambioPoblacion = (0.1758 - 0.1257) * poblacion;        VS.
cambioPoblacion = (RatioNacimientos - RatioMuertes) * poblacion;
```

- ✓ Facilitan la modificación del código

```
double compra1 = bruto1 * 18 / 100;
double compra2 = bruto2 * 18 / 100;
double total = compra1 + compra2;
cout << total << " (IVA: " << 18 << "%)" << endl;
```

3 cambios

```
const int IVA = 18;
double compra1 = bruto1 * IVA / 100;
double compra2 = bruto2 * IVA / 100;
double total = compra1 + compra2;
cout << total << " (IVA: " << IVA << "%)" << endl;
```

¿Cambio del IVA al 21%?

1 cambio

Constantes: ejemplo

constantes.cpp

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

int main() {
   const double Pi = 3.141592;
   double radio = 12.2, circunferencia;
   circunferencia = 2 * Pi * radio;
   cout << "Circunferencia de un círculo de radio "
        << radio << ": " << circunferencia << endl;
   const double Euler = 2.718281828459; // Número e
   cout << "Número e al cuadrado: " << Euler * Euler << endl;
   const int IVA = 21;
   int cantidad = 12;
   double precio = 39.95, neto, porIVA, total;
   neto = cantidad * precio;
   porIVA = neto * IVA / 100;
   total = neto + porIVA;
   cout << "Total compra: " << total << endl;
   return 0;
}
```


Fundamentos de la programación

La biblioteca cmath

Funciones matemáticas

`#include <cmath>`

Algunas ...	`abs(x)`	Valor absoluto de x
	`pow(x, y)`	x elevado a y
	`sqrt(x)`	Raíz cuadrada de x
	`ceil(x)`	Menor entero que es mayor o igual que x
	`floor(x)`	Mayor entero que es menor o igual que x
	`exp(x)`	e^x
	`log(x)`	Ln x (logaritmo natural de x)
	`log10(x)`	Logaritmo en base 10 de x
	`sin(x)`	Seno de x
	`cos(x)`	Coseno de x
	`tan(x)`	Tangente de x
	`round(x)`	Redondeo al entero más próximo
	`trunc(x)`	Pérdida de la parte decimal (entero)

La biblioteca cmath

`mates.cpp`

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

int main() {
  double x, y, f;
  cout << "Valor de X: ";
  cin >> x;
  cout << "Valor de Y: ";
  cin >> y;
  f = 2 * pow(x, 5) + sqrt(pow(x, 3) / pow(y, 2))
        / abs(x * y) - cos(y);
  cout << "f(x, y) = " << f << endl;
  return 0;
}
```

$$f(x,y) = 2x^5 + \frac{\sqrt{\frac{x^3}{y^2}}}{|x \times y|} - \cos(y)$$

`pow()` con argumento entero:

Usa el molde `double()`:
`pow(double(i), 5)`

Pon un espacio detrás de cada coma en las listas de argumentos

Operaciones con caracteres

Luis Hernández Yáñez

Operaciones con caracteres `char`

Asignación, `++`/`--` y operadores relacionales

Funciones para caracteres (biblioteca `cctype`)

`isalnum(c)`	`true` si `c` es una letra o un dígito
`isalpha(c)`	`true` si `c` es una letra
`isdigit(c)`	`true` si `c` es un dígito
`islower(c)`	`true` si `c` es una letra minúscula
`isupper(c)`	`true` si `c` es una letra mayúscula
	`false` en caso contrario
`toupper(c)`	devuelve la mayúscula de `c`
`tolower(c)`	devuelve la minúscula de `c`

…

Luis Hernández Yáñez

cc BY NC SA

Operaciones con caracteres

caracteres.cpp

```
...
#include <cctype>

int main() {
   char caracter1 = 'A', caracter2 = '1', caracter3 = '&';
   cout << "Carácter 1 (" << caracter1 << ").-" << endl;
   cout << "Alfanumérico? " << isalnum(caracter1) << endl;
   cout << "Alfabético? " << isalpha(caracter1) << endl;
   cout << "Dígito? " << isdigit(caracter1) << endl;
   cout << "Mayúscula? " << isupper(caracter1) << endl;
   caracter1 = tolower(caracter1);
   cout << "En minúscula: " << caracter1 << endl;
   cout << "Carácter 2 (" << caracter2 << ").-" << endl;
   cout << "Alfabético? " << isalpha(caracter2) << endl;
   cout << "Dígito? " << isdigit(caracter2) << endl;
   cout << "Carácter 3 (" << caracter3 << ").-" << endl;
   cout << "Alfanumérico? " << isalnum(caracter3) << endl;
   cout << "Alfabético? " << isalpha(caracter3) << endl;
   cout << "Dígito? " << isdigit(caracter3) << endl;
   return 0;
}
```

$1 \equiv \texttt{true} \,/\, 0 \equiv \texttt{false}$

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Operadores relacionales
(condiciones simples)

Luis Hernández Yáñez

Expresiones lógicas (*booleanas*)

Operadores relacionales

Comparaciones (*condiciones*)

Condición simple ::= Expresión Operador_relacional Expresión

Concordancia de tipo entre las expresiones

Resultado: `bool` (`true` o `false`)

<	menor que
<=	menor o igual que
>	mayor que
>=	mayor o igual que
==	igual que
!=	distinto de

Operadores (prioridad)
...
* / %
+ -
< <= > >=
== !=
= += -= *= /= %=

Operadores relacionales

Menor prioridad que los operadores aditivos y multiplicativos

```
bool resultado;
int a = 2, b = 3, c = 4;
resultado = a < 5;                // 2 < 5 → true
resultado = a * b + c >= 12;      // 10 >= 12 → false
resultado = a * (b + c) >= 12;    // 14 >= 12 → true
resultado = a != b;               // 2 != 3 → true
resultado = a * b > c + 5;        // 6 > 9 → false
resultado = a + b == c + 1;       // 5 == 5 → true
```

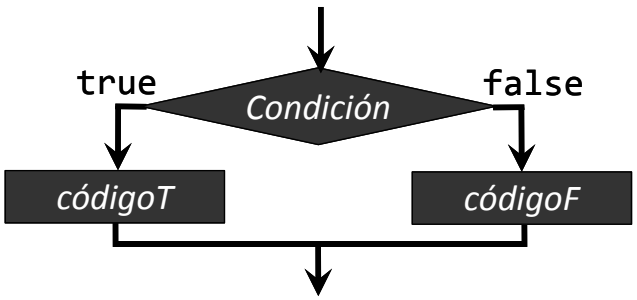
No confundas el operador de igualdad (==) con el operador de asignación (=)

Toma de decisiones (`if`)

Luis Hernández Yáñez

Hacer esto... o hacer esto otro...

Selección: bifurcación condicional




```
if (condición) {
⟼códigoT
}
else {
⟼códigoF
}
```

Opcional: puede no haber else

```
int num;
cout << "Número: ";
cin >> num;
if (num % 2 == 0) {
   cout << num << " es par";
}
else {
   cout << num << " es impar";
}
```

Luis Hernández Yáñez

La instrucción if

selección.cpp

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

int main() {
   int op1 = 13, op2 = 4;
   int opcion;
   cout << "1 - Sumar" << endl;
   cout << "2 - Restar" << endl;
   cout << "Opción: ";
   cin >> opcion;
   if (opcion == 1) {
      cout << op1 + op2 << endl;
   }
   else {
      cout << op1 - op2 << endl;
   }
   return 0;
}
```

```
D:\FP\Tema02>selección
1 - Sumar
2 - Restar
Opción: 1
17

D:\FP\Tema02>selección
1 - Sumar
2 - Restar
Opción: 2
9
```

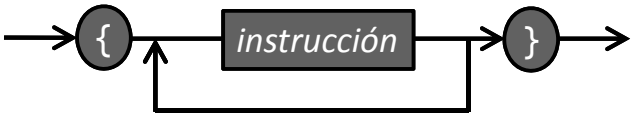

Fundamentos de la programación

Bloques de código

Bloques de código

Agrupación de instrucciones

Grupo de instrucciones a ejecutar en una rama del `if`




```
{
   intrucción1
   intrucción2
   ...
   intrucciónN
}
```

Tab ó 3 esp.

```
int num, total = 0;
cin >> num;
if (num > 0)
{
   cout << "Positivo";
   total = total + num;
}
cout << endl;
```

Ámbito local
(declaraciones locales)

Bloques de código

Posición de las llaves: cuestión de estilo

```
if (num > 0)
{
   cout << "Positivo";
   total = total + num;
}
cout << endl;
```

```
if (num > 0) {
   cout << "Positivo";
   total = total + num;
}
cout << endl;
```

No necesitamos las llaves si sólo hay una instrucción

```
if (num > 0) {
   cout << "Positivo";
}
```

≡

```
if (num > 0)
   cout << "Positivo";
```

Usaremos siempre llaves por simplicidad...

Evita poner el `if` y la instrucción objetivo en la misma línea:

```
if (num > 0) cout << "Positivo";
```

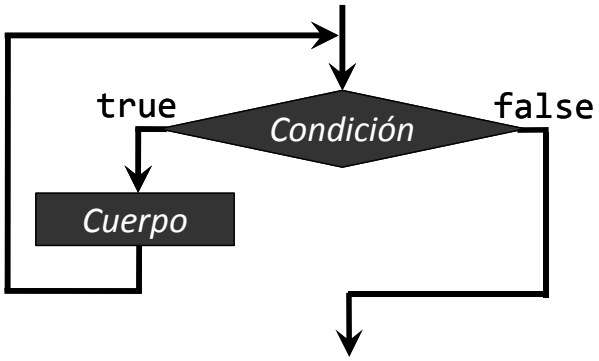

Bucles (`while`)

Luis Hernández Yáñez

Mientras la condición sea cierta, repetir...

Repetición o iteración condicional

Bloque de código




```
while (condición) {
⟷cuerpo
}
```

Si la condición es `false` al empezar, no se ejecuta el cuerpo ninguna vez

Luis Hernández Yáñez

La instrucción while

serie.cpp

$$\sum_{i=1}^{n} i$$

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

int main() {
   int i = 1, n = 0, suma = 0;
   while (n <= 0) { // Sólo n positivo
      cout << "¿Cuántos números quieres sumar? ";
      cin >> n;
   }
   while (i <= n) {
      suma = suma + i;
      i++;
   }
   cout << "Sumatorio de i (1 a " << n << ") = "
        << suma << endl;
   return 0;
}
```

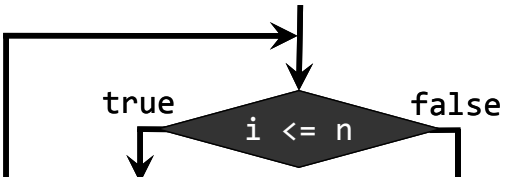
```
D:\FP\Tema02>serie
¿Cuántos números quieres sumar? -3
¿Cuántos números quieres sumar? 0
¿Cuántos números quieres sumar? 5
Sumatorio de i (1 a 5) = 15
```


La instrucción while

Iteración condicional

$$\sum_{i=1}^{n} i$$

```
while (i <= n) {
   suma = suma + i;
   i++;
}
```



n	5
i	6
suma	15

```
Sumatorio de i (1 a 5) = 15
```


Entrada/salida por consola

Luis Hernández Yáñez

Flujos de texto (streams)

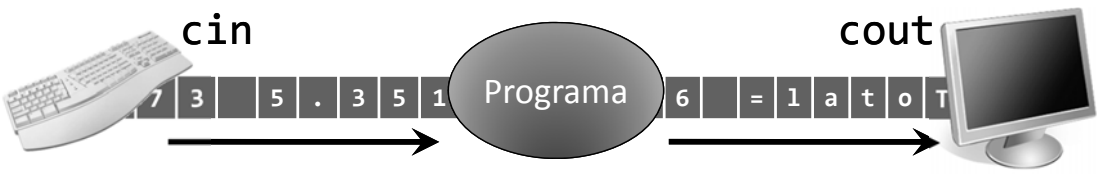
```
#include <iostream>
using namespace std;
```

Conectan la ejecución del programa con los dispositivos de E/S

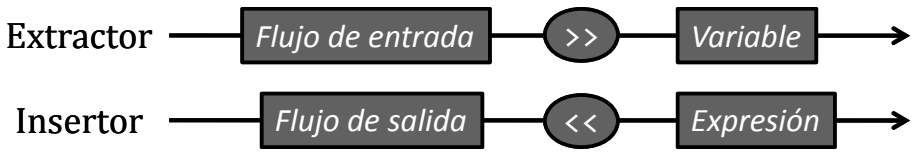
Son secuencias de caracteres

Entrada por teclado: flujo de entrada `cin` (tipo `istream`)

Salida por pantalla: flujo de salida `cout` (tipo `ostream`)

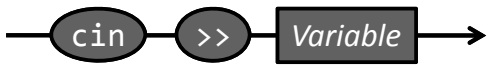


Biblioteca `iostream` con espacio de nombres `std`



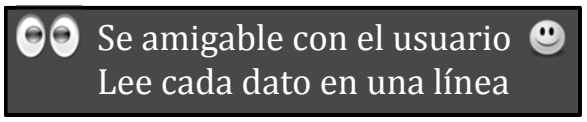
Luis Hernández Yáñez

Entrada por teclado



Salta los *espacios en blanco* (espacios, tabuladores o saltos de línea)

- `char`
  Se lee un carácter en la variable
- `int`
  Se leen dígitos y se transforman en el valor a asignar
- `float/double`:
  Se leen dígitos (quizá el punto y más dígitos) y se asigna el valor
- `bool`:
  Si se lee `1`, se asigna `true`; con cualquier otro valor se asigna `false`




```
cout << "Introduce tu edad: ";
cin >> edad;
```


Lectura de cadenas (`string`)

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

`cin >> cadena` termina con el primer espacio en blanco

`cin.sync()` descarta la entrada pendiente

```
string nombre, apellidos;
cout << "Nombre: ";
cin >> nombre;
cout << "Apellidos: ";
cin >> apellidos;
cout << "Nombre completo: "
     << nombre << " "
     << apellidos << endl;
```

```
Nombre: Luis Antonio
Apellidos: Nombre completo: Luis Antonio
```

`apellidos` recibe `"Antonio"`

```
string nombre, apellidos;
cout << "Nombre: ";
cin >> nombre;
cin.sync();
cout << "Apellidos: ";
cin >> apellidos;
cout << ...
```

```
Nombre: Luis Antonio
Apellidos: Hernández Yáñez
Nombre completo: Luis Hernández
```

¿Cómo leer varias palabras?

Siguiente página...

Entrada por teclado

Lectura sin saltar los espacios en blanco iniciales

Llamada a funciones con el operador punto (`.`) :

El operador punto permite llamar a una función sobre una variable

`variable.función(argumentos)`

Lectura de un carácter sin saltar espacios en blanco:

```
cin.get(c); // Lee el siguiente carácter
```

Lectura de cadenas sin saltar los espacios en blanco:

`getline(cin, cad);`

Lee todo lo que haya hasta el final de la línea (Intro)

Recuerda:

Espacios en blanco son espacios, tabuladores, saltos de línea, ...

Salida por pantalla

Representación textual de los datos

```
int meses = 7;
cout << "Total: " << 123.45 << endl << " Meses: " << meses;
```

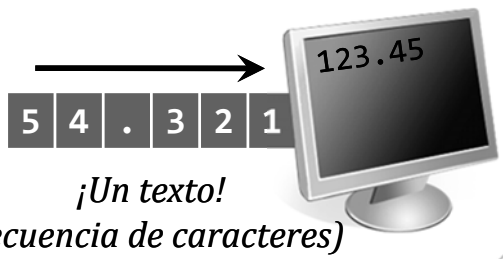
El valor `double 123.45` se guarda en memoria en binario

Su representación textual es: `'1' '2' '3' '.' '4' '5'`

```
double d = 123.45;
```

d 123.45 *¡Un número real!*

```
cout << d;
```



¡Un texto!
(secuencia de caracteres)

La biblioteca `iostream` define la constante `endl` como un salto de línea

Salida por pantalla


```
int meses = 7;
cout << "Total: " << 123.45 << endl << " Meses: " << meses;
```

```
cout       << 123.45 << endl << " Meses: " << meses;
```

```
cout        << endl << " Meses: " << meses;
```

```
cout         << " Meses: " << meses;
```

```
cout           << meses;
```

```
Total: 123.45
Meses: 7
```


Formato de la salida

`#include <iomanip>`

Constantes y funciones a enviar a `cout` para ajustar el formato de salida

Biblioteca	Constante/función	Propósito
`iostream`	`showpoint` / `noshowpoint`	Mostrar o no el punto decimal para reales sin decimales (`34.0`)
	`fixed`	Notación de punto fijo (reales) (`123.5`)
	`scientific`	Notación científica (reales) (`1.235E+2`)
	`boolalpha`	Valores `bool` como `true` / `false`
	`left` / `right`	Ajustar a la izquierda/derecha (por defecto)
`iomanip`	`setw(`*anchura*`)`*	Nº de caracteres (anchura) para el dato
	`setprecision(`*p*`)`	Precisión: Nº de dígitos (en total) Con `fixed` o `scientific`, nº de decimales

*`setw()` sólo afecta al siguiente dato que se escriba, mientras que los otros afectan a todos

Formato de la salida

```
bool fin = false;
cout << fin << "->" << boolalpha << fin << endl;
double d = 123.45;
char c = 'x';
int i = 62;
cout << d << c << i << endl;
cout << "|" << setw(8) << d << "|" << endl;
cout << "|" << left << setw(8) << d << "|" << endl;
cout << "|" << setw(4) << c << "|" << endl;
cout << "|" << right << setw(5) << i << "|" << endl;
double e = 96;
cout << e << " - " << showpoint << e << endl;
cout << scientific << d << endl;
cout << fixed << setprecision(8) << d << endl;
```

```
0->false


123.45x62
|  123.45|
|123.45  |
|x   |
|   62|

96 - 96.0000
1.234500e+002
123.45000000
```


Fundamentos de la programación

Funciones definidas por el programador

Funciones en C++

Los programas pueden incluir otras funciones además de `main()`

Forma general de una función en C++:

```
tipo nombre(parámetros) // Cabecera
{
   // Cuerpo
}
```

- ✓ *Tipo* de dato que devuelve la función como resultado
- ✓ *Parámetros* para proporcionar datos a la función
  Declaraciones de variables separadas por comas
- ✓ *Cuerpo*: secuencia de declaraciones e instrucciones
  ¡Un bloque de código!

Luis Hernández Yáñez

Datos en las funciones

- ✓ Datos locales: declarados en el cuerpo de la función
  Datos auxiliares que utiliza la función (puede no haber)
- ✓ Parámetros: declarados en la cabecera de la función
  Datos de entrada de la función (puede no haber)

Ambos son de uso exclusivo de la función y no se conocen fuera

```
double f(int x, int y) {
   // Declaración de datos locales:
   double resultado;

   // Instrucciones:
   resultado = 2 * pow(x, 5) + sqrt(pow(x, 3)
               / pow(y, 2))  / abs(x * y) - cos(y);

   return resultado; // Devolución del resultado
}
```

$$f(x,y) = 2x^5 + \frac{\sqrt{\frac{x^3}{y^2}}}{|x \times y|} - \cos(y)$$

Luis Hernández Yáñez

Argumentos

Llamada a una función con parámetros

`Nombre(Argumentos)`

Al llamar a la función:

- Tantos argumentos entre los paréntesis como parámetros
- Orden de declaración de los parámetros
- Cada argumento: mismo tipo que su parámetro
- Cada argumento: expresión válida (se pasa el resultado)

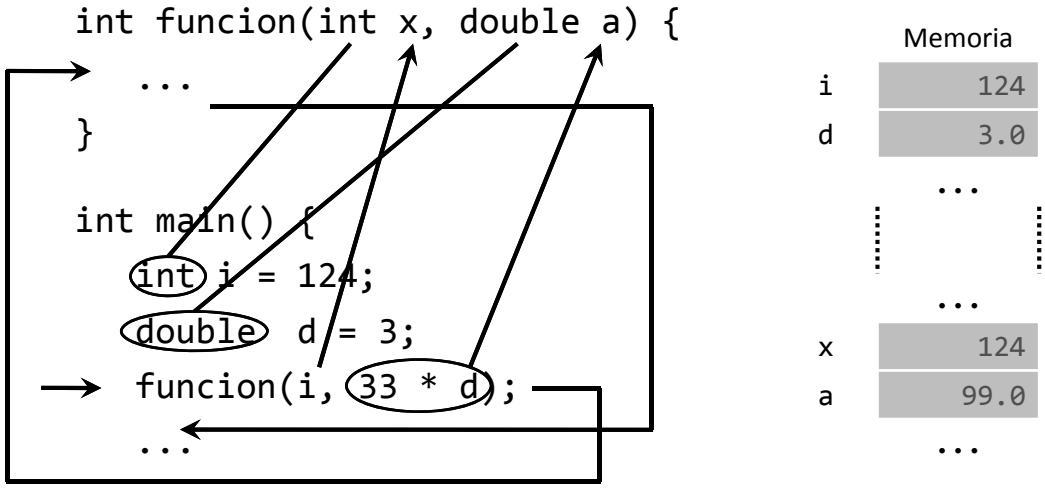
Se copian los valores resultantes de las expresiones en los correspondientes parámetros

Llamadas a la función: en expresiones de otras funciones

```
int valor = f(2, 3);
```


Paso de argumentos

Se copian los argumentos en los parámetros



Los argumentos no se modifican

Resultado de la función

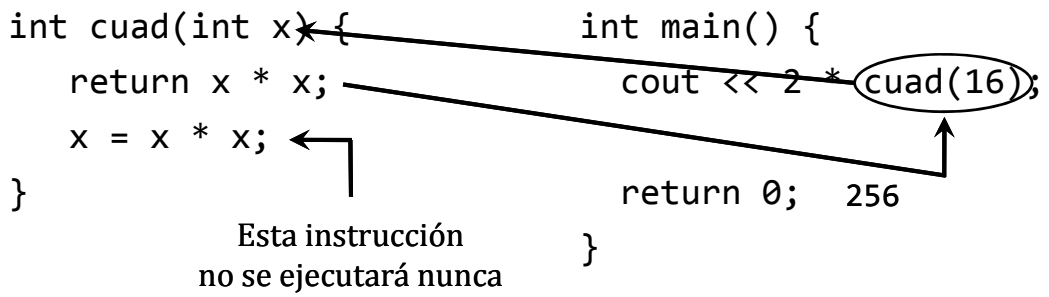
La función ha de devolver un resultado

La función termina su ejecución devolviendo un resultado

La instrucción `return` *(sólo una en cada función)*

- Devuelve el dato que se pone a continuación (tipo de la función)
- Termina la ejecución de la función

El dato devuelto sustituye a la llamada de la función:



Prototipos de las funciones

¿Qué funciones hay en el programa?

Colocaremos las funciones después de `main()`

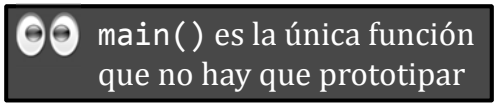
¿Son correctas las llamadas a funciones del programa?

- ¿Existe la función?
- ¿Concuerdan los argumentos con los parámetros?

→ Prototipos tras las inclusiones de bibliotecas

Prototipo de función: Cabecera de la función terminada en `;`

```
double f(int x, int y);
int funcion(int x, double a)
int cuad(int x);
...
```



Un programa con funciones

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

// Prototipos de las funciones (excepto main())
bool par(int num);
bool letra(char car);
int suma(int num);
double formula(int x, int y);

int main() {
   int numero, sum, x, y;
   char caracter;
   double f;
   cout << "Entero: ";
   cin >> numero;
   if (par(numero)) {
      cout << "Par";
   }
   ...
```


Un programa con funciones

```
   else {
      cout << "Impar";
   }
   cout << endl;
   if (numero > 1) {
      cout << "Sumatorio de 1 a " << numero << ": "
           << suma(numero) << endl;
   }
   cout << "Carácter: ";
   cin >> caracter;
   if (!letra(caracter)) {
      cout << "no ";
   }
   cout << "es una letra" << endl;
   cout << "f(x, y) = " << formula(x, y) << endl;
   // Los argumentos pueden llamarse igual o no que los parámetros

   return 0;
}
...
```


Un programa con funciones

```
// Implementación de las funciones propias

bool par(int num) {
   bool esPar;

   if (num % 2 == 0) {
      esPar = true;
   }
   else {
      esPar = false;
   }

   return esPar;
}
...
```

Luis Hernández Yáñez

Un programa con funciones

```
bool letra(char car) {
   bool esLetra;
   if ((car >= 'a') && (car <= 'z') || (car >= 'A') && (car <= 'Z')) {
      esLetra = true;
   }
   else {
      esLetra = false;
   }
   return esLetra;
}

int suma(int num) {
   int sum = 0, i = 1;
   while (i < num) {
      sum = sum + i;
      i++;
   }
   return sum;
}
...
```

Luis Hernández Yáñez

Un programa con funciones

funciones.cpp

```
double formula(int x, int y) {
   double f;

   f = 2 * pow(x, 5) + sqrt(pow(x, 3) / pow(y, 2))
         / abs(x * y) - cos(y);

   return f;
}
```


Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Fundamentos de la programación

2A Tipos: Detalles técnicos

ANEXO

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Intervalo de valores:

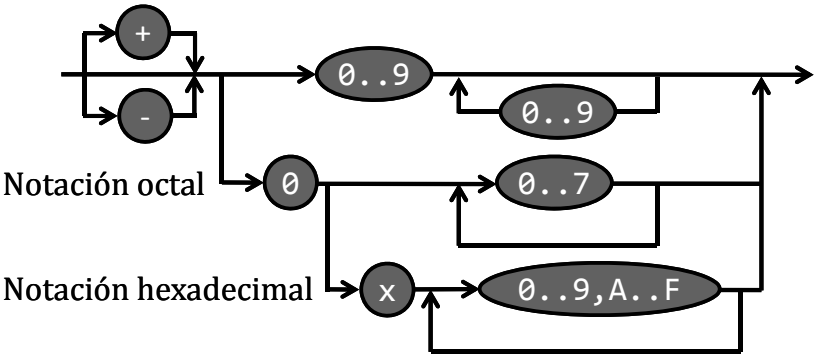
`-2147483648 .. 2147483647`

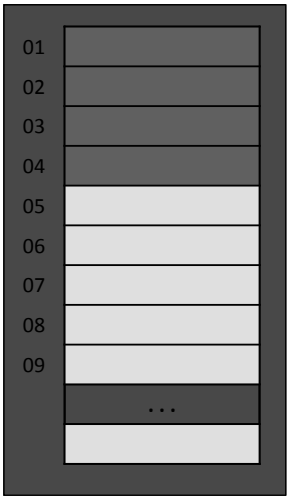
Bytes de memoria: 4*

(*) Depende de la máquina
4 bytes es lo más habitual
Se puede saber cuántos se usan con la función `sizeof(int)`

Literales:

`1363, -12, 010 , 0x1A`





Números en notación octal (base 8: dígitos entre 0 y 7):

`-010` = -8 en notación decimal

$10 = 1 \times 8^1 + 0 \times 8^0 = 1 \times 8 + 0$

`0423` = 275 en notación decimal

$423 = 4 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 3 \times 8^0 = 4 \times 64 + 2 \times 8 + 3 = 256 + 16 + 3$

Números en notación hexadecimal (base 16):

Dígitos posibles: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F

`0x1F` = 31 en notación decimal

$1F = 1 \times 16^1 + F \times 16^0 = 1 \times 16 + 15$

`0xAD` = 173 en notación decimal

$AD = A \times 16^1 + D \times 16^0 = 10 \times 16 + 13 = 160 + 13$

float

Números reales (con decimales)

Intervalo de valores:

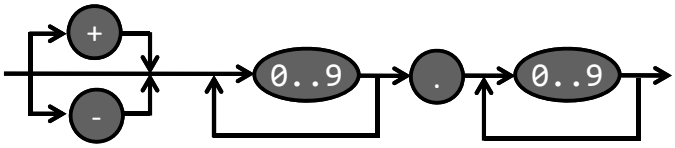
`+/- 1.18e-38 .. 3.40e+38`

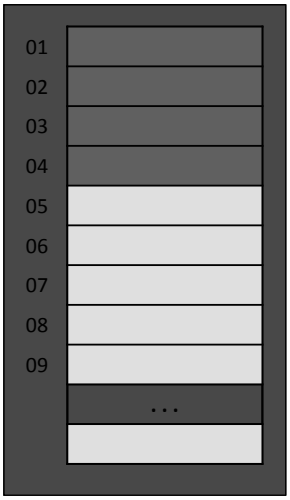
Bytes de memoria: 4* `(*)sizeof(float)`

Punto flotante. Precisión: 7 dígitos

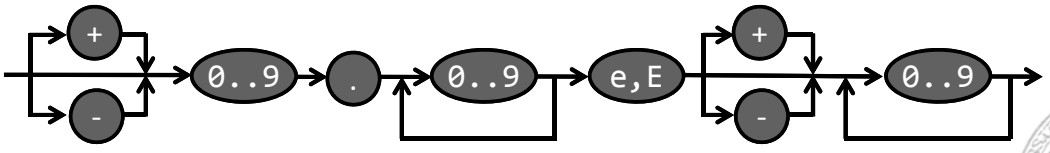
Literales (punto decimal):

✓ Notación normal: `134.45`, `-1.1764`





✓ Notación científica: `1.4E2`, `-5.23e-02`



Notación científica

Siempre un número (con o sin signo) con un solo dígito de parte entera, seguido del exponente (potencia de 10):

`-5.23e-2`	→	$-5{,}23 \times 10^{-2}$	→	-0,0523
`1.11e2`	→	$1{,}11 \times 10^{2}$	→	111,0
`7.4523e-04`	→	$7{,}4523 \times 10^{-4}$	→	0,00074523
`-3.3333e+06`	→	$-3{,}3333 \times 10^{6}$	→	-3.333.300

double

Números reales (con decimales)

Intervalo de valores:

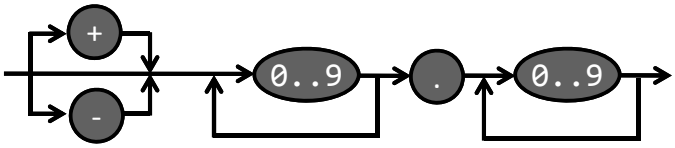
`+/- 2.23e-308 .. 1.79e+308`

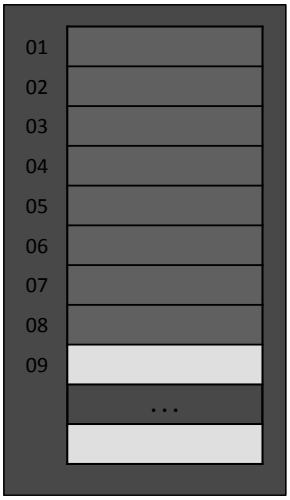
Bytes de memoria: 8* `(*)sizeof(double)`

Punto flotante. Precisión: 15 dígitos

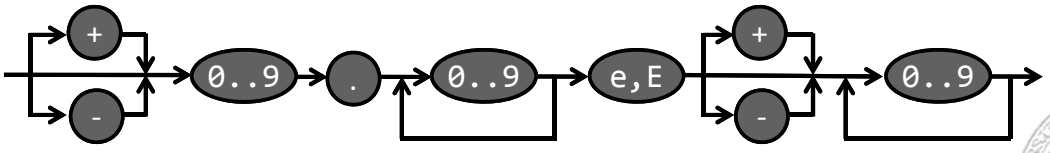
Literales (punto decimal):

✓ Notación normal: `134.45`, `-1.1764`





✓ Notación científica: `1.4E2`, `-5.23e-02`



char

Caracteres

Intervalo de valores:

Juego de caracteres (ASCII)

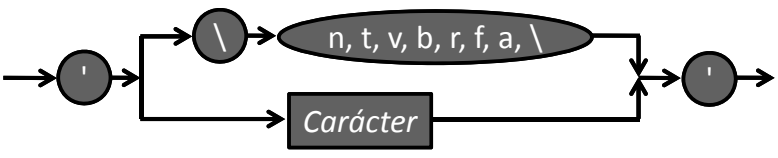
Bytes de memoria: 1 (FC)

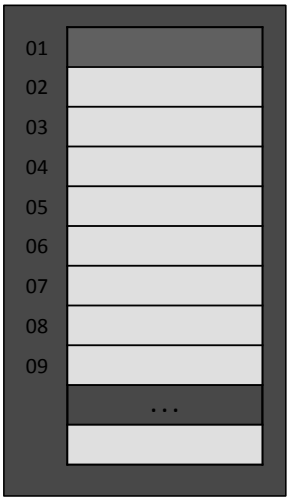
Literales:

`'a'`, `'%'`, `'\t'`

Constantes de barra invertida:
(O *secuencias de escape*)
Para caracteres de control

`'\t'` = tabulador, `'\n'` = salto de línea, ...





char

Juego de caracteres ASCII:

***A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange* (1963)

Caracteres con códigos entre 0 y 127 (7 bits)

- Caracteres de control:
  Códigos del 0 al 31 y 127
  Tabulación, salto de línea,...
- Caracteres imprimibles:
  Códigos del 32 al 126

Juego de caracteres ASCII extendido (8 bits):

ISO-8859-1

\+ Códigos entre 128 y 255

Multitud de codificaciones:
EBCDIC, UNICODE, UTF-8, ...

bool

Valores lógicos

Sólo dos valores posibles:

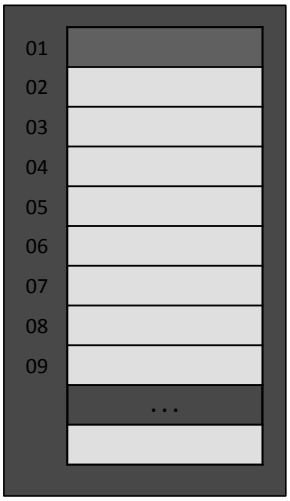
- Verdadero (*true*)
- Falso (*false*)

Bytes de memoria: 1 (FC)

Literales:

`true`, `false`

En realidad, cualquier número distinto de 0 es equivalente a `true` y el número 0 es equivalente a `false`



`string` *Cadenas de caracteres*

`"Hola"`, `"Introduce el numerador: "`, `"X142FG5TX?%A"`

Secuencias de caracteres

Se asigna la memoria que se necesita para la secuencia concreta

Requieren la biblioteca `string` con el espacio de nombres `std`:

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

> *¡Ojo!*
> Las comillas tipográficas (apertura/cierre) “…” te darán problemas al compilar. Asegúrate de utilizar comillas rectas: "…"

Literales con especificación de tipo

Por defecto un literal entero se considera un dato `int`

- `long int`: `35L`, `1546l`
- `unsigned int`: `35U`, `1546u`
- `unsigned long int`: `35UL`, `1546ul`

Por defecto un literal real se considera un dato `double`

- `float`: `1.35F`, `15.46f`
- `long double`: `1.35L`, `15.46l`

Abreviaturas para modificadores de tipos

`short` ≡ `short int`

`long` ≡ `long int`

Es preferible evitar el uso de tales abreviaturas:

Minimizar la cantidad de información a recordar sobre el lenguaje

Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

3 Tipos e instrucciones II

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Tipos, valores y variables

Luis Hernández Yáñez

Tipos, valores y variables

Tipo
Conjunto de valores con sus posibles operaciones

Valor
Conjunto de bits interpretados como de un tipo concreto

Variable (o constante)
Cierta memoria con nombre para valores de un tipo

Declaración
Instrucción que identifica un nombre

Definición
Declaración que asigna memoria a una variable o constante

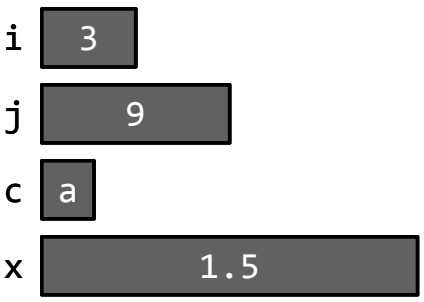
Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Variables

Memoria suficiente para su tipo de valores

```
short int i = 3;
int j = 9;
char c = 'a';
double x = 1.5;
```



El significado de los bits depende del tipo de la variable:

`00000000 00000000 00000000 01111000`

Interpretado como `int` es el entero `120`

Interpretado como `char` (sólo `01111000`) es el carácter `'x'`

Tipos

- ✓ Simples
  - Estándar: `int`, `float`, `double`, `char`, `bool`
    Conjunto de valores predeterminado
  - Definidos por el usuario: *enumerados*
    Conjunto de valores definido por el programador
- ✓ Estructurados (Tema 5)
  - Colecciones homogéneas: *arrays*
    Todos los elementos de la colección de un mismo tipo
  - Colecciones heterogéneas: *estructuras*
    Elementos de la colección de tipos distintos

Tipos simples estándar

Con sus posibles modificadores:

```
[unsigned] [short] int
long long int
float
[long] double
char
bool
```

`long int` ≡ `int`

Definición de variables:

tipo nombre [= *expresión*] [, ...];

Definición de constantes con nombre:

const *tipo nombre* = *expresión*;

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Conversión de tipos

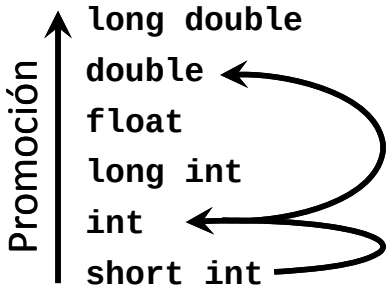
Luis Hernández Yáñez

Conversiones automáticas de tipos

Promoción de tipos

Dos operandos de tipos distintos:
El valor del tipo *menor* se promociona al tipo *mayor*

```
short int i = 3;
int j = 2;
double a = 1.5, b;
b = a + i * j;
```




```
b = a + 3 * 2;
```

↳ Valor 3 `short int` (2 bytes) → `int` (4 bytes)

```
b = 1.5 + 6;
```

↳ Valor 6 `int` (4 bytes) → `double` (8 bytes)

Conversiones seguras y no seguras

Conversión segura:
De un tipo menor a un tipo mayor
`short int` → `int` → `long int` → ...

Conversión no segura:
De un tipo mayor a un tipo menor

```
int entero = 1234;
char caracter;
caracter = entero; // Conversión no segura
```

Menor memoria: Pérdida de información en la conversión

`long double`
`double`
`float`
`long int`
`int`
`short int`

Moldes (*casts*)

Fuerzan una conversión de tipo:

tipo(*expresión*)

El valor resultante de la *expresión* se trata como un valor del *tipo*

```
int a = 3, b = 2;
cout << a / b;          // Muestra 1 (división entera)
cout << double(a) / b; // Muestra 1.5 (división real)
```

Tienen la mayor prioridad

Fundamentos de la programación

Tipos declarados por el usuario

Tipos declarados por el usuario

Describimos los valores de las variables del tipo

`typedef` *`descripción nombre_de_tipo`*`;`

Identificador válido

Nombres de tipos propios:
`t` minúscula seguida de una o varias palabras capitalizadas
Los colorearemos en naranja, para remarcar que son tipos

```
typedef descripción tMiTipo;
typedef descripción tMoneda;
typedef descripción tTiposDeCalificacion;
```

Declaración de tipo frente a definición de variable

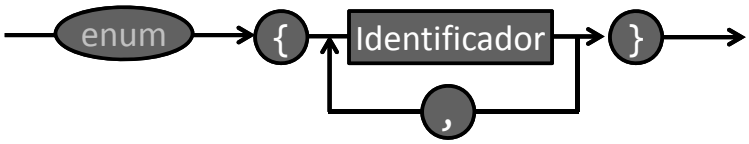
Fundamentos de la programación

Tipos enumerados

Enumeraciones

Enumeración del conjunto de valores posibles para las variables:

```
enum { símbolo1, símbolo2, ..., símboloN }
```




```
enum { centimo, dos_centimos, cinco_centimos,
       diez_centimos, veinte_centimos,
       medio_euro, euro }
```

Valores literales que pueden tomar las variables (en amarillo)

Tipos enumerados

Mejoran la legibilidad

```
typedef descripción nombre_de_tipo;
```

Elegimos un nombre para el tipo: `tMoneda`

descripción

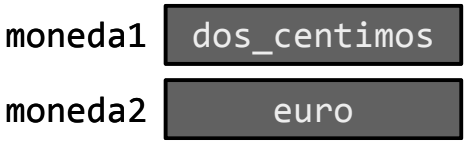
```
typedef enum { centimo, dos_centimos, cinco_centimos,
               diez_centimos, veinte_centimos,
               medio_euro, euro } tMoneda;
```

En el ámbito de la declaración, se reconoce un nuevo tipo `tMoneda`

```
tMoneda moneda1, moneda2;
```

Cada variable de ese tipo contendrá alguno de los símbolos

```
moneda1 = dos_centimos;
moneda2 = euro;
```



(Internamente se usan enteros)

Entrada/salida para tipos enumerados

```
typedef enum { enero, febrero, marzo, abril, mayo,
   junio, julio, agosto, septiembre, octubre,
   noviembre, diciembre } tMes;
tMes mes;
```

Lectura de la variable `mes`:

```
cin >> mes;
```

Se espera un valor entero

No se puede escribir directamente `enero` o `junio`

Y si se escribe la variable en la pantalla:

```
cout << mes;
```

Se verá un número entero

→ Código de entrada/salida específico

Lectura del valor de un tipo enumerado

```
typedef enum { enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio,
   agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre } tMes;
```

```
int op;
cout << " 1 - Enero"      << endl;
cout << " 2 - Febrero"    << endl;
cout << " 3 - Marzo"      << endl;
cout << " 4 - Abril"      << endl;
cout << " 5 - Mayo"       << endl;
cout << " 6 - Junio"      << endl;
cout << " 7 - Julio"      << endl;
cout << " 8 - Agosto"     << endl;
cout << " 9 - Septiembre" << endl;
cout << "10 - Octubre"    << endl;
cout << "11 - Noviembre"  << endl;
cout << "12 - Diciembre"  << endl;
cout << "Numero de mes: ";
cin >> op;
tMes mes = tMes(op - 1);
```


Escritura de variables de tipos enumerados

```
typedef enum { enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio,
   agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre } tMes;
```

```
if (mes == enero) {
   cout << "enero";
}
if (mes == febrero) {
   cout << "febrero";
}
if (mes == marzo) {
   cout << "marzo";
}
...
if (mes == diciembre) {
   cout << "diciembre";
}
```

También podemos utilizar una instrucción `switch`

Tipos enumerados

Conjunto de valores ordenado (posición en la enumeración)

```
typedef enum { lunes, martes, miercoles, jueves,
   viernes, sabado, domingo } tDiaSemana;

tDiaSemana dia;
...
if (dia == jueves)...
bool noLaborable = (dia >= sabado);
```

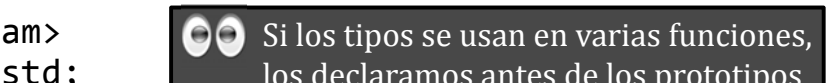
```
lunes < martes < miercoles < jueves
< viernes < sabado < domingo
```

No admiten operadores de incremento y decremento
Emulación con moldes:

```
int i = int(dia); // ¡dia no ha de valer domingo!
i++;
dia = tDiaSemana(i);
```


Ejemplo de tipos enumerados

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

typedef enum { enero, febrero, marzo, abril, mayo,
   junio, julio, agosto, septiembre, octubre,
   noviembre, diciembre } tMes;

typedef enum { lunes, martes, miercoles, jueves,
   viernes, sabado, domingo } tDiaSemana;

string cadMes(tMes mes);
string cadDia(tDiaSemana dia);

int main() {
   tDiaSemana hoy = lunes;
   int dia = 21;
   tMes mes = octubre;
   int anio = 2013;
   ...
```



Ejemplo de tipos enumerados

```
   // Mostramos la fecha
   cout << "Hoy es: " << cadDia(hoy) << " " << dia
        << " de " << cadMes(mes) << " de " << anio
        << endl;

   cout << "Pasada la medianoche..." << endl;
   dia++;
   int i = int(hoy);
   i++;
   hoy = tDiaSemana(i);

   // Mostramos la fecha
   cout << "Hoy es: " << cadDia(hoy) << " " << dia
        << " de " << cadMes(mes) << " de " << anio
        << endl;

   return 0;
}
```


Ejemplo de tipos enumerados

fechas.cpp

```
string cadMes(tMes mes) {
   string cad;

   if (mes == enero) {
      cad = "enero";
   }
   if (mes == febrero) {
      cad = "febrero";
   }
   ...
   if (mes == diciembre) {
      cad = "diciembre";
   }

   return cad;
}
```

```
string cadDia(tDiaSemana dia);
   string cad;

   if (dia == lunes) {
      cad = "lunes";
   }
   if (dia == martes) {
      cad = "martes";
   }
   ...
   if (dia == domingo) {
      cad = "domingo";
   }

   return cad;
}
```


Fundamentos de la programación

Entrada/Salida con archivos de texto

Archivos

Datos del programa: en la memoria principal (volátil)

Medios (dispositivos) de almacenamiento permanente:

- Discos magnéticos fijos (internos) o portátiles (externos)
- Cintas magnéticas
- Discos ópticos (CD, DVD, BlueRay)
- Memorias USB

  …

Mantienen la información en archivos

Secuencias de datos

Luis Hernández Yáñez

Archivos de texto y archivos binarios

Archivo de texto: secuencia de caracteres

T	o	t	a	1	:		1	2	3	.	4	↵	A	…

Archivo binario: contiene una secuencia de códigos binarios

A0	25	2F	04	D6	FF	00	27	6C	CA	49	07	5F	A4	…

(Códigos representados en notación hexadecimal)

Los archivos se manejan en los programas por medio de *flujos*

Archivos de texto: *flujos de texto*

Similar a la E/S por consola

(Más adelante veremos el uso de archivos binarios)

Luis Hernández Yáñez

Archivos de texto

Textos dispuestos en sucesivas líneas

Carácter de fin de línea entre línea y línea (Intro)

Posiblemente varios datos en cada línea

Ejemplo: Compras de los clientes

En cada línea, NIF del cliente, unidades compradas, precio unitario y descripción de producto, separados por espacio

```
12345678F 2 123.95 Reproductor de DVD↲
00112233A 1 218.4 Disco portátil↲
32143567J 3 32 Memoria USB 16Gb↲
76329845H 1 134.5 Modem ADSL↲
...
```

Normalmente terminan con un dato especial (*centinela*)

Por ejemplo, un NIF que sea `X`

Flujos de texto para archivos `#include <fstream>`

- ✓ Lectura del archivo: flujo de entrada
- ✓ Escritura en el archivo: flujo de salida

No podemos leer y escribir en un mismo flujo

Un flujo de texto se puede utilizar para lectura o para escritura:

- Flujos (archivos) de entrada: variables de tipo `ifstream`
- Flujos (archivos) de salida : variables de tipo `ofstream`

Biblioteca `fstream` (sin espacio de nombres)

Lectura de archivos de texto

Luis Hernández Yáñez

Lectura de archivos de texto

Flujos de texto de entrada

`ifstream`

Para leer de un archivo de texto:

1. Declara una variable de tipo `ifstream`
2. Asocia la variable con el archivo de texto (*apertura del archivo*)
3. Realiza las operaciones de lectura
4. Desliga la variable del archivo de texto (*cierre el archivo*)

Luis Hernández Yáñez

Lectura de archivos de texto

Apertura del archivo

Conecta la variable con el archivo de texto del dispositivo

flujo.open(*cadena_literal*);

```
ifstream archivo;
archivo.open("abc.txt");
if (archivo.is_open()) ...
```

¡El archivo debe existir!

`is_open()`:
`true` si el archivo se ha podido abrir
`false` en caso contrario

Cierre del archivo

Desconecta la variable del archivo de texto del dispositivo

flujo.close();

```
archivo.close();
```


Lectura de archivos de texto

Operaciones de lectura

- ✓ Extractor (>>) `archivo >> variable;`
  Salta primero los espacios en blanco (espacio, tab, Intro, ...)
  Datos numéricos: lee hasta el primer carácter no válido
  Cadenas (`string`): lee hasta el siguiente espacio en blanco
- ✓ `archivo.get(c)`
  Lee el siguiente carácter en la variable `c`, sea el que sea
- ✓ `getline(archivo, cadena)`
  Lee en la *cadena* todos los caracteres que queden en la línea
  Incluidos los espacios en blanco
  Hasta el siguiente salto de línea (descartándolo)

Con los archivos no tiene efecto la función `sync()`

Lectura de archivos de texto

¿Qué debo leer?

- ✓ Un número
  Usa el extractor `archivo >> num;`
- ✓ Un carácter (sea el que sea)
  Usa la función `get()` `archivo.get(c);`
- ✓ Una cadena sin espacios
  Usa el extractor `archivo >> cad;`
- ✓ Una cadena posiblemente con espacios
  Usa la función `getline()` `getline(archivo, cad);`

Lectura de archivos de texto

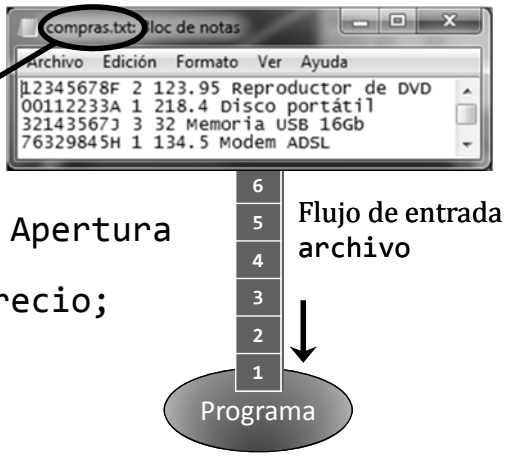
¿Dónde queda pendiente la entrada?

- ✓ Número leído con el extractor
  En el primer carácter no válido (inc. espacios en blanco)
- ✓ Carácter leído con `get()`
  En el siguiente carácter (inc. espacios en blanco)
- ✓ Una cadena leída con el extractor
  En el siguiente espacio en blanco
- ✓ Una cadena leída con la función `getline()`
  Al principio de la siguiente línea

Lectura de archivos de texto

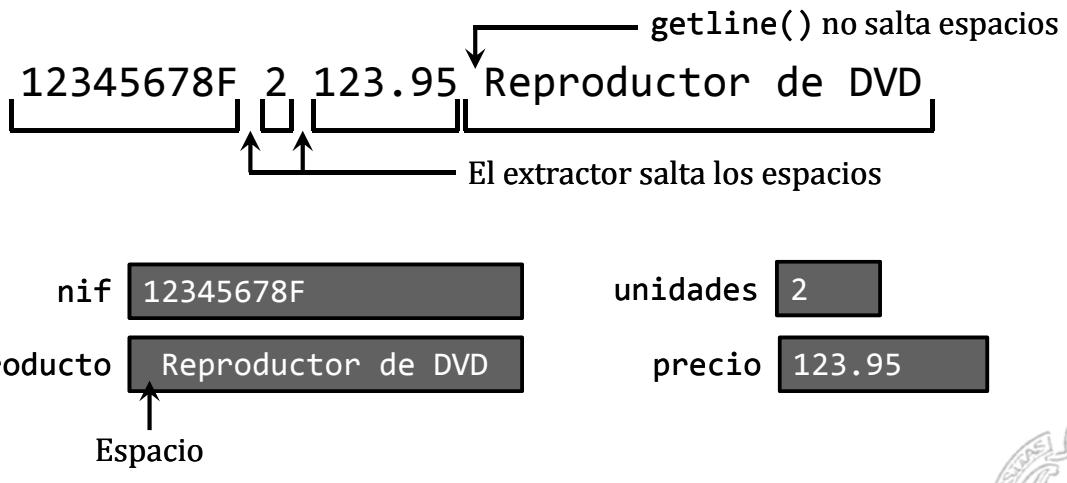
```
string nif, producto;
int unidades;
double precio;
char aux;
```

1. `ifstream archivo;`
2. `archivo.open("compras.txt"); // Apertura`
3. `archivo >> nif >> unidades >> precio;`
   `getline(archivo, producto);`
4. `archivo.close(); // Cierre`



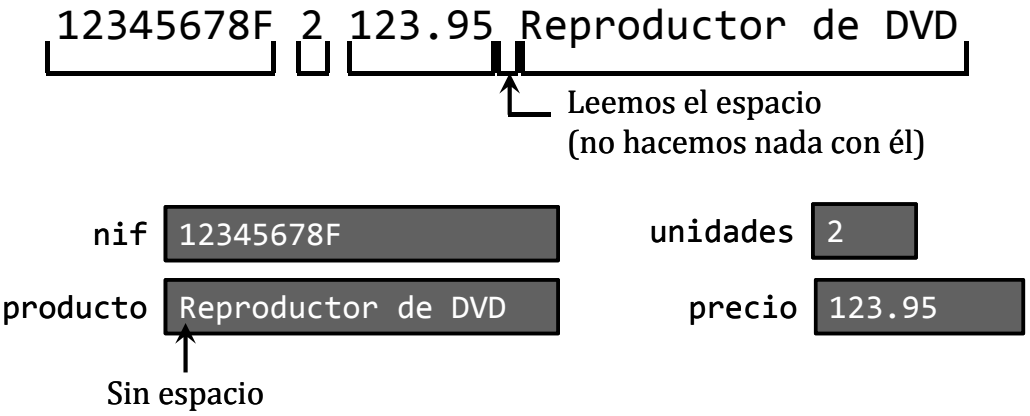
Lectura de archivos de texto

```
archivo >> nif;
archivo >> unidades;
archivo >> precio;
getline(archivo, producto);
```



Lectura de archivos de texto

```
archivo >> nif;
archivo >> unidades;
archivo >> precio;
archivo.get(aux); // Salta el espacio en blanco
getline(archivo, producto);
```



Procesamiento de los datos de un archivo

Cada línea, datos de una compra
Mostrar el total de cada compra
unidades x precio más IVA (21%)
Final: "X" como NIF

Bucle de procesamiento:

- ✓ Cada paso del bucle (ciclo) procesa una línea (compra)
- ✓ Podemos usar las mismas variables en cada ciclo

Leer primer NIF
Mientras el NIF no sea X:
    Leer unidades, precio y descripción
    Calcular y mostrar el total
    Leer el siguiente NIF

Procesamiento de los datos de un archivo

leer.cpp

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
#include <fstream>
#include <iomanip> // Formato de salida

int main() {
   const int IVA = 21;
   string nif, producto;
   int unidades;
   double precio, neto, total, iva;
   char aux;
   ifstream archivo;
   int contador = 0;

   archivo.open("compras.txt"); // Apertura
   ...
```


Procesamiento de los datos de un archivo

```
   if (archivo.is_open()) { // Existe el archivo
      archivo >> nif; // Primer NIF
      while (nif != "X") {
         archivo >> unidades >> precio;
         archivo.get(aux); // Salta el espacio
         getline(archivo, producto);
         contador++;
         neto = unidades * precio;
         iva = neto * IVA / 100;
         total = neto + iva;
         cout << "Compra " << contador << ".-" << endl;
         cout << "   " << producto << ": " << unidades
            << " x " << fixed << setprecision(2)
            << precio << " = " << neto << " - I.V.A.: "
            << iva << " - Total: " << total << endl;
         archivo >> nif; // Siguiente NIF
      } ...
```


Procesamiento de los datos de un archivo

```
        archivo.close(); // Cierre
    }
    else {
        cout << "ERROR: No se ha podido abrir el archivo"
            << endl;
    }
    return 0;
}
```

```
Compra 1.-
   Reproductor de DVD: 2 x 123.95 = 247.90 - I.V.A.: 52.06 - Total: 299.96
Compra 2.-
   Disco portßtil: 1 x 218.40 = 218.40 - I.V.A.: 45.86 - Total: 264.26
Compra 3.-
   Memoria USB 16Gb: 3 x 32.00 = 96.00 - I.V.A.: 20.16 - Total: 116.16
Compra 4.-
   Modem ADSL: 1 x 134.50 = 134.50 - I.V.A.: 28.25 - Total: 162.75
```


Fundamentos de la programación

Escritura en archivos de texto

Escritura en archivos de texto

Flujos de texto de salida

`ofstream`

Para crear un archivo de texto y escribir en él:

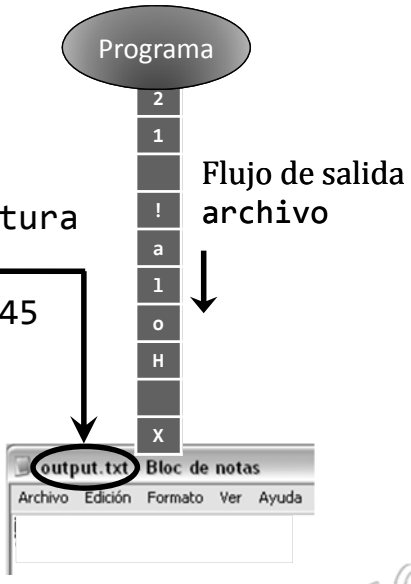
1. Declara una variable de tipo `ofstream`
2. Asocia la variable con el archivo de texto (*crea el archivo*)
3. Realiza las escrituras por medio del operador << (insertor)
4. Desliga la variable del archivo de texto (*cierra el archivo*)

> *¡Atención!*
> Si el archivo ya existe, se borra todo lo que hubiera

> *¡Atención!*
> Si no se cierra el archivo se puede perder información

Escritura en archivos de texto

```
int valor = 999;

1 ofstream archivo;

2 archivo.open("output.txt"); // Apertura

3 archivo << 'X' << " Hola! " << 123.45
          << endl << valor << "Bye!";

4 archivo.close(); // Cierre
```



Escritura en archivos de texto

escribir.cpp

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

int main() {
   string nif, producto;
   int unidades;
   double precio;
   char aux;
   ofstream archivo;

   archivo.open("output.txt"); // Apertura (creación)

   cout << "NIF del cliente (X para terminar): ";
   cin >> nif;
   ...
```

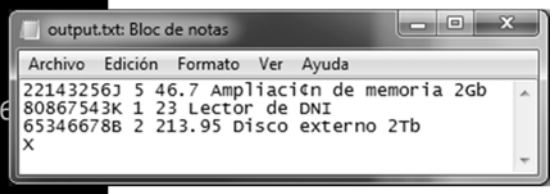

Escritura en archivos de texto

```
   while (nif != "X") {
      // Queda pendiente el Intro anterior...
      cin.get(aux); // Leemos el Intro
      cout << "Producto: ";
      getline(cin, producto);
      cout << "Unidades: ";
      cin >> unidades;
      cout << "Precio: ";
      cin >> precio;
      // Escribimos los datos en una línea del archivo...
      // Con un espacio de separación entre ellos
      archivo << nif << " " << unidades << " "
         << precio << " " << producto << endl;
      cout << "NIF del cliente (X para terminar): ";
      cin >> nif;
   }
   ...
```


Escritura en archivos de texto

```
    // Escribimos el centinela final...
    archivo << "X";
    archivo.close(); // Cierre del archivo

    return 0;
}
```

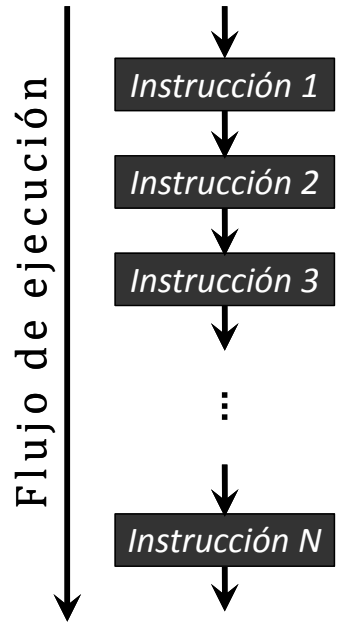
```
NIF del cliente (X para terminar): 22143256J
Producto: Ampliación de memoria 2Gb
Unidades: 5
Precio: 46.7
NIF del cliente (X para terminar): 8086
Producto: Lector de DNI
Unidades: 1
Precio: 23
NIF del cliente (X para terminar): 65346678B
Producto: Disco externo 2Tb
Unidades: 2
Precio: 213.95
NIF del cliente (X para terminar): X
```



Fundamentos de la programación

Flujo de ejecución

Ejecución secuencial

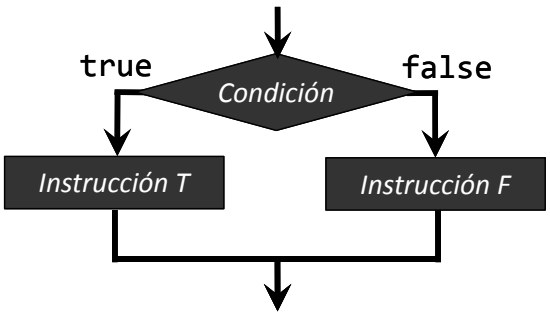



```
{
   double oper1, oper2, prod;
   cout << "Operando 1: ";
   cin >> oper1;
   cout << "Operando 2: ";
   ...
   cout << "Producto: " << prod;
   return 0;
}
```

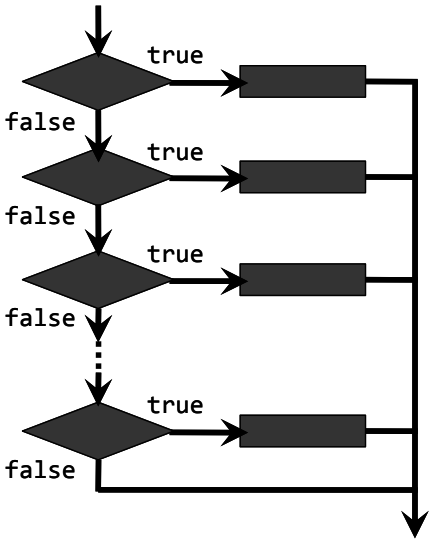

Selección

Uno entre dos o más caminos de ejecución

Selección simple (2 caminos) Selección múltiple (> 2 caminos)



`if`



`if-else-if`

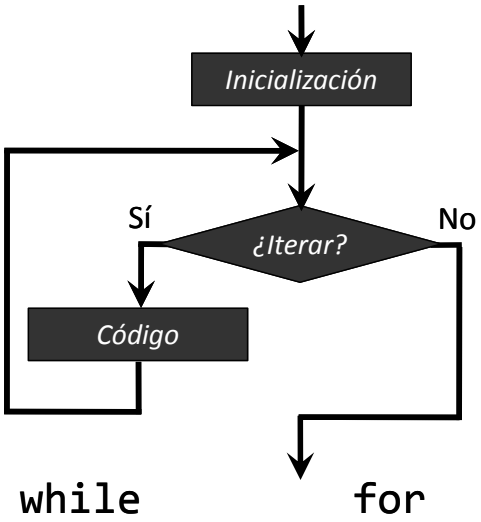
`switch`

Diagramas de flujo

Repetición (iteración)

Repetir la ejecución de una o más instrucciones

Acumular, procesar colecciones, ...




```
while        for
```

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

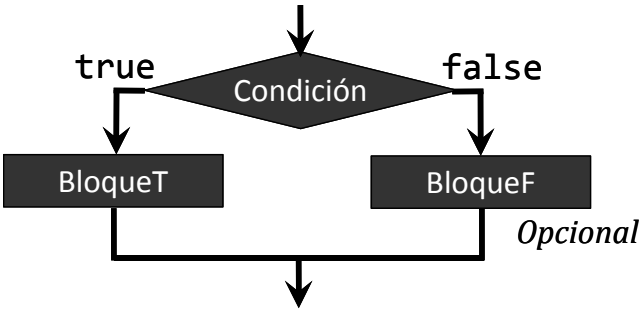
Selección simple

Luis Hernández Yáñez

Selección simple (bifurcación)

La instrucción `if`

```
if (condición) {
⟼códigoT
}
[else {
⟼códigoF
}]
```



condición: expresión `bool`

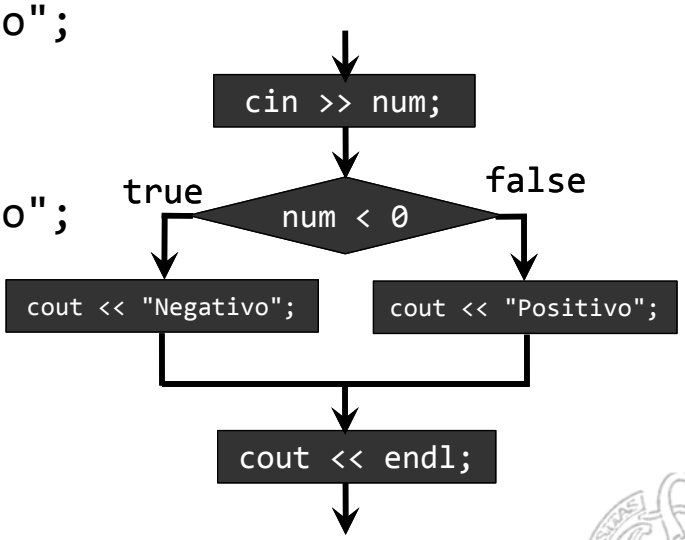
Cláusula `else` opcional

Luis Hernández Yáñez

La instrucción `if`

signo.cpp

```
int num;
cin >> num;
if (num < 0) {
   cout << "Negativo";
}
else {
   cout << "Positivo";
}
cout << endl;
```

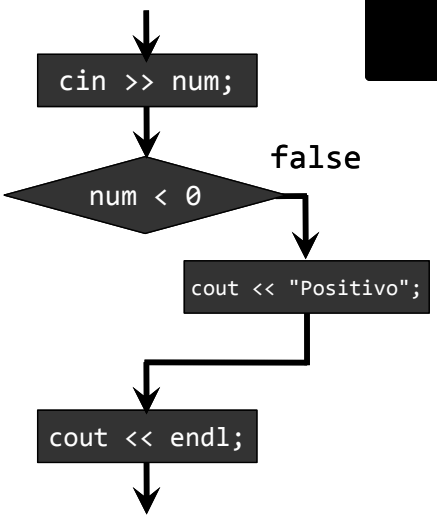


Luis Hernández Yáñez

La instrucción if

```
int num;
cin >> num;
if (num < 0) {
   cout << "Negativo";
}
else {
   cout << "Positivo";
}
cout << endl;
```

```
129
Positivo
```



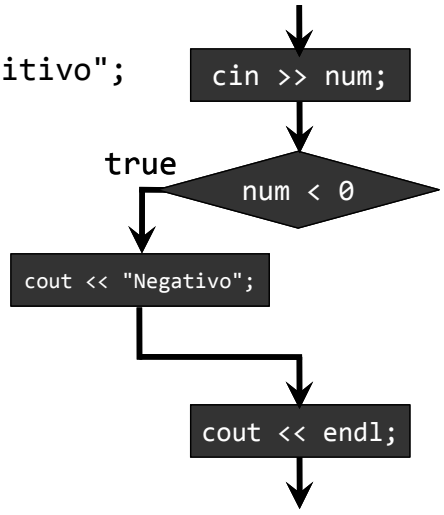
num 129

Luis Hernández Yáñez

La instrucción if

```
int num;
cin >> num;
if (num < 0) {
   cout << "Negativo";
}
else {
   cout << "Positivo";
}
cout << endl;
```

```
-5
Negativo
_
```



num -5

Luis Hernández Yáñez

Ejemplo

división.cpp

División entre dos números protegida frente a intento de división por 0

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

int main() {
   double numerador, denominador, resultado;
   cout << "Numerador: ";
   cin >> numerador;
   cout << "Denominador: ";
   cin >> denominador;
   if (denominador == 0) {
      cout << "Imposible dividir entre 0!";
   }
   else {
      resultado = numerador / denominador;
      cout << "Resultado: " << resultado << endl;
   }
   return 0;
}
```


Fundamentos de la programación

Operadores lógicos
(condiciones compuestas)

Operadores lógicos (booleanos)

Se aplican a valores `bool` (*condiciones*)

El resultado es de tipo `bool`

!	NO	Monario
&&	Y	Binario
||	O	Binario

Operadores (prioridad)
...
!
* / %
+ -
< <= > >=
== !=
&&
||

Operadores lógicos - Tablas de verdad

!	
true	false
false	true

NO (*Not*)

&&	true	false
true	true	false
false	false	false

Y (*And*)

||	true	false
true	true	true
false	true	false

O (*Or*)

```
bool cond1, cond2, resultado;
int a = 2, b = 3, c = 4;
resultado = !(a < 5);          // !(2 < 5) → !true → false
cond1 = (a * b + c) >= 12;     // 10 >= 12 → false
cond2 = (a * (b + c)) >= 12; // 14 >= 12 → true
resultado = cond1 && cond2;  // false && true → false
resultado = cond1 || cond2;  // false || true → true
```


Ejemplo

condiciones.cpp

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

int main()
{
   int num;
   cout << "Introduce un número entre 1 y 10: ";
   cin >> num;
   if ((num >= 1) && (num <= 10)) {
      cout << "Número dentro del intervalo de valores válidos";
   }
   else {
      cout << "Número no válido!";
   }
   return 0;
}
```

¡Encierra las condiciones simples entre paréntesis!

Condiciones equivalentes

```
((num >= 1) && (num <= 10))
 ((num > 0) && (num < 11))
((num >= 1) && (num < 11))
 ((num > 0) && (num <= 10))
```

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Anidamiento de `if`

Luis Hernández Yáñez

Número de días de un mes

diasmes.cpp

```
int mes, anio, dias;
cout << "Número de mes: ";
cin >> mes;
cout << "Año: ";
cin >> anio;
if (mes == 2) {
   if (bisiesto(mes, anio)) {
      dias = 29;
   }
   else {
      dias = 28;
   }
}
else {
   if ((mes == 1) || (mes == 3) || (mes == 5) || (mes == 7)
       || (mes == 8) || (mes == 10) || (mes == 12)) {
      dias = 31;
   }
   else {
      dias = 30;
   }
}
```


¿Año bisiesto?

Calendario Gregoriano: bisiesto si divisible por 4, excepto el último de cada siglo (divisible por 100), salvo que sea divisible por 400

```
bool bisiesto(int mes, int anio) {
   bool esBisiesto;
   if ((anio % 4) == 0) { // Divisible por 4
      if (((anio % 100) == 0) && ((anio % 400) != 0)) {
         // Pero último de siglo y no múltiplo de 400
         esBisiesto = false;
      }
      else {
         esBisiesto = true; // Año bisiesto
      }
   }
   else {
      esBisiesto = false;
   }
   return esBisiesto;
}
```


Asociación de cláusulas `else`

Cada `else` se asocia al `if` anterior más cercano sin asociar (mismo bloque)

```
if (condición1) {
    if (condición2) {...}
    else {...}
}
else {
    if (condición3) {
        if (condición4) {...}
        if (condición5) {...}
        else {...}
    }
    else { ...
```

Una mala sangría puede confundir

```
if (x > 0) {
   if (y > 0) {...}
else {...}
```

```
if (x > 0) {
   if (y > 0) {...}
   else {...}
```

La sangría ayuda a asociar los `else` con sus `if`

Fundamentos de la programación

Condiciones

Condiciones

- Condición simple: Expresión lógica (`true`/`false`)
  Sin operadores lógicos

```
num < 0
car == 'a'
isalpha(car)
12
```

> Compatibilidad con el lenguaje C:
> `0` es equivalente a `false`
> Cualquier valor distinto de `0` es equivalente a `true`

- Condición compuesta:
  Combinación de condiciones simples y operadores lógicos

```
!isalpha(car)
(num < 0) || (car == 'a')
(num < 0) && ((car == 'a') || !isalpha(car))
```

> No confundas el operador de igualdad (==) con el operador de asignación (=).

Evaluación perezosa

Shortcut Boolean Evaluation

`true || X` ≡ `true`

```
(n == 0) || (x >= 1.0 / n)
```

Si `n` es `0`: ¿división por cero? (segunda condición)

Como la primera sería `true`: ¡no se evalúa la segunda!

`false && X` ≡ `false`

```
(n != 0) && (x < 1.0 / n)
```

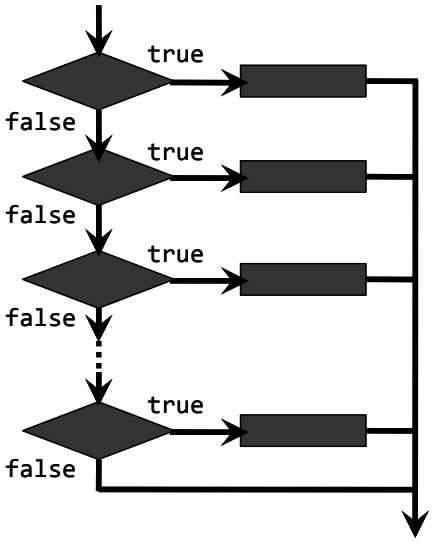
Si `n` es `0`: ¿división por cero? (segunda condición)

Como la primera sería `false`: ¡no se evalúa la segunda!

Selección múltiple

Luis Hernández Yáñez

Selección múltiple



`if-else-if`

`switch`

Luis Hernández Yáñez

La escala `if-else-if`

Luis Hernández Yáñez

Ejemplo:
Calificación (en letras)
de un estudiante en base
a su nota numérica (0-10)

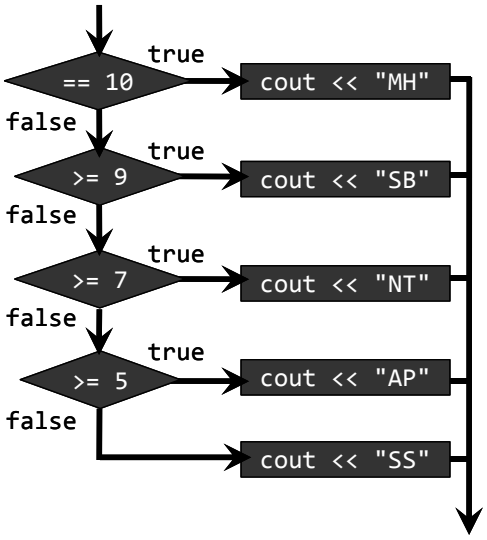
Si `nota == 10` entonces `MH`

si no, si `nota >= 9` entonces `SB`

si no, si `nota >= 7` entonces `NT`

si no, si `nota >= 5` entonces `AP`

si no `SS`



Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

La escala if-else-if

nota.cpp

```
double nota;
cin >> nota;
if (nota == 10) {
   cout << "MH";
}
else {
   if (nota >= 9) {
      cout << "SB";
   }
   else {
      if (nota >= 7) {
         cout << "NT";
      }
      else {
         if (nota >= 5) {
            cout << "AP";
         }
         else {
            cout << "SS";
         }
      }
   }
}
```

≡

```
double nota;
cin >> nota;
if (nota == 10) {
   cout << "MH";
}
else if (nota >= 9) {
   cout << "SB";
}
else if (nota >= 7) {
   cout << "NT";
}
else if (nota >= 5) {
   cout << "AP";
}
else {
   cout << "SS";
}
```

La escala if-else-if

¡Cuidado con el orden de las condiciones!

```
double nota;
cin >> nota;
if (nota < 5) { cout << "SS"; }
else if (nota < 7) { cout << "AP"; }
else if (nota < 9) { cout << "NT"; }
else if (nota < 10) { cout << "SB"; }
else { cout << "MH"; }
```

```
double nota;
cin >> nota;
if (nota >= 5) { cout << "AP"; }
else if (nota >= 7) { cout << "NT"; }
else if (nota >= 9) { cout << "SB"; }
else if (nota == 10) { cout << "MH"; }
else { cout << "SS"; }
```

¡No se ejecutan nunca!

Sólo muestra AP o SS

La escala `if-else-if`

Simplificación de las condiciones


```
if (nota == 10) { cout << "MH"; }
else if ((nota < 10) && (nota >= 9)) { cout << "SB"; }
else if ((nota < 9) && (nota >= 7)) { cout << "NT"; }
else if ((nota < 7) && (nota >= 5)) { cout << "AP"; }
else if (nota < 5)  { cout << "SS"; }
```

Siempre `true`: ramas `else`
Si no es 10, es menor que 10
Si no es >= 9, es menor que 9
Si no es >= 7, es menor que 7
...
`true && X` ≡ `X`

```
if (nota == 10) { cout << "MH"; }
else if (nota >= 9) {cout << "SB"; }
else if (nota >= 7) { cout << "NT"; }
else if (nota >= 5) { cout << "AP"; }
else { cout << "SS"; }
```


Nivel de un valor

`nivel.cpp`

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
   int num;
   cout << "Introduce el nivel: ";
   cin >> num;
   if (num == 4) {
      cout << "Muy alto" << endl;
   }
   else if (num == 3) {
      cout << "Alto" << endl;
   }
   else if (num == 2) {
      cout << "Medio" << endl;
   }
   else if (num == 1) {
      cout << "Bajo" << endl;
   }
   else {
      cout << "Valor no válido" << endl;
   }
   return 0;
}
```

Si `num == 4` entonces Muy alto
Si `num == 3` entonces Alto
Si `num == 2` entonces Medio
Si `num == 1` entonces Bajo

¿Código repetido en las distintas ramas?

```
if (num == 4) { cout << "Muy alto" << endl; }
else if (num == 3) { cout << "Alto" << endl; }
else if (num == 2) { cout << "Medio" << endl; }
else if (num == 1) { cout << "Bajo" << endl; }
else cout << "Valor no válido" << endl; }
```

```
if (num == 4) cout << "Muy alto";
else if (num == 3) cout << "Alto";
else if (num == 2) cout << "Medio";
else if (num == 1) cout << "Bajo";
else cout << "Valor no válido";
cout << endl;
```


Fundamentos de la programación

La instrucción `switch`

La instrucción switch

Selección entre valores posibles de una expresión

```
switch (expresión) {
case constante1:
   {
      código1
   }
   [break;]
case constante2:
   {
      código2
   }
   [break;]
...
case constanteN:
   {
      códigoN
   }
   [break;]
[default:
   {
      códigoDefault
   }]
}
```


La instrucción switch

nivel2.cpp

```
switch (num) {
case 4:
   {
      cout << "Muy alto";
   }
   break;
case 3:
   {
      cout << "Alto";
   }
   break;
case 2:
   {
      cout << "Medio";
   }
   break;
case 1:
   {
      cout << "Bajo";
   }
   break;
default:
   {
      cout << "Valor no válido";
   }
}
```

Si num == 4 → Muy alto
Si num == 3 → Alto
Si num == 2 → Medio
Si num == 1 → Bajo

La instrucción break

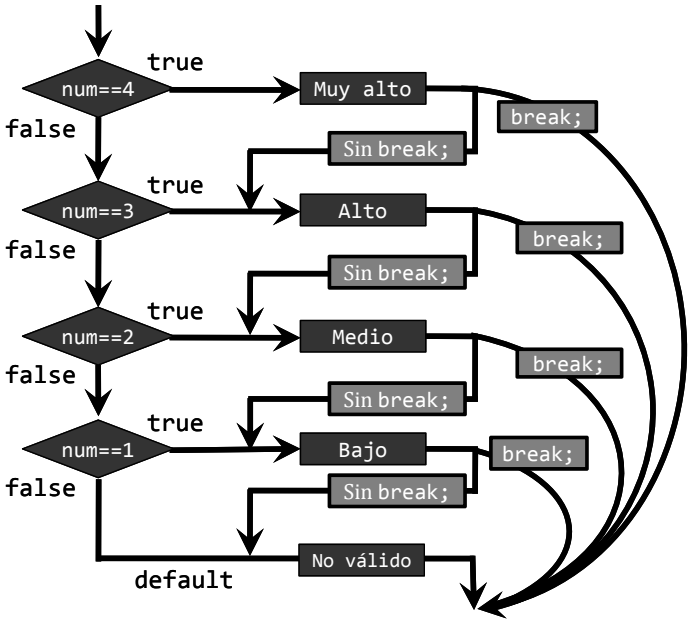
Interrumpe el `switch`; continúa en la instrucción que le siga

```
switch (num) {
...
case 3:
   {
      cout << "Alto";
   }
   break;
case 2:
   {
      cout << "Medio";
   }
   break;
...
}
```

La instrucción break

```
switch (num) {
...
case 3:
   {
      cout << "Alto";
   }
case 2:
   {
      cout << "Medio";
   }
case 1:
   {
      cout << "Bajo";
   }
default:
   {
      cout << "Valor no válido";
   }
}
```

Con y sin break



Un menú

```
int menu() {
   int op = -1; // Cualquiera no válida

   while ((op < 0) || (op > 4)) {
      cout << "1 - Nuevo cliente" << endl;
      cout << "2 - Editar cliente" << endl;
      cout << "3 - Baja cliente" << endl;
      cout << "4 - Ver cliente" << endl;
      cout << "0 - Salir" << endl;
      cout << "Opción: ";
      cin >> op;

      if ((op < 0) || (op > 4)) {
         cout << "¡Opción no válida!" << endl;
      }
   }

   return op;
}
```


Un menú

```
int opcion;
...
opcion = menu();
switch (opcion) {
case 1:
   {
      cout << "En la opción 1..." << endl;
   }
   break;
case 2:
   {
      cout << "En la opción 2..." << endl;
   }
   break;
case 3:
   {
      cout << "En la opción 3..." << endl;
   }
   break;
case 4:
   {
      cout << "En la opción 4..." << endl;
   } // En la última no necesitamos break
}
```


El menú con su bucle...

```
int opcion;
...
opcion = menu();
while (opcion != 0) {
   switch (opcion) {
   case 1:
      {
         cout << "En la opción 1..." << endl;
      }
      break;
   ...
   case 4:
      {
         cout << "En la opción 4..." << endl;
      }
   } // switch
   ...
   opcion = menu();
} // while
```


Casos múltiples

nota2.cpp

```
int nota; // Sin decimales
cout << "Nota (0-10): ";
cin >> nota;
switch (nota) {
case  0:
case  1:
case  2:
case  3:
case  4:
   {
      cout << "Suspenso";
   }
   break; // De 0 a 4: SS
case  5:
case  6:
   {
      cout << "Aprobado";
   }
   break; // 5 o 6: AP
case  7:
case  8:
   {
      cout << "Notable";
   }
   break; // 7 u 8: NT
case  9:
case 10:
   {
      cout << "Sobresaliente";
   }
   break; // 9 o 10: SB
default:
   {
      cout << "¡No válida!";
   }
}
```

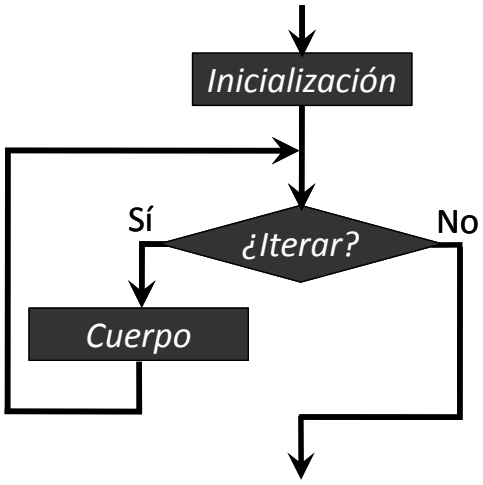

Escritura de variables de tipos enumerados

```
typedef enum { enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio,
   julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre }
tMes;
tMes mes;
...
switch (mes) {
case enero:
   {
      cout << "enero";
   }
   break;
case febrero:
   {
      cout << "febrero";
   }
   break;
...
case diciembre:
   {
       cout << "diciembre";
   }
}
```


Repetición

Luis Hernández Yáñez

Repetición (iteración)



Bucles `while` y `for`

Luis Hernández Yáñez

Tipos de bucles

- ✓ Número de iteraciones condicionado (*recorrido variable*):
  - Bucle `while`

    `while (`*`condición`*`)` *`cuerpo`*

    Ejecuta el *`cuerpo`* mientras la *`condición`* sea `true`
  - Bucle `do-while`

    Comprueba la condición al final (lo veremos más adelante)
- ✓ Número de iteraciones prefijado (*recorrido fijo*):
  - Bucle `for`

    `for (`*`inicialización`*`;` *`condición`*`;` *`paso`*`)` *`cuerpo`*

    Ejecuta el *`cuerpo`* mientras la *`condición`* sea `true`

    Se usa una variable contadora entera

Fundamentos de la programación

El bucle `while`

El bucle `while`

`while.cpp`

Mientras la condición sea cierta, ejecuta el cuerpo

```
while (condición) {
   cuerpo
}
```

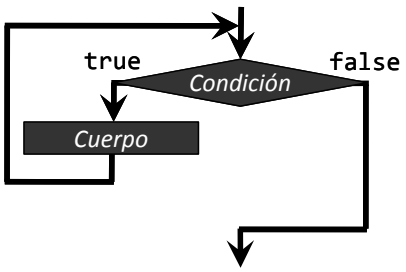
Condición al principio del bucle

```
int i = 1; // Inicialización de la variable i
while (i <= 100) {
   cout << i << endl;
   i++;
}
```

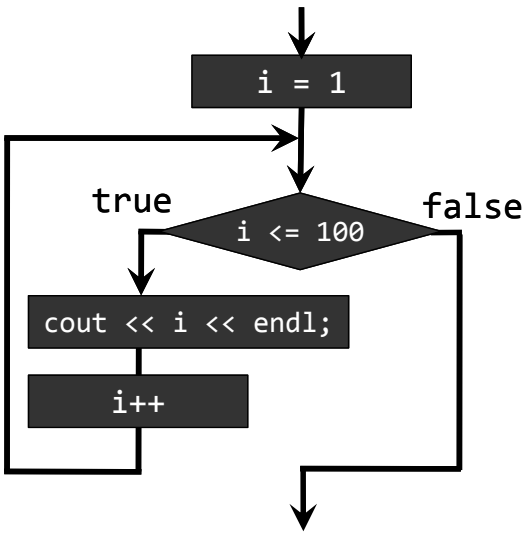
Muestra los números del 1 al 100

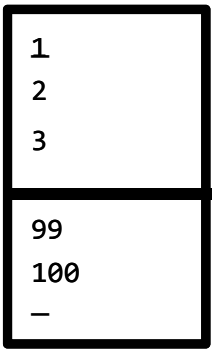
Ejecución del bucle `while`

```
int i = 1;
while (i <= 100) {
   cout << i << endl;
   i++;
}
```



i 101





El bucle `while`

¿Y si la condición es falsa al comenzar?

No se ejecuta el cuerpo del bucle ninguna vez

```
int op;
cout << "Introduce la opción: ";
cin >> op;
while ((op < 0) || (op > 4)) {
   cout << "¡No válida! Inténtalo otra vez" << endl;
   cout << "Introduce la opción: ";
   cin >> op;
}
```

Si el usuario introduce un número entre 0 y 4:

No se ejecuta el cuerpo del bucle

Ejemplo de bucle `while`

`primero.cpp`

Primer entero cuyo cuadrado es mayor que 1.000

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

int main() {
   int num = 1;

   while (num * num <= 1000) {
      num++;
   }

   cout << "1er. entero con cuadrado mayor que 1.000: "
        << num << endl;

   return 0;
}
```

¡Ejecuta el programa para saber cuál es ese número!

← Empezamos en 1

← Incrementamos en 1

Recorre la *secuencia* de números 1, 2, 3, 4, 5, ...

Suma y media de números

sumamedia.cpp

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
   double num, suma = 0, media = 0;
   int cont = 0;
   cout << "Introduce un número (0 para terminar): ";
   cin >> num;
   while (num != 0) { // 0 para terminar
      suma = suma + num;
      cont++;
      cout << "Introduce un número (0 para terminar): ";
      cin >> num;
   }
   if (cont > 0) {
      media = suma / cont;
   }
   cout << "Suma = " << suma << endl;
   cout << "Media = " << media << endl;
   return 0;
}
```

Recorre la *secuencia* de números introducidos

← Leemos el primero

← Leemos el siguiente

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

El bucle for

Luis Hernández Yáñez

Bucle for

Número de iteraciones prefijado

Variable contadora que determina el número de iteraciones:

`for ([int] var = ini; condición; paso) cuerpo`

La *condición* compara el valor de *var* con un valor final

El *paso* incrementa o decrementa el valor de *var*

El valor de *var* debe ir aproximándose al valor final

```
for (int i = 1; i <= 100; i++)...  1, 2, 3, 4, 5, ..., 100
for (int i = 100; i >= 1; i--)...  100, 99, 98, 97, ..., 1
```

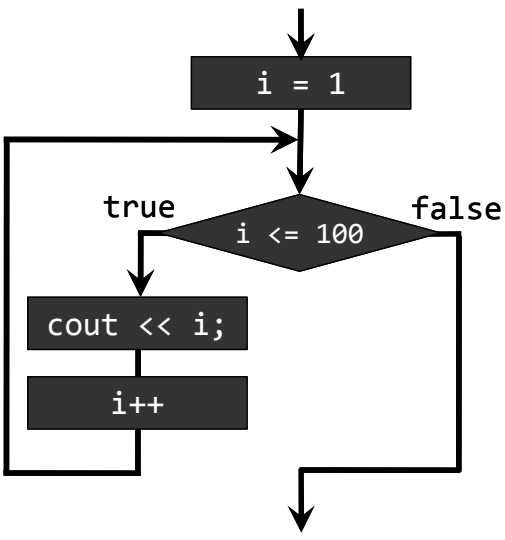
Tantos ciclos como valores toma la variable contadora

Luis Hernández Yáñez

Ejecución del bucle for

`for (inicialización; condición; paso) cuerpo`

```
for (int i = 1; i <= 100; i++) {
   cout << i;
}
```



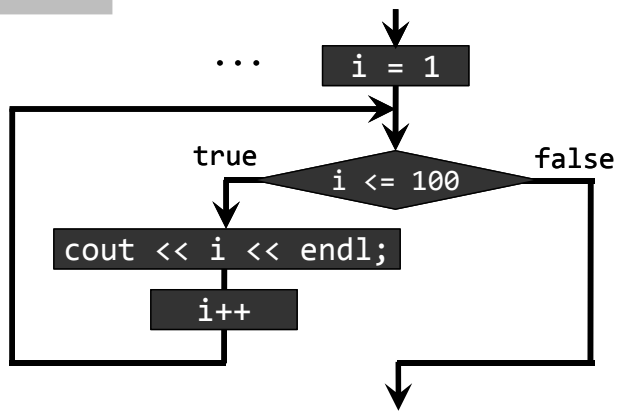
Luis Hernández Yáñez

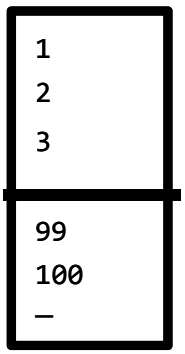
Ejecución del bucle for

for1.cpp

```
for (int i = 1; i <= 100; i++) {
   cout << i << endl;
}
```

i 101





Bucle for

La variable contadora

for2.cpp

El *paso* no tiene porqué ir de uno en uno:

```
for (int i = 1; i <= 100; i = i + 2)
   cout << i << endl;
```

Este bucle `for` muestra los números impares de 1 a 99

Muy importante
El cuerpo del bucle NUNCA debe alterar el valor del contador

Garantía de terminación

Todo bucle debe terminar su ejecución

Bucles `for`: la variable contadora debe converger al valor final

Ejemplo de bucle for

suma.cpp

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

long long int suma(int n);

int main() {
   int num;
   cout << "Número final: ";
   cin >> num;
   if (num > 0) { // El número debe ser positivo
      cout << "La suma de los números entre 1 y "
           << num << " es: " << suma(num);
   }
   return 0;
}

long long int suma(int n) {
   long long int total = 0;
   for (int i = 1; i <= n; i++) {
      total = total + i;
   }
   return total;
}
```

$$\sum_{i=1}^{N} i$$

Recorre la *secuencia* de números
1, 2, 3, 4, 5, ..., *n*

Bucle for

¿Incremento/decremento prefijo o postfijo?

Es indiferente

Estos dos bucles producen el mismo resultado:

```
for (int i = 1; i <= 100; i++) ...
```

```
for (int i = 1; i <= 100; ++i) ...
```

Bucles infinitos

```
for (int i = 1; i <= 100; i--) ...
```

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

Cada vez más lejos del valor final (100)

Es un error de diseño/programación

Ámbito de la variable contadora

Declarada en el propio bucle

```
for (int i = 1; ...)
```

Sólo se conoce en el cuerpo del bucle (su ámbito)

No se puede usar en instrucciones que sigan al bucle

Declarada antes del bucle

```
int i;
for (i = 1; ...)
```

Se conoce en el cuerpo del bucle y después del mismo

Ámbito externo al bucle

Bucle `for` *versus* bucle `while`

Los bucles `for` se pueden reescribir como bucles condicionados

```
for (int i = 1; i <= 100; i++) cuerpo
```

Es equivalente a:

```
int i = 1;
while (i <= 100) {
   cuerpo
   i++;
}
```

La inversa no es siempre posible:

```
int i;
cin >> i;
while (i != 0) {
   cuerpo
   cin >> i;
}
```

¿Bucle `for` *equivalente?*

¡No sabemos cuántos números introducirá el usuario!

Bucles anidados

Luis Hernández Yáñez

Bucles `for` anidados

Un bucle `for` en el cuerpo de otro bucle `for`

Cada uno con su propia variable contadora:

```
for (int i = 1; i <= 100; i++) {
   for (int j = 1; j <= 5; j++) {
      cuerpo
   }
}
```

Para cada valor de `i`
el valor de `j` varía entre `1` y `5`

`j` *varía más rápido* que `i`

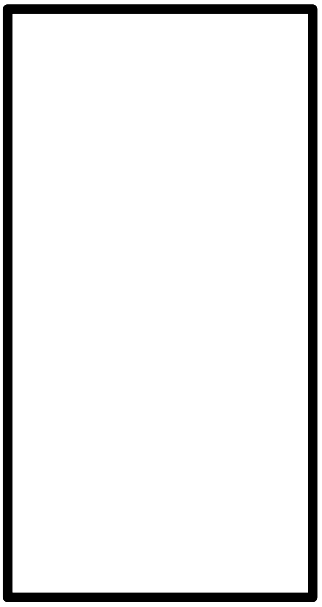
```
i     j
1     1
1     2
1     3
1     4
1     5
2     1
2     2
2     3
2     4
2     5
3     1
  ...
```

Luis Hernández Yáñez

Tablas de multiplicación

tablas.cpp

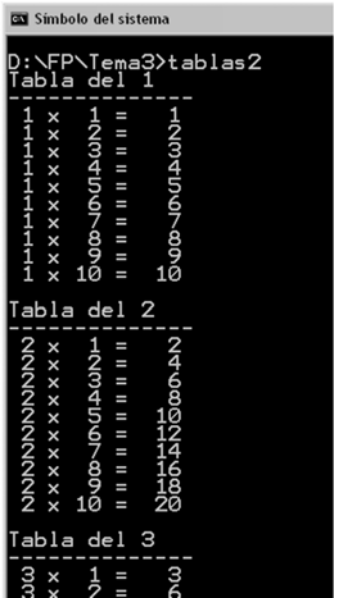
```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <iomanip>

int main() {
   for (int i = 1; i <= 10; i++) {
      for (int j = 1; j <= 10; j++) {
         cout << setw(2) << i << " x "
            << setw(2) << j << " = "
            << setw(3) << i * j << endl;
      }
   }

   return 0;
}
```



Mejor presentación

tablas2.cpp

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

int main() {
   for (int i = 1; i <= 10; i++) {
      cout << "Tabla del " << i << endl;
      cout << "--------------" << endl;
      for (int j = 1; j <= 10; j++) {
         cout << setw(2) << i << " x "
            << setw(2) << j << " = "
            << setw(3) << i * j << endl;
      }
      cout << endl;
   }

   return 0;
}
```



Más bucles anidados

menú.cpp

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

int menu(); // 1: Tablas de multiplicación; 2: Sumatorio
long long int suma(int n); // Sumatorio

int main() {
   int opcion = menu();
   while (opcion != 0) {
      switch (opcion) {
      case 1:
         {
            for (int i = 1; i <= 10; i++) {
               for (int j = 1; j <= 10; j++) {
                  cout << setw(2) << i << " x "
                     << setw(2) << j << " = "
                     << setw(3) << i * j << endl;
               }
            }
         }
         break; ...
```


Más bucles anidados

```
      case 2:
         {
            int num = 0;
            while (num <= 0) {
               cout << "Hasta (positivo)? ";
               cin >> num;
            }
            cout << "La suma de los números del 1 al "
                 << num << " es: " << suma(num) << endl;
         }
      } // switch
      opcion = menu();
   } // while (opcion != 0)
   return 0;
}
```


Más bucles anidados

```
int menu() {
   int op = -1;
   while ((op < 0) || (op > 2)) {
      cout << "1 - Tablas de multiplicar" << endl;
      cout << "2 - Sumatorio" << endl;
      cout << "0 - Salir" << endl;
      cout << "Opción: " << endl;
      cin >> op;
      if ((op < 0) || (op > 2)) {
         cout << "¡Opción no válida!" << endl;
      }
   }
   return op;
}
long long int suma(int n) {
   long long int total = 0;
   for (int i = 1; i <= n; i++) {
      total = total + i;
   }
   return total;
}
```


Ambos tipos de bucles anidados

```
while (opcion != 0) {
   ...
      for (int i = 1; i <= 10; i++) {
         for (int j = 1; j <= 10; j++) {
            ...
         }
      }
      while (num <= 0) {
         ...
      }                                  suma()
      for (int i = 1; i <= n; i++) {
         ...
      }
   while ((op < 0) || (op > 2)) {
      ...
   }                                     menu()
}
```


Ámbito y visibilidad

Luis Hernández Yáñez

Ámbito de los identificadores

Cada bloque crea un nuevo ámbito:

```
int main() {
   double d = -1, suma = 0;
   int cont = 0;
   while (d != 0) {
      cin >> d;
      if (d != 0) {
         suma = suma + d;
         cont++;
      }
   }
   cout << "Suma = " << suma << endl;
   cout << "Media = " << suma / cont << endl;
   return 0;
}
```

3 ámbitos anidados

Luis Hernández Yáñez

Ámbito de los identificadores

Un identificador se conoce
en el ámbito en el que está declarado
(a partir de su instrucción de declaración)
y en los subámbitos posteriores

Luis Hernández Yáñez

Ámbito de los identificadores

```
int main() {
   double d;
   if (...) {
      int cont = 0;
      for (int i = 0; i <= 10; i++) {
         ...
      }
   }
   char c;
   if (...) {
      double x;
      ...
   }
   return 0;
}
```

Ámbito de la variable d

Luis Hernández Yáñez

Ámbito de los identificadores

```
int main() {
   double d;
   if (...) {
      int cont = 0;
      for (int i = 0; i <= 10; i++) {
         ...
      }
   }
   char c;
   if (...) {
      double x;
      ...
   }
   return 0;
}
```

Ámbito de la variable cont

Ámbito de los identificadores

```
int main() {
   double d;
   if (...) {
      int cont = 0;
      for (int i = 0; i <= 10; i++) {
         ...
      }
   }
   char c;
   if (...) {
      double x;
      ...
   }
   return 0;
}
```

Ámbito de la variable i

Ámbito de los identificadores

```
int main() {
   double d;
   if (...) {
      int cont = 0;
      for (int i = 0; i <= 10; i++) {
         ...
      }
   }
   char c;
   if (...) {
      double x;
      ...
   }
   return 0;
}
```

Ámbito de la variable c

Luis Hernández Yáñez

Ámbito de los identificadores

```
int main() {
   double d;
   if (...) {
      int cont = 0;
      for (int i = 0; i <= 10; i++) {
         ...
      }
   }
   char c;
   if (...) {
      double x;
      ...
   }
   return 0;
}
```

Ámbito de la variable x

Luis Hernández Yáñez

Visibilidad de los identificadores

Si en un subámbito se declara
un identificador con idéntico nombre
que uno ya declarado en el ámbito,
el del subámbito *oculta* al del ámbito
(no es visible)

Luis Hernández Yáñez

Visibilidad de los identificadores

```
int main() {
   int i, x;
   if (...) {
      int i = 0;
      for(int i = 0; i <= 10; i++) {
         ...
      }
   }
   char c;
   if (...) {
      double x;
      ...
   }
   return 0;
}
```

Oculta , en su ámbito, a la `i` anterior

Oculta , en su ámbito, a la `i` anterior

Oculta , en su ámbito, a la `x` anterior

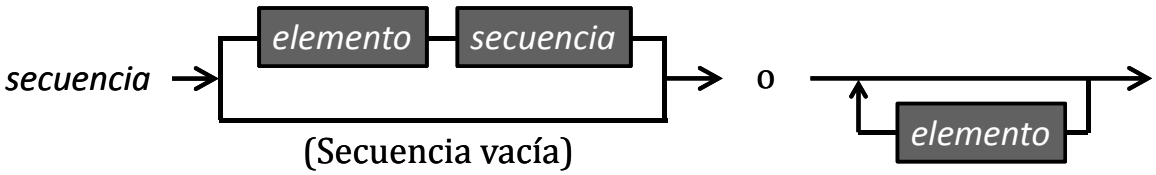
Luis Hernández Yáñez

Secuencias

Luis Hernández Yáñez

Secuencias

Sucesión de elementos de un mismo tipo que se acceden linealmente



1 34 12 26 4 87 184 52

- Comienza en un *primer* elemento (si no está vacía)
- A cada elemento le sigue otra secuencia (vacía, si es el *último*)
- *Acceso secuencial (lineal)*
- Se comienza siempre accediendo al primer elemento
- Desde un elemento sólo se puede acceder a su elemento siguiente (*sucesor*), si es que existe
- Todos los elementos, de un mismo tipo

Luis Hernández Yáñez

Secuencias en programación

No tratamos secuencias infinitas: siempre hay un último elemento

- ✓ Secuencias explícitas:
  - Sucesión de datos de un dispositivo (teclado, disco, sensor, ...)
- ✓ Secuencias calculadas:
  - Fórmula de recurrencia que determina el elemento siguiente
- ✓ Listas (*más adelante*)

Secuencias explícitas que manejaremos:

Datos introducidos por el teclado o leídos de un archivo

Con un elemento especial al final de la secuencia (*centinela*)

```
1 34 12 26 4 87 184 52 -1
```


Detección del final de la secuencia

- ✓ Secuencia explícita leída de archivo:
  - Detectar la marca de final de archivo (`Eof` - *End of file*)
  - Detectar un valor centinela al final ←
- ✓ Secuencia explícita leída del teclado:
  - Preguntar al usuario si quiere introducir un nuevo dato
  - Preguntar al usuario primero cuántos datos va a introducir
  - Detectar un valor centinela al final ←

Valor *centinela*:

Valor especial al final que no puede darse en la secuencia
(Secuencia de números positivos → centinela: cualquier negativo)

```
                                                    ↓
  12  4  37  23  8  19  83  63  2  35  17  76  15  -1
```


Centinelas

Debe haber algún valor que no sea un elemento válido

Secuencias numéricas:

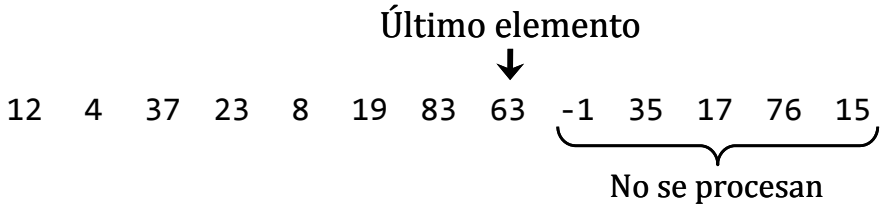
Si se permite cualquier número, no hay centinela posible

Cadenas de caracteres:

¿Caracteres especiales (no imprimibles)?

En realidad el valor centinela es parte de la secuencia, pero su significado es especial y no se procesa como el resto

Significa que se ha alcanzado el final de la secuencia (*Incluso aunque haya elementos posteriores*)



Esquemas de tratamiento de secuencias

Tratamiento de los elementos uno a uno desde el primero

Recorrido

Un mismo tratamiento para todos los elementos de la secuencia

Ej.- Mostrar los elementos de una secuencia, sumar los números de una secuencia, ¿par o impar cada número de una secuencia?, ...

Termina al llegar al final de la secuencia

Búsqueda

Recorrido de la secuencia hasta encontrar un elemento buscado

Ej.- Localizar el primer número que sea mayor que 1.000

Termina al localizar el primer elemento que cumple la condición o al llegar al final de la secuencia (*no encontrado*)

Recorrido de secuencias

Luis Hernández Yáñez

Esquema de recorrido

Un mismo tratamiento a todos los elementos

Inicialización

Mientras no se llegue al final de la secuencia:

Obtener el siguiente elemento

Procesar el elemento

Finalización

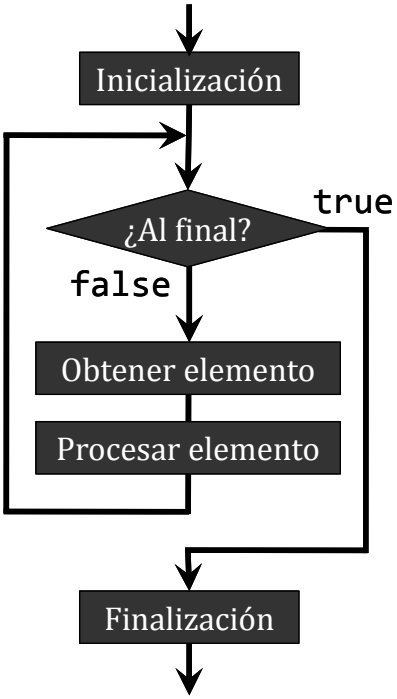
Al empezar se obtiene el primer elemento de la secuencia

En los siguientes pasos del bucle se van obteniendo los siguientes elementos de la secuencia

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Esquema de recorrido



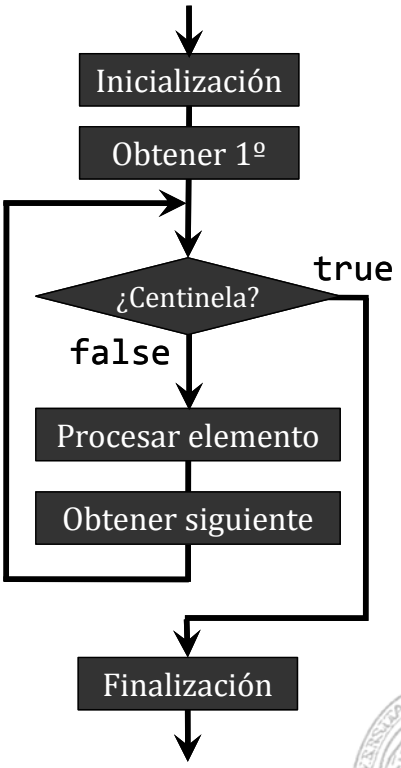
No sabemos cuántos elementos hay
→ No podemos implementar con `for`

Luis Hernández Yáñez

Secuencias explícitas con centinela

Implementación con `while`

Inicialización
Obtener el primer elemento
Mientras no sea el centinela:
    Procesar el elemento
    Obtener el siguiente elemento
Finalización



Luis Hernández Yáñez

Secuencias explícitas leídas del teclado

Secuencia de números positivos

Siempre se realiza al menos una lectura
Centinela: `-1`

```
double d, suma = 0;
cout << "Valor (-1 termina): ";
cin >> d;
while (d != -1) {
   suma = suma + d;
   cout << "Valor (-1 termina): ";
   cin >> d;
}
cout << "Suma = " << suma << endl;
```

Inicialización
Primer elemento
Mientras no el centinela
Procesar elemento
Siguiente elemento
Finalización

Secuencias explícitas leídas del teclado

Longitud de una secuencia de caracteres

`longitud.cpp`

Centinela: carácter punto (`.`)

```
int longitud() {
   int l = 0;
   char c;
   cout << "Texto terminado en punto: ";
   cin >> c;           // Obtener primer carácter
   while (c != '.') { // Mientras no el centinela
      l++;             // Procesar
      cin >> c;        // Obtener siguiente carácter
   }
   return l;
}
```


Secuencias explícitas leídas del teclado

¿Cuántas veces aparece un carácter en una cadena?

Centinela: asterisco (*)

cont.cpp

```
char buscado, c;
int cont = 0;
cout << "Carácter a buscar: ";
cin >> buscado;
cout << "Cadena: ";
cin >> c;                          ── Primer elemento
while (c != '*') {                 ── Mientras no el centinela
   if (c == buscado) {
      cont++;                      } Procesar elemento
   }
   cin >> c;                       ── Siguiente elemento
}
cout << buscado << " aparece " << cont
     << " veces.";
```


Secuencias explícitas leídas de archivo

Suma de los números de la secuencia

suma2.cpp

Centinela: `0`

```
int sumaSecuencia() {
   double d, suma = 0;
   ifstream archivo; // Archivo de entrada (lectura)
   archivo.open("datos.txt");
   if (archivo.is_open()) {
      archivo >> d; // Obtener el primero
      while (d != 0) { // Mientras no sea el centinela
         suma = suma + d; // Procesar el dato
         archivo >> d; // Obtener el siguiente
      }
      archivo.close();
   }
   return suma;
}
```


Secuencias calculadas

Luis Hernández Yáñez

Secuencias calculadas

sumatorio.cpp

Recurrencia: $e_{i+1} = e_i + 1$ $e_1 = 1$

1 2 3 4 5 6 7 8 ...

Suma de los números de la secuencia calculada:

$$\sum_{i=1}^{N} i$$

```
int main() {
   int num;
   cout << "N = ";
   cin >> num;
   cout << "Sumatorio:" << suma(num);
   return 0;
}
long long int suma(int n) {
   int sumatorio = 0;
   for (int i = 1; i <= n; i++) {
      sumatorio = sumatorio + i;
   }
   return sumatorio;
}
```

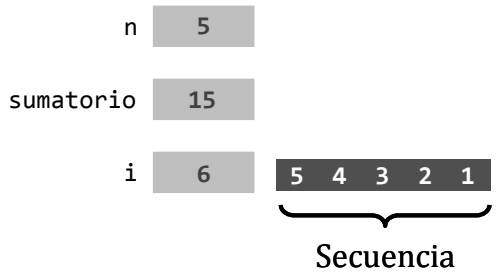
Último elemento de la secuencia: n

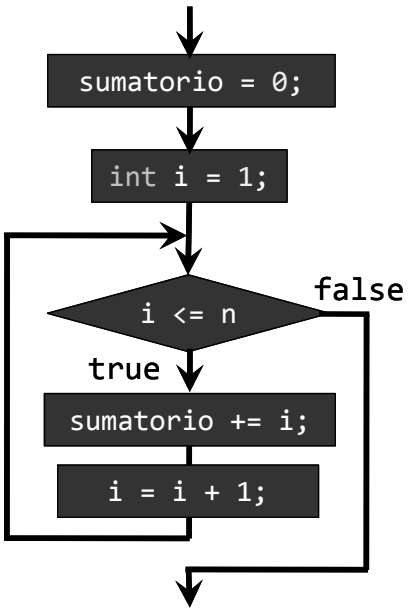
Luis Hernández Yáñez

Suma de una secuencia calculada

```
long long int suma(int n) {
   int sumatorio = 0;
   for (int i = 1; i <= n; i++) {
      sumatorio = sumatorio + i;
   }
   ...
```

$$\sum_{i=1}^{N} i$$





Números de Fibonacci

Definición

$F_i = F_{i-1} + F_{i-2}$

$F_1 = 0$

$F_2 = 1$

`0 1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 ...`

¿Fin de la secuencia?

Primer número de Fibonacci mayor que un número dado

Ese número de Fibonacci actúa como centinela

Si `num` es `50`, la secuencia será:

`0 1 1 2 3 5 8 13 21 34`

Números de Fibonacci

fibonacci.cpp

Recorrido de la secuencia calculada

```
int num, fib, fibMenos2 = 0, fibMenos1 = 1; // 1º y 2º
fib = fibMenos2 + fibMenos1; // Calculamos el tercero
cout << "Hasta: ";
cin >> num;
if (num >= 1) { // Ha de ser entero positivo
   cout << "0 1 "; // Los dos primeros son <= num
   while (fib <= num) { // Mientras no mayor que num
      cout << fib << " ";
      fibMenos2 = fibMenos1; // Actualizamos anteriores
      fibMenos1 = fib; // para obtener...
      fib = fibMenos2 + fibMenos1; // ... el siguiente
   }
}
```

¿Demasiados comentarios?
Para no oscurecer el código, mejor una explicación al principio

Números de Fibonacci

El bucle calcula adecuadamente la secuencia:

```
→ while (fib <= num) {
→    cout << fib << " ";
→    fibMenos2 = fibMenos1;
→    fibMenos1 = fib;
→    fib = fibMenos2 + fibMenos1;
   }
```

num	100
fib	5
fibMenos1	3
fibMenos2	2

0 1 1 2 3 5...

Búsqueda en secuencias

Luis Hernández Yáñez

Esquema de búsqueda

Localización del primer elemento con una propiedad

Inicialización

Mientras no se encuentre el elemento
y no se esté al final de la secuencia:

Obtener el siguiente elemento

Comprobar si el elemento satisface la condición

Finalización
(tratar el elemento encontrado o indicar que no se ha encontrado)

Elemento que se busca: satisfará una condición

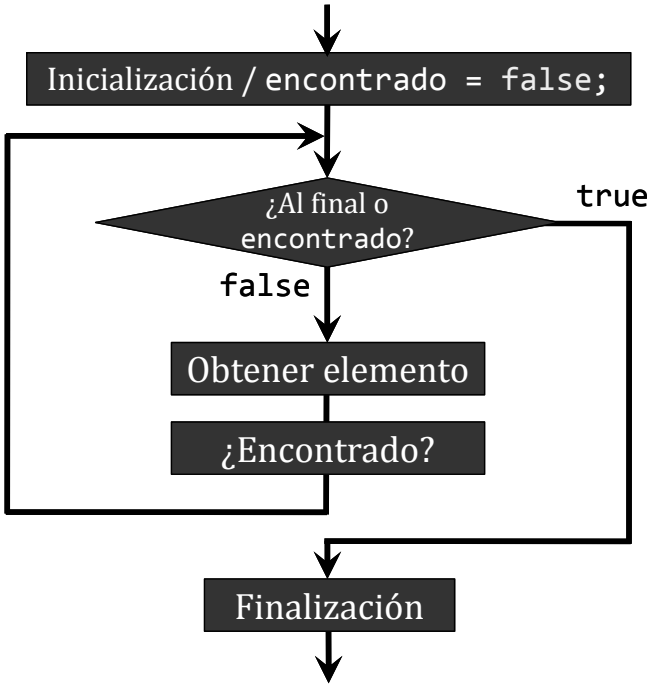
Dos condiciones de terminación del bucle: se encuentra / al final

Variable lógica que indique si se ha encontrado

Luis Hernández Yáñez

Esquema de búsqueda

Localización del primer elemento con una propiedad

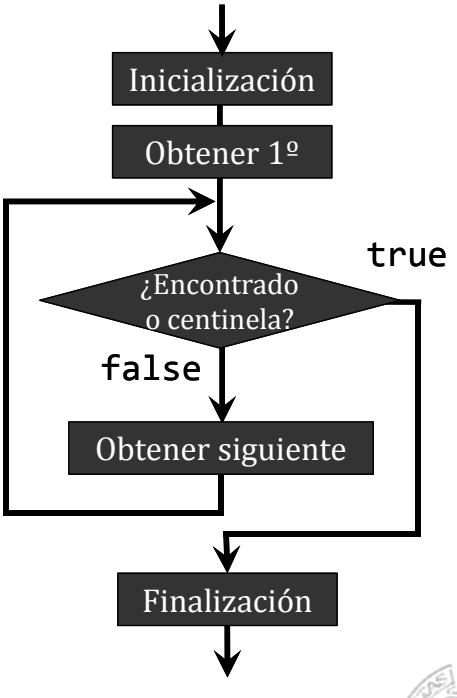


Luis Hernández Yáñez

Secuencias explícitas con centinela

Implementación con `while`

Inicialización
Obtener el primer elemento
Mientras ni encontrado ni el centinela:
    Obtener el siguiente elemento
Finalización (¿encontrado?)



Luis Hernández Yáñez

Secuencias explícitas leídas del teclado

Primer número mayor que uno dado

busca.cpp

Centinela: -1

```
double d, num;
bool encontrado = false;
cout << "Encontrar primero mayor que: ";
cin >> num;
cout << "Siguiente (-1 para terminar): ";
cin >> d; // Obtener el primer elemento
while ((d != -1) && !encontrado) {
// Mientras no sea el centinela y no se encuentre
   if (d > num) { // ¿Encontrado?
      encontrado = true;
   }
   else {
      cout << "Siguiente (-1 para terminar): ";
      cin >> d; // Obtener el siguiente elemento
   }
}
```


Fundamentos de la programación

Arrays de tipos simples

Arrays

Colecciones homogéneas

Un mismo tipo de dato para varios elementos:

- ✓ Notas de los estudiantes de una clase
- ✓ Ventas de cada día de la semana
- ✓ Temperaturas de cada día del mes

...

En lugar de declarar *N* variables...

vLun	vMar	vMie	vJue	vVie	vSab	vDom
125.40	76.95	328.80	254.62	435.00	164.29	0.00

... declaramos una tabla de *N* valores:

ventas	125.40	76.95	328.80	254.62	435.00	164.29	0.00
Índices →	0	1	2	3	4	5	6

Arrays

Estructura secuencial

Cada elemento se encuentra en una posición (*índice*):

- ✓ Los índices son enteros positivos
- ✓ El índice del primer elemento siempre es 0
- ✓ Los índices se incrementan de uno en uno

ventas	125.40	76.95	328.80	254.62	435.00	164.29	0.00
	0	1	2	3	4	5	6

Acceso directo

A cada elemento se accede a través de su índice:

`ventas[4]` accede al 5º elemento (contiene el valor `435.00`)

```
cout << ventas[4];
ventas[4] = 442.75;
```

Datos de un mismo tipo base:
Se usan como cualquier variable

Tipos arrays

Declaración de tipos de arrays

```
typedef tipo_base nombre_tipo[tamaño];
```

Ejemplos:

```
typedef double tTemp[7];
typedef short int tDiasMes[12];
typedef char tVocales[5];
typedef double tVentas[31];
typedef tMoneda tCalderilla[15]; // Enumerado tMoneda
```

Recuerda: Adoptamos el convenio de comenzar los nombres de tipo con una `t` minúscula, seguida de una o varias palabras, cada una con su inicial en mayúscula

Variables arrays

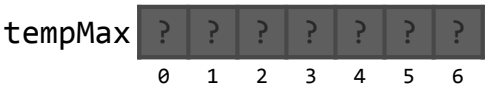
Declaración de variables arrays

```
tipo nombre;
```

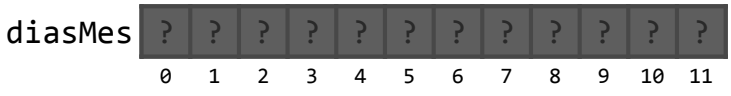
```
typedef double tTemp[7];
typedef short int tDiasMes[12];
typedef char tVocales[5];
typedef double tVentas[31];
```

Ejemplos:

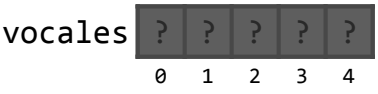
```
tTemp tempMax;
```



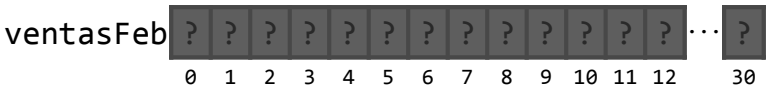

```
tDiasMes diasMes;
```




```
tVocales vocales;
```




```
tVentas ventasFeb;
```



NO se inicializan los elementos automáticamente

Uso de variables arrays

Luis Hernández Yáñez

Acceso a los elementos de un array

nombre[*índice*]

Cada elemento se accede a través de su índice (posición en el array)

```
tVocales vocales;
```

```
typedef char tVocales[5];
```

5 elementos, índices de 0 a 4:

`vocales[0]` `vocales[1]` `vocales[2]` `vocales[3]` `vocales[4]`

Procesamiento de cada elemento:

Como cualquier otra variable del tipo base

```
cout << vocales[4];
vocales[3] = 'o';
if (vocales[i] == 'e') ...
```

Luis Hernández Yáñez

Acceso a los elementos de un array

¡IMPORTANTE!

¡No se comprueba si el índice es correcto!

¡Es responsabilidad del programador!

```
const int Dim = 100;
typedef double tVentas[Dim];
tVentas ventas;
```

Índices válidos: enteros entre 0 y Dim-1

`ventas[0]  ventas[1]  ventas[2] ... ventas[98]  ventas[99]`

¿Qué es `ventas[100]`? ¿O `ventas[-1]`? ¿O `ventas[132]`?

¡Memoria de alguna otra variable del programa!


Define los tamaños de los arrays con constantes

Fundamentos de la programación

Recorrido de arrays

Recorrido de arrays

Arrays: tamaño fijo → Bucle de recorrido fijo (`for`)

Ejemplo: Media de un array de temperaturas

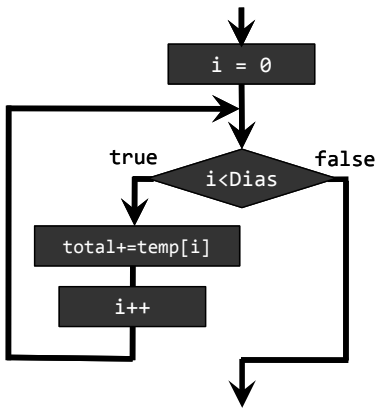
```
const int Dias = 7;
typedef double tTemp[Dias];
tTemp temp;
double media, total = 0;
...
for (int i = 0; i < Dias; i++) {
   total = total + temp[i];
}
media = total / Dias;
```

Luis Hernández Yáñez

Recorrido de arrays

12.40	10.96	8.43	11.65	13.70	13.41	14.07
0	1	2	3	4	5	6

```
tTemp temp;
double media, total = 0;
...
for (int i = 0; i < Dias; i++) {
   total = total + temp[i];
}
```



Memoria

Dias	7
temp[0]	12.40
temp[1]	10.96
temp[2]	8.43
temp[3]	11.65
temp[4]	13.70
temp[5]	13.41
temp[6]	14.07
media	?
total	84.62
i	7

Luis Hernández Yáñez

Recorrido de arrays

mediatemp.cpp

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

const int Dias = 7;
typedef double tTemp[Dias];

double media(const tTemp temp);

int main() {
   tTemp temp;
   for (int i = 0; i < Dias; i++) { // Recorrido del array
      cout << "Temperatura del día " << i + 1 << ": ";
      cin >> temp[i];
   }
   cout << "Temperatura media: " << media(temp) << endl;
   return 0;
}
...
```

Los usuarios usan de 1 a 7 para numerar los días
La interfaz debe aproximarse a los usuarios, aunque internamente se usen los índices de 0 a 6

Luis Hernández Yáñez

Recorrido de arrays

```
double media(const tTemp temp) {
   double med, total = 0;

   for (int i = 0; i < Dias; i++) { // Recorrido del array
      total = total + temp[i];
   }
   med = total / Dias;

   return med;
}
```

Los arrays se pasan a las funciones como constantes
Las funciones no pueden devolver arrays

Luis Hernández Yáñez

Arrays de tipos enumerados

```
const int Cuantas = 15;
typedef enum { centimo, dos_centimos, cinco_centimos,
   diez_centimos, veinte_centimos, medio_euro, euro } tMoneda;
typedef tMoneda tCalderilla[Cuantas];
string aCadena(tMoneda moneda);
// Devuelve la cadena correspondiente al valor de moneda

tCalderilla bolsillo; // Exactamente llevo Cuantas monedas
bolsillo[0] = euro;
bolsillo[1] = cinco_centimos;
bolsillo[2] = medio_euro;
bolsillo[3] = euro;
bolsillo[4] = centimo;
...
for (int moneda = 0; moneda < Cuantas; moneda++)
   cout << aCadena(bolsillo[moneda]) << endl;
```


Fundamentos de la programación

Búsqueda en arrays

Búsqueda en arrays

buscaarray.cpp

¿Qué día las ventas superaron los 1.000 €?

```
const int Dias = 365; // Año no bisiesto
typedef double tVentas[Dias];

int busca(const tVentas ventas) {
// Índice del primer elemento mayor que 1000 (-1 si no hay)
   bool encontrado = false;
   int ind = 0;
   while ((ind < Dias) && !encontrado) { // Esquema de búsqueda
      if (ventas[ind] > 1000) {
         encontrado = true;
      }
      else {
         ind++;
      }
   }
   if (!encontrado) {
      ind = -1;
   }
   return ind;
}
```


Fundamentos de la programación

Capacidad y copia de arrays

Capacidad de los arrays

La capacidad de un array no puede ser alterada en la ejecución

El tamaño de un array es una decisión de diseño:

- ✓ En ocasiones será fácil (días de la semana)
- ✓ Cuando pueda variar ha de estimarse un tamaño
  Ni corto ni con mucho desperdicio (posiciones sin usar)

STL (*Standard Template Library*) de C++:
Colecciones más eficientes cuyo tamaño puede variar

Copia de arrays

No se pueden copiar dos arrays (del mismo tipo) con asignación:

```
array2 = array1; // ¡¡¡ NO COPIA LOS ELEMENTOS !!!
```

Han de copiarse los elementos uno a uno:

```
for (int i = 0; i < N; i++) {
   array2[i] = array1[i];
}
```


Arrays no completos

Luis Hernández Yáñez

Arrays no completos

Puede que no necesitemos todas las posiciones de un array...

La dimensión del array será el máximo de elementos

Pero podremos tener menos elementos del máximo

Necesitamos un contador de elementos...

```
const int Max = 100;
typedef double tArray[Max];
tArray lista;
int contador = 0;
```

`contador`: indica cuántas posiciones del array se utilizan

Sólo accederemos a las posiciones entre 0 y `contador`-1

Las demás posiciones no contienen información del programa

Luis Hernández Yáñez

Arrays no completos

lista.cpp

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

const int Max = 100;
typedef double tArray[Max];

double media(const tArray lista, int cont);

int main() {
   tArray lista;
   int contador = 0;
   double valor, med;
   ifstream archivo;
   archivo.open("lista.txt");
   if (archivo.is_open()) {
      archivo >> valor;
      while ((valor != -1) && (contador < Max)) {
         lista[contador] = valor;
         contador++;
         archivo >> valor;
      } ...
```


Arrays no completos

```
      archivo.close();
      med = media(lista, contador);
      cout << "Media de los elementos de la lista: " << med << endl;
   }
   else {
      cout << "¡No se pudo abrir el archivo!" << endl;
   }

   return 0;
}

double media(const tArray lista, int cont) {
   double med, total = 0;
   for (int ind = 0; ind < cont; ind++) {
      total = total + lista[ind];
   }
   med = total / cont;
   return med;
}
```

Sólo recorremos hasta cont-1

Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

3A El operador ternario ?

ANEXO I

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

El operador ternario ?

Expresión condicional → Condición → ? → Exp1 → : → Exp2 →

Dos alternativas

- *Condición*: Expresión lógica
- *Exp1* y *Exp2*: Expresiones

Si *Condición* se evalúa a `true`, el resultado es *Exp1*;
si *Condición* se evalúa a `false`, el resultado es *Exp2*.

```
int a = 5, b = 3, c;
c = (a + b == 10) ? 2 : 3;
c = (  8   == 10) ? 2 : 3;
c =     false     ? 2 : 3;
c = 3;
```

Operadores (prioridad)
++ -- (postfijos) Llamadas a funciones Moldes
++ -- (prefijos) ! - (cambio de signo)
* / %
+ -
< <= > >=
== !=
&&
||
?:
= += -= *= /= %=

El operador ternario ?

Equivalencia con un `if-else`

```
c = (a + b == 10) ? 2 : 3;
```

Es equivalente a:

```
if (a + b == 10) c = 2;
else c = 3;
```

Se pueden concatenar:

```
cout << (nota == 10 ? "MH" : (nota >= 9 ? "SB" :
(nota >= 7 ? "NT" : (nota >= 5 ? "AP" : "SS"))))
```

Esto es equivalente a la escala `if-else-if` de la siguiente sección.

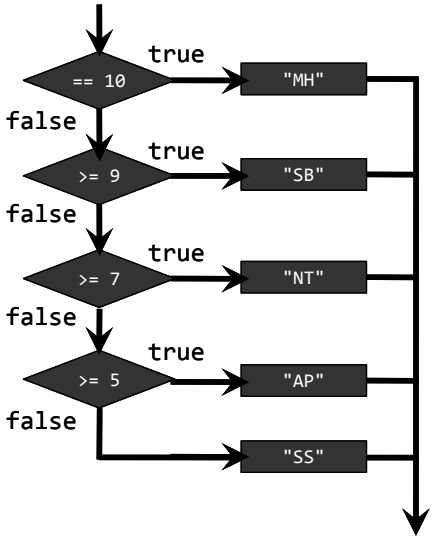
El operador ternario ?

Escala `if` ... `else if` ... equivalente

```
cout << (nota == 10 ? "MH" : (nota >= 9 ? "SB" :
(nota >= 7 ? "NT" : (nota >= 5 ? "AP" : "SS"))))
```

Si `nota == 10` entonces MH
si no, si `nota >= 9` entonces SB
si no, si `nota >= 7` entonces NT
si no, si `nota >= 5` entonces AP
si no SS

```
double nota;
cin >> nota;
if (nota == 10) { cout << "MH"; }
else if (nota >= 9) { cout << "SB"; }
else if (nota >= 7) { cout << "NT"; }
else if (nota >= 5) { cout << "AP"; }
else { cout << "SS"; }
```



Fundamentos de la programación

3E Ejemplos de secuencias

ANEXO II

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Recorridos

Luis Hernández Yáñez

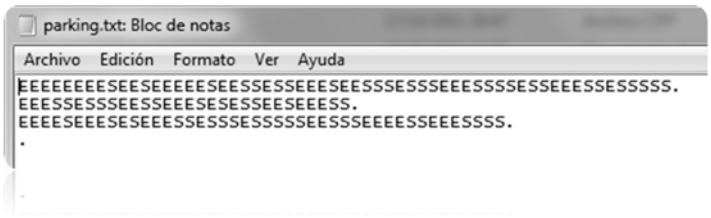
Un aparcamiento

Secuencia de caracteres E y S en archivo
E = Entra un coche; S = Sale un coche

¿Cuántos coches quedan al final de la jornada?

Varios casos, cada uno en una línea y terminado en punto

Final: línea sólo con punto



Luis Hernández Yáñez

Un aparcamiento

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

int main() {
   int coches;
   char c;
   bool terminar = false;
   ifstream archivo;
   archivo.open("parking.txt");
   if (!archivo.is_open()) {
      cout << "¡No se ha podido abrir el archivo!" << endl;
   }
   else {
      // Recorrido...
      archivo.close();
   }
   return 0;
}
```

Un aparcamiento (recorrido)

```
while (!terminar) {
   archivo >> c;
   if (c == '.') { // . como primer carácter? (centinela)
      terminar = true;
   }
   else {
      coches = 0;
      while (c != '.') { // Recorrido de la secuencia
         cout << c;
         if (c == 'E') {
            coches++;
         }
         else if (c == 'S') {
            coches--;
         }
         archivo >> c;
      }
      ...
```


Un aparcamiento (recorrido)

parking.cpp

```
            if (coches >= 0) {
               cout << endl << "Quedan " << coches << " coches.";
            }
            else {
               cout << endl << "Error: Más salidas que entradas!";
            }
            cout << endl;
         }
      }
```


¿Paréntesis bien emparejados?

Cada paréntesis, con su pareja

Secuencia de caracteres terminada en # y con parejas de paréntesis:

```
a b ( c ( d e ) f g h ( ( i ( j k ) ) l m n ) o p ) ( r s ) #
```

Contador del nivel de anidamiento:

Al encontrar `'('` incrementamos – Al encontrar `')'` decrementamos

Al terminar, el contador deberá tener el valor `0`

Errores:

- Contador `-1`: paréntesis de cierre sin uno de apertura pendiente
  `abc)de(fgh(ij))#`
- Contador termina con un valor positivo
  Más paréntesis de apertura que de cierre
  Algún paréntesis sin cerrar: `(a(b(cd(e)f)gh(i))jk#`

¿Paréntesis bien emparejados?

Un error puede interrumpir el recorrido:

```
char c;
int anidamiento = 0, pos = 0;
bool error = false;
cin >> c;
while ((c != '#') && !error) {
   pos++;
   if (c == '(') {
       anidamiento++;
   }
   else if (c == ')') {
      anidamiento--;
   }
   if (anidamiento < 0) {
      error = true;
   }
   if (!error) {
      cin >> c;
   }
}
```


¿Paréntesis bien emparejados? parentesis.cpp

```
if (error) {
   cout << "Error: cierre sin apertura (pos. " << pos
        << ")";
}
else if (anidamiento > 0) {
   cout << "Error: Apertura sin cierre";
}
else {
   cout << "Correcto";
}
cout << endl;
```

```
D:\Docencia\FP\2013-2014\Lessons\Less03\Examples\ESP>parentesis
ab(c(de)fgh((i(jk))1mn)op)(rs)#
Correcto

D:\Docencia\FP\2013-2014\Lessons\Less03\Examples\ESP>parentesis
)ab(((cd)ef))#
Error: cierre sin apertura (pos. 1)

D:\Docencia\FP\2013-2014\Lessons\Less03\Examples\ESP>parentesis
(((abc(d)e(fg(h)))#
Error: Apertura sin cierre
```


¿Dos secuencias iguales?

iguales.cpp

```
bool iguales() {
   bool sonIguales = true;
   double d1, d2;
   ifstream sec1, sec2;
   bool final = false;
   sec1.open("secuencia1.txt");
   sec2.open("secuencia2.txt");
   sec1 >> d1;
   sec2 >> d2; // Al menos estarán los centinelas (0)
   while (sonIguales && !final) {
      sonIguales = (d1 == d2);
      final = ((d1 == 0) || (d2 == 0));
      if (!final) {
         sec1 >> d1;
         sec2 >> d2;
      }
   }
   sec1.close();
   sec2.close();
   return sonIguales;
}
```

Cambia `secuencia2.txt` por `secuencia3.txt` y por `secuencia4.txt` para comprobar otros casos

Números primos menores que N

primos.cpp

Secuencia calculada: números divisibles sólo por 1 y ellos mismos (< *N*)

```
#include <iostream>
using namespace std;
bool primo(int n);
int main() {
   int num, candidato;
   cout << "Entero en el que parar (>1): ";
   cin >> num;
   if (num > 1) {
      candidato = 2; // El 1 no se considera un número primo
      while (candidato < num) {
         cout << candidato << " "; // Mostrar número primo
         candidato++;
         while (!primo(candidato)) { // Siguiente primo
            candidato++;
         }
      }
   }
   return 0;
}
```


Números primos menores que N

```
bool primo(int n) {
   bool esPrimo = true;

   for (int i = 2; i <= n - 1; i++) {
      if (n % i == 0) {
         esPrimo = false; // Es divisible por i
      }
   }

   return esPrimo;
}
```


Números primos menores que N

primos2.cpp

Mejoras: probar sólo impares; sólo pueden ser divisibles por impares; no pueden ser divisibles por ninguno mayor que su mitad

```
      candidato = 2;
      cout << candidato << " "; // Mostrar el número primo 2
      candidato++; // Seguimos con el 3, que es primo
      while (candidato < num) {
         cout << candidato << " ";   // Mostrar número primo
         candidato = candidato + 2;  // Sólo probamos impares
         while (!primo(candidato)) { // Siguiente número primo
            candidato = candidato + 2;
         }
      } ...

bool primo(int n) {
   bool esPrimo = true;
   for (int i = 3; i <= n / 2; i = i + 2) {
      if (n % i == 0) {
         esPrimo = false; // Es divisible por i
      }
   }...
```


Números primos menores que N

primos3.cpp

Otra mejora más: Paramos al encontrar el primer divisor

```
bool primo(int n) {
   bool esPrimo = true;

   int i = 3;
   while ((i <= n / 2) && esPrimo) {
      if (n % i == 0) {
         esPrimo = false;
      }
      i = i + 2;
   }

   return esPrimo;
}
```

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Búsquedas

Luis Hernández Yáñez

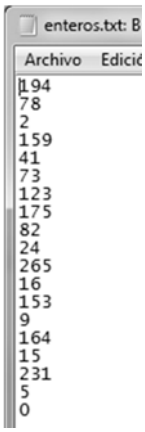
Búsqueda de un número en un archivo

buscaarch.cpp

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

int busca(int n);
// Devuelve la línea en la que se encuentra o -1 si no está

int main() {
   int num, linea;

   cout << "Valor a localizar: ";
   cin >> num;
   linea = busca(num);
   if (linea != -1) {
      cout << "Encontrado (línea " << linea << ")" << endl;
   }
   else {
      cout << "No encontrado" << endl;
   }
   return 0;
}
```


Búsqueda de un número en un archivo

```
int busca(int n) {
   int i, linea = 0;
   bool encontrado = false;
   ifstream archivo;
   archivo.open("enteros.txt");
   if (!archivo.is_open()) {
      linea = -1;
   }
   else {
      archivo >> i;
      while ((i != 0) && !encontrado) {
         linea++;
         if (i == n) {
            encontrado = true;
         }
         archivo >> i;
      }
      if (!encontrado) {
         linea = -1;
      }
      archivo.close();
   }
   return linea;
}
```



Centinela →

Búsquedas en secuencias ordenadas

Luis Hernández Yáñez

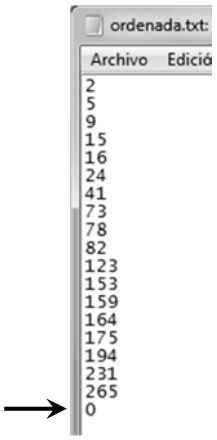
Búsqueda en secuencias ordenadas

buscaord.cpp

Secuencia ordenada de menor a mayor:
paramos al encontrar uno mayor o igual al buscado

Los que resten serán seguro mayores: *¡no puede estar el buscado!*

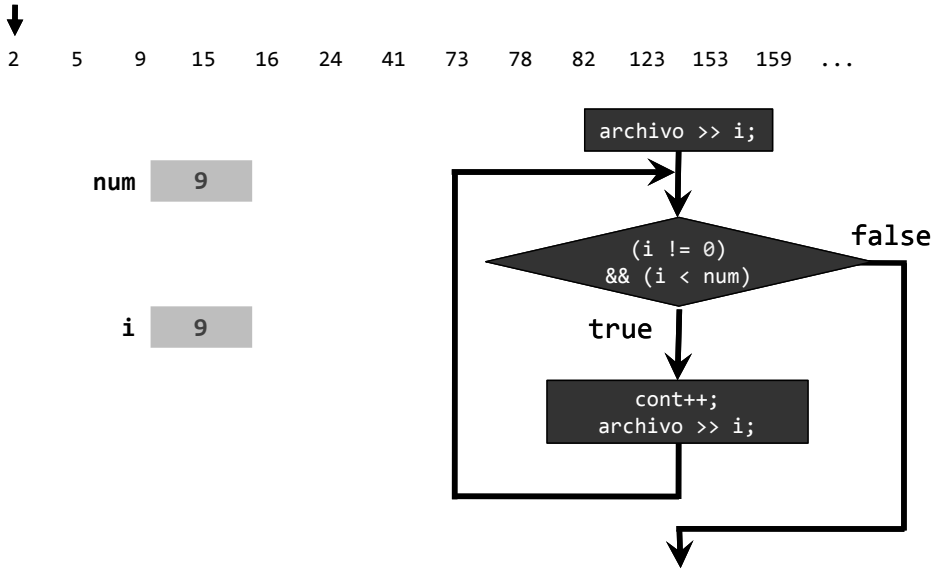
```
cout << "Valor a localizar: ";
cin >> num;
archivo >> i;
while ((i != 0) && (i < num)) {
   cont++;
   archivo >> i;
}
if (i == num) {
   cout << "Encontrado (pos.: " << cont << ")";
}
else {
   cout << "No encontrado";
}
cout << endl;
archivo.close();
```



Luis Hernández Yáñez

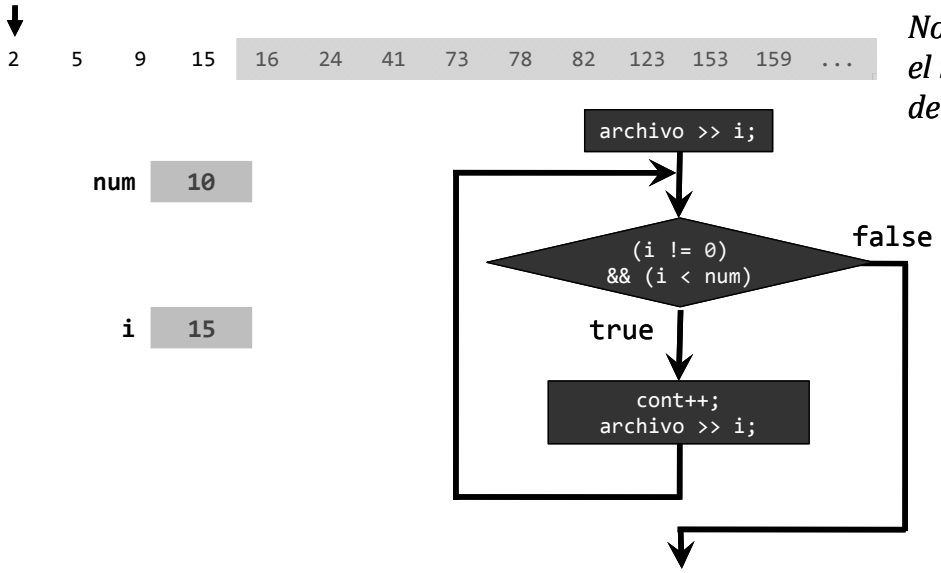
Secuencias ordenadas

Si el elemento está: procesamiento similar a secuencias desordenadas



Secuencias ordenadas

Si el elemento no está: evitamos buscar en el resto de la secuencia



No se procesa el resto de la secuencia

Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

4 La abstracción procedimental

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Diseño descendente
Tareas y subtareas

Luis Hernández Yáñez

Tareas y subtareas

Refinamientos sucesivos

Tareas que ha de realizar un programa:

Se pueden dividir en subtareas más sencillas

Subtareas:

También se pueden dividir en otras más sencillas...

→ Refinamientos sucesivos

Diseño en sucesivos pasos en los se amplía el detalle

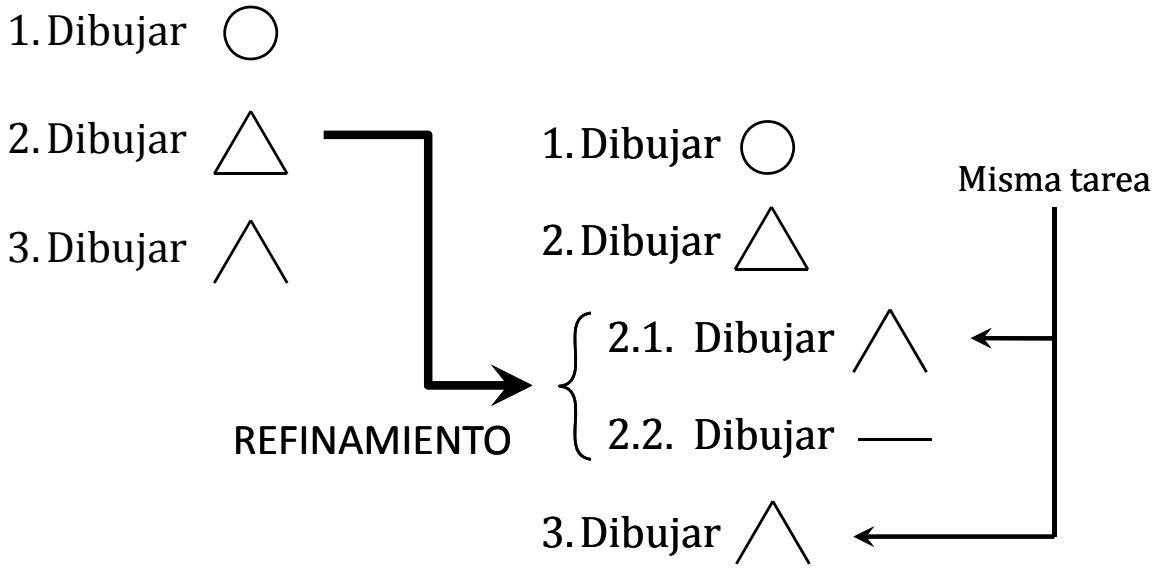
Ejemplos:

- ✓ Dibujar 
- ✓ Mostrar la cadena HOLA MAMA en letras gigantes

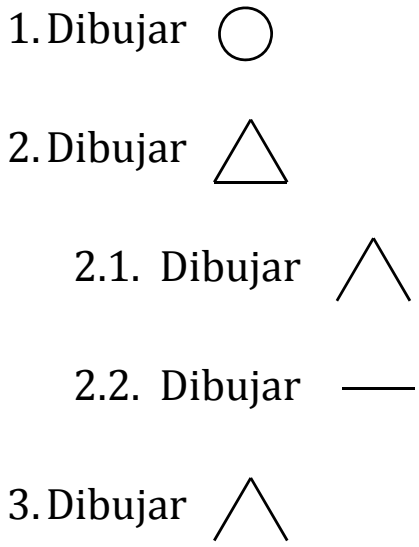
Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Un dibujo



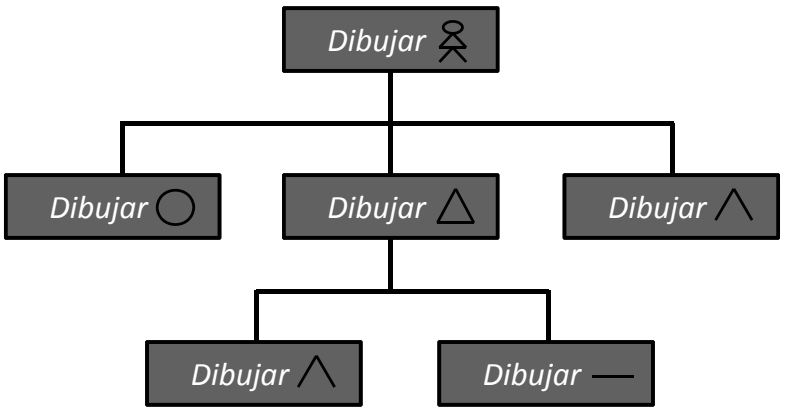
Un dibujo



4 tareas, pero dos de ellas son iguales

Nos basta con saber cómo dibujar:

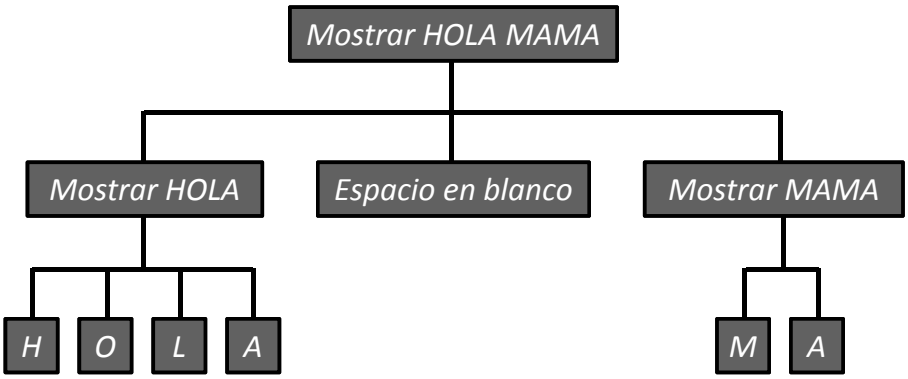
Un dibujo



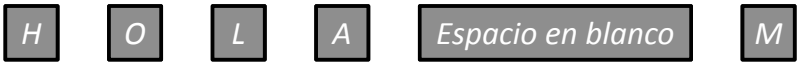

```
void dibujarCirculo()
{ ... }

void dibujarSecantes()
{ ... }

void dibujarLinea()
{ ... }

void dibujarTriangulo()
{
   dibujarSecantes();
   dibujarLinea();
}

int main() {
   dibujarCirculo();
   dibujarTriangulo();
   dibujarSecantes();
   return 0;
}
```


Mensaje en letras gigantes

Mostrar la cadena HOLA MAMA en letras gigantes



Tareas básicas



Mensaje en letras gigantes

```
void mostrarH() {
   cout << "*   *" << endl;
   cout << "*   *" << endl;
   cout << "*****" << endl;
   cout << "*   *" << endl;
   cout << "*   *" << endl << endl;
}

void mostrarO() {
   cout << "*****" << endl;
   cout << "*   *" << endl;
   cout << "*   *" << endl;
   cout << "*   *" << endl;
   cout << "*****" << endl << endl;
}

void mostrarL()
{ ... }

void mostrarA()
{ ...}
```

```
void espaciosEnBlanco() {
   cout << endl << endl << endl;
}

void mostrarM()
{ ...}

int main() {
   mostrarH();
   mostrarO();
   mostrarL();
   mostrarA();
   espaciosEnBlanco();
   mostrarM();
   mostrarA();
   mostrarM();
   mostrarA();

   return 0;
}
```


Fundamentos de la programación

Subprogramas

Abstracción procedimental

Subprogramas

Pequeños programas dentro de otros programas

- ✓ Unidades de ejecución independientes
- ✓ Encapsulan código y datos
- ✓ Se comunican con otros subprogramas (datos)

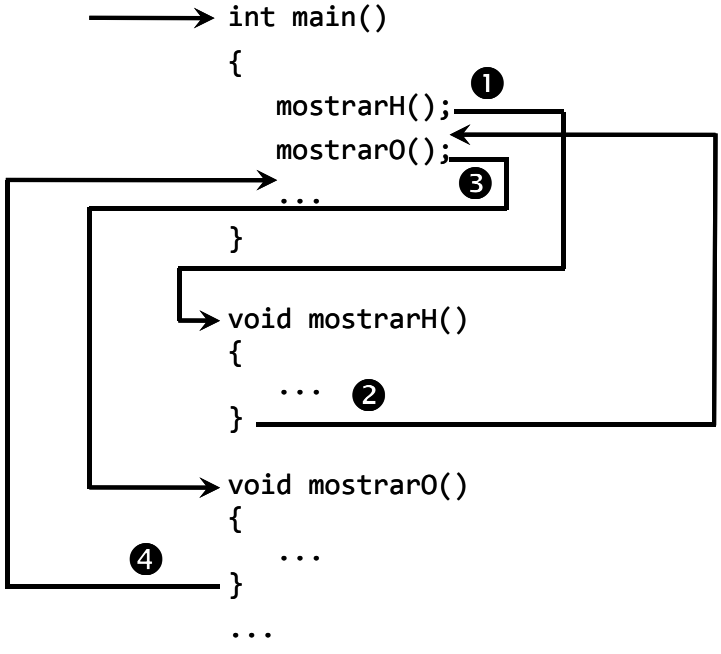
Subrutinas, procedimientos, funciones, acciones, ...

- ✓ Realizan tareas individuales del programa
- ✓ Funcionalidad concreta, identificable y coherente (diseño)
- ✓ Se ejecutan de principio a fin cuando se llaman (*invocan*)
- ✓ Terminan devolviendo el control al punto de llamada

Aumentan el nivel de abstracción del programa
Facilitan la prueba, la depuración y el mantenimiento

Subprogramas

Flujo de ejecución



Subprogramas

Subprogramas en C++

Forma general de un subprograma en C++:

```
tipo nombre(parámetros) // Cabecera
{
   // Cuerpo
}
```

- ✓ *Tipo* de dato que devuelve el subprograma como resultado
- ✓ *Parámetros* para la comunicación con el exterior
- ✓ *Cuerpo*: ¡Un bloque de código!

Subprogramas

Tipos de subprogramas

Procedimientos (*acciones*):

NO devuelven ningún resultado de su ejecución con `return`
Tipo: `void`
Llamada: instrucción independiente

```
mostrarH();
```

Funciones:

SÍ devuelven un resultado con la instrucción `return`
Tipo distinto de `void`
Llamada: dentro de cualquier expresión

```
x = 12 * y + cuadrado(20) - 3;
```

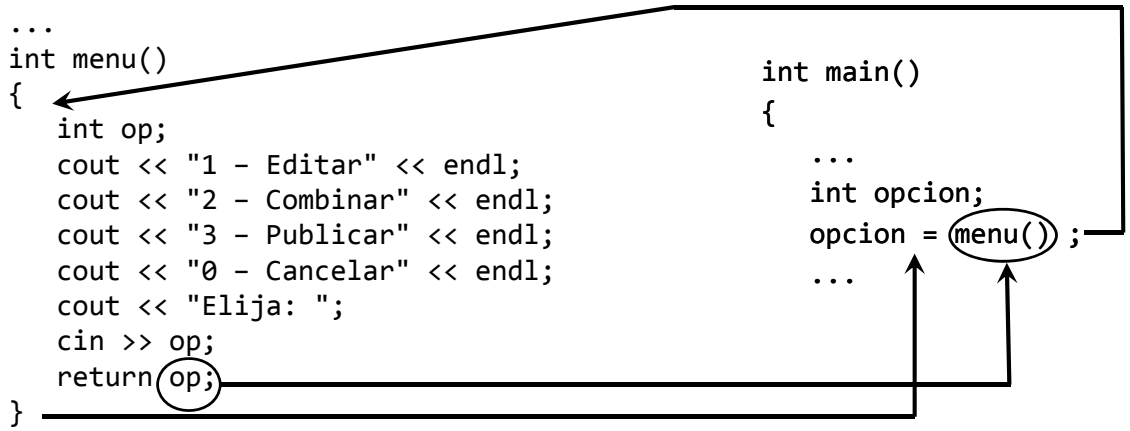
Se sustituye en la expresión por el valor que devuelve

¡Ya venimos utilizando funciones desde el Tema 2!

Subprogramas

Funciones

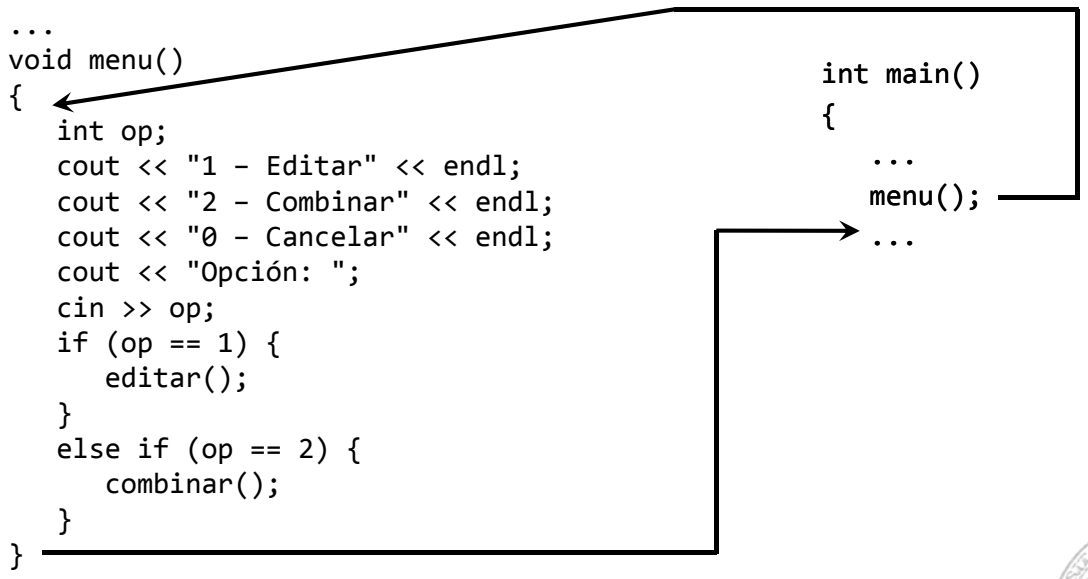
Subprogramas de tipo distinto de `void`



Subprogramas

Procedimientos

Subprogramas de tipo `void`



Subprogramas y datos

Luis Hernández Yáñez

Datos en los subprogramas

De uso exclusivo del subprograma

```
tipo nombre(parámetros) // Cabecera
{
   Declaraciones locales // Cuerpo
}
```

- ✓ Declaraciones locales de tipos, constantes y variables
  Dentro del cuerpo del subprograma
- ✓ Parámetros declarados en la cabecera del subprograma
  Comunicación del subprograma con otros subprogramas

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Datos locales y datos globales

Datos en los programas

- ✓ Datos globales: declarados fuera de todos los subprogramas
  Existen durante toda la ejecución del programa
- ✓ Datos locales: declarados en algún subprograma
  Existen sólo durante la ejecución del subprograma

Ámbito y visibilidad de los datos *Tema 3*

- Ámbito de los datos globales: resto del programa
  Se conocen dentro de los subprogramas que siguen
- Ámbito de los datos locales: resto del subprograma
  No se conocen fuera del subprograma
- Visibilidad de los datos
  Datos locales a un bloque ocultan otros externos homónimos

Datos locales y datos globales

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

const int MAX = 100;
double ingresos;

...
void proc() {
   int op;
   double ingresos;
   ...
}

int main() {
   int op;
   ...
   return 0;
}
```

Datos globales

op de proc() es distinta de op de main()

Datos locales a proc()

Se conocen MAX (global), op (local) e ingresos (local que oculta la global)

Datos locales a main()

Se conocen MAX (global), op (local) e ingresos (global)

Datos locales y datos globales

Sobre el uso de datos globales en los subprogramas

NO SE DEBEN USAR datos globales en subprogramas

✓ *¿Necesidad de datos externos?*

Define parámetros en el subprograma

Los datos externos se pasan como argumentos en la llamada

✓ Uso de datos globales en los subprogramas:

Riesgo de *efectos laterales*

Modificación inadvertida de esos datos afectando otros sitios

Excepciones:

✓ Constantes globales (valores inalterables)

✓ Tipos globales (necesarios en varios subprogramas)

Fundamentos de la programación

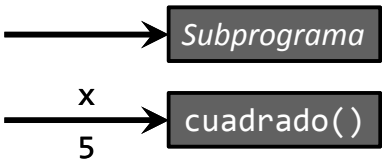
Parámetros

Comunicación con el exterior

Datos de entrada, datos de salida y datos de entrada/salida

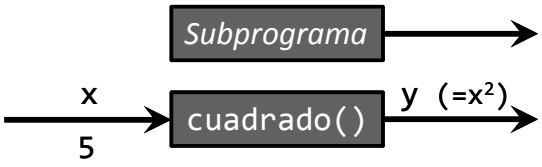
Datos de entrada: Aceptados

Subprograma que dado un número muestra en la pantalla su cuadrado:



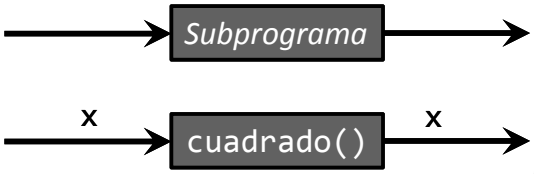
Datos de salida: Devueltos

Subprograma que dado un número devuelve su cuadrado:



Datos de entrada/salida: Aceptados y modificados

Subprograma que dada una variable numérica la eleva al cuadrado:



Parámetros en C++

Declaración de parámetros

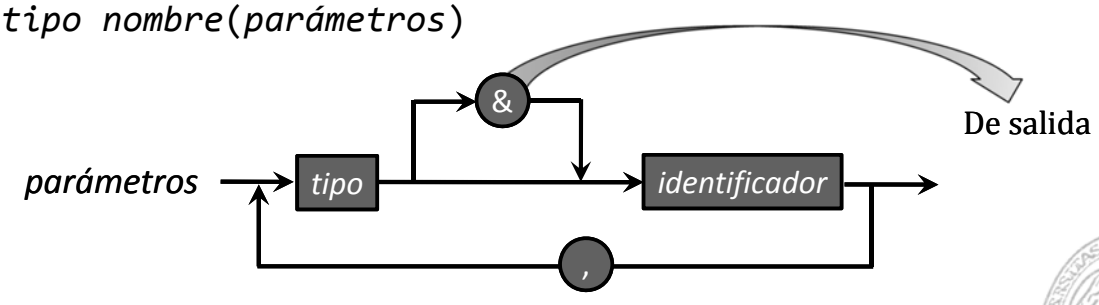
Sólo dos clases de parámetros en C++:

- Sólo de entrada (*por valor*)
- De salida (sólo salida o E/S) (*por referencia* / *por variable*)

Lista de parámetros formales

Entre los paréntesis de la cabecera del subprograma

tipo nombre(*parámetros*)



Parámetros por valor

Reciben copias de los argumentos usados en la llamada

```
int cuadrado(int num)
```

```
double potencia(double base, int exp)
```

```
void muestra(string nombre, int edad, string nif)
```

```
void proc(char c, int x, double a, bool b)
```

Reciben sus valores en la llamada del subprograma
Argumentos: Expresiones en general
Variables, constantes, literales, llamadas a función, operaciones
Se destruyen al terminar la ejecución del subprograma

¡Atención! Los arrays se pasan por valor como constantes:

```
double media(const tArray lista)
```


Parámetros por referencia &

Misma identidad que la variable pasada como argumento

```
void incrementa(int &x)
```

```
void intercambia(double &x, double &y)
```

```
void proc(char &c, int &x, double &a, bool &b)
```

Reciben las variables en la llamada del subprograma: *¡Variables!*
Los argumentos pueden quedar modificados
¡No usaremos parámetros por valor en las funciones!
Sólo en procedimientos

Puede haber tanto por valor como por referencia

¡Atención! Los arrays se pasan por referencia sin utilizar &

```
void insertar(tArray lista, int &contador, double item)
```

El argumento de `lista` (variable `tArray`) quedará modificado

Argumentos

Luis Hernández Yáñez

Llamada a subprogramas con parámetros

nombre(*argumentos*)

- Tantos argumentos como parámetros y en el mismo orden
- Concordancia de tipos argumento-parámetro
- Por valor: Expresiones válidas (se pasa el resultado)
- Por referencia: *¡Sólo variables!*

Se copian los valores de las expresiones pasadas por valor en los correspondientes parámetros

Se hacen corresponder los argumentos pasados por referencia (variables) con sus correspondientes parámetros

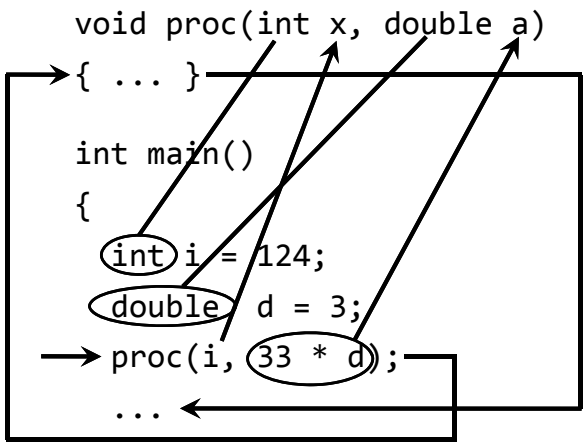
Luis Hernández Yáñez

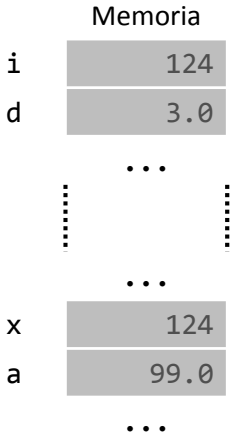
Argumentos pasados por valor

Expresiones válidas con concordancia de tipo:

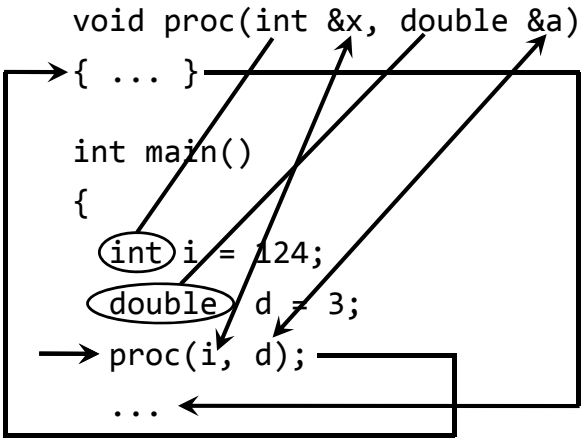
```
void proc(int x, double a) →   proc(23 * 4 / 7, 13.5);

                           →   double d = 3;
                               proc(12, d);

                           →   double d = 3;
                               int i = 124;
                               proc(i, 33 * d);

                           →   double d = 3;
                               int i = 124;
                               proc(cuad(20) * 34 + i, i * d);
```

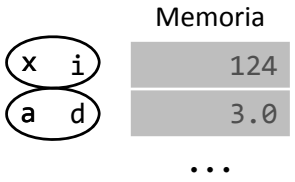
Argumentos pasados por valor





Argumentos pasados por referencia





¿Qué llamadas son correctas?

Dadas las siguientes declaraciones:

```
int i;
double d;
void proc(int x, double &a);
```

¿Qué pasos de argumentos son correctos? ¿Por qué no?

`proc(3, i, d);`	✘	Nº de argumentos ≠ Nº de parámetros
`proc(i, d);`	✓	
`proc(3 * i + 12, d);`	✓	
`proc(i, 23);`	✘	Parámetro por referencia → ¡variable!
`proc(d, i);`	✘	¡Argumento `double` para parámetro `int`!
`proc(3.5, d);`	✘	¡Argumento `double` para parámetro `int`!
`proc(i);`	✘	Nº de argumentos ≠ Nº de parámetros

Paso de argumentos

```
...
void divide(int op1, int op2, int &div, int &rem) {
// Divide op1 entre op2 y devuelve el cociente y el resto
   div = op1 / op2;
   rem = op1 % op2;
}

int main() {
   int cociente, resto;
   for (int j = 1; j <= 4; j++) {
      for (int i = 1; i <= 4; i++) {
         divide(i, j, cociente, resto);
         cout << i << " entre " << j << " da un cociente de "
            << cociente << " y un resto de " << resto << endl;
      }
   }

   return 0;
}
```


Paso de argumentos

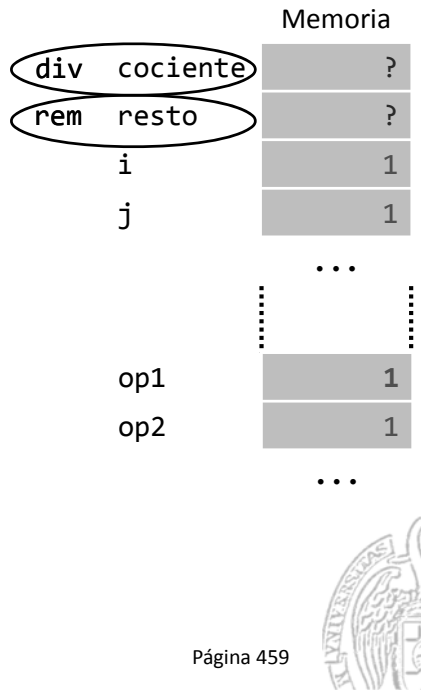
```
...
void divide(int op1, int op2, int &div, int &rem) {
// Divide op1 entre op2 y devuelve el cociente y el resto
   div = op1 / op2;
   rem = op1 % op2;
}

int main() {
   int cociente, resto;
   for (int j = 1; j <= 4; j++) {
      for (int i = 1; i <= 4; i++) {
         divide(i, j, cociente, resto);
         ...
      }
   }

   return 0;
}
```

Memoria

cociente	?
resto	?
i	1
j	1
	...

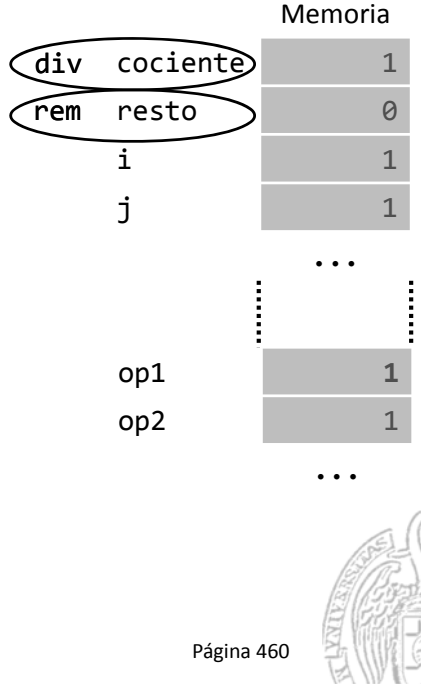
Paso de argumentos

```
...
void divide(int op1, int op2, int &div, int &rem) {
// Divide op1 entre op2 y devuelve el cociente y el resto
   div = op1 / op2;
   rem = op1 % op2;
}

int main() {
   int cociente, resto;
   for (int j = 1; j <= 4; j++) {
      for (int i = 1; i <= 4; i++) {
         divide(i, j, cociente, resto);
         ...
      }
   }

   return 0;
}
```



Paso de argumentos

```
...
void divide(int op1, int op2, int &div, int &rem) {
// Divide op1 entre op2 y devuelve el cociente y el resto
   div = op1 / op2;
   rem = op1 % op2;
}

int main() {
   int cociente, resto;
   for (int j = 1; j <= 4; j++) {
      for (int i = 1; i <= 4; i++) {
         divide(i, j, cociente, resto);
         ...
      }
   }

   return 0;
}
```



Paso de argumentos

```
...
void divide(int op1, int op2, int &div, int &rem) {
// Divide op1 entre op2 y devuelve el cociente y el resto
   div = op1 / op2;
   rem = op1 % op2;
}

int main() {
   int cociente, resto;
   for (int j = 1; j <= 4; j++) {
      for (int i = 1; i <= 4; i++) {
         divide(i, j, cociente, resto);
         ...
      }
   }

   return 0;
}
```

Memoria

cociente	1
resto	0
i	1
j	1
	...

Más ejemplos

```
...
void intercambia(double &valor1, double &valor2) {
// Intercambia los valores
   double tmp; // Variable local (temporal)
   tmp = valor1;
   valor1 = valor2;
   valor2 = tmp;
}

int main() {
   double num1, num2;
   cout << "Valor 1: ";
   cin >> num1;
   cout << "Valor 2: ";
   cin >> num2;
   intercambia(num1, num2);
   cout << "Ahora el valor 1 es " << num1
        << " y el valor 2 es " << num2 << endl;
   return 0;
}
```

Memoria temporal del procedimiento

tmp	?
	...

Memoria de `main()`

valor1	num1	13.6
valor2	num2	317.14
		...

Más ejemplos

```
...
// Prototipo
void cambio(double precio, double pago, int &euros, int &cent50,
   int &cent20, int &cent10, int &cent5, int &cent2, int &cent1);

int main() {
   double precio, pago;
   int euros, cent50, cent20, cent10, cent5, cent2, cent1;
   cout << "Precio: ";
   cin >> precio;
   cout << "Pago: ";
   cin >> pago;
   cambio(precio, pago, euros, cent50, cent20, cent10, cent5, cent2,
          cent1);
   cout << "Cambio: " << euros << " euros, " << cent50 << " x 50c., "
        << cent20 << " x 20c., " << cent10 << " x 10c., "
        << cent5 << " x 5c., " << cent2 << " x 2c. y "
        << cent1 << " x 1c." << endl;

   return 0;
}
```


Más ejemplos

```
void cambio(double precio, double pago, int &euros, int &cent50,
   int &cent20, int &cent10, int &cent5, int &cent2, int &cent1) {
   if (pago < precio) { // Cantidad insuficiente
      cout << "Error: El pago es inferior al precio" << endl;
   }
   else {
      int cantidad = int(100.0 * (pago - precio) + 0.5);
      euros  = cantidad / 100;
      cantidad = cambio % 100;
      cent50 = cantidad / 50;
      cantidad = cantidad % 50;
      cent20 = cantidad / 20;
      cantidad = cantidad % 20;
      cent10 = cantidad / 10;
      cantidad = cantidad % 10;
      cent5  = cantidad / 5;
      cantidad = cantidad % 5;
      cent2  = cantidad / 2;
      cent1  = cantidad % 2;
   }
}
```


Explicación en el libro de Adams/Leestma/Nyhoff

Notificación de errores

En los subprogramas se pueden detectar errores

Errores que impiden realizar los cálculos:

```
void cambio(double precio, double pago, int &euros, int &cent50,
   int &cent20, int &cent10, int &cent5, int &cent2, int &cent1) {
   if (pago < precio) { // Cantidad insuficiente
      cout << "Error: El pago es inferior al precio" << endl;
   }
   ...
```

¿Debe el subprograma notificar al usuario o al programa?

→ Mejor notificarlo al punto de llamada y allí decidir qué hacer

```
void cambio(double precio, double pago, int &euros, int &cent50,
   int &cent20, int &cent10, int &cent5, int &cent2, int &cent1,
   bool &error) {
   if (pago < precio) { // Cantidad insuficiente
      error = true;
   }
   else {
      error = false;
      ...
```


Notificación de errores

cambio.cpp

Al volver de la llamada se decide qué hacer si ha habido error...

- ✓ ¿Informar al usuario?
- ✓ ¿Volver a pedir los datos?
- ✓ Etcétera

```
int main() {
   double precio, pago;
   int euros, cent50, cent20, cent10, cent5, cent2, cent1;
   bool error;
   cout << "Precio: ";
   cin >> precio;
   cout << "Pago: ";
   cin >> pago;
   cambio(precio, pago, euros, cent50, cent20, cent10, cent5, cent2,
          cent1, error);
   if (error) {
      cout << "Error: El pago es inferior al precio" << endl;
   }
   else {
      ...
```


Resultado de la función

Luis Hernández Yáñez

Resultado de la función

Una función ha de devolver un resultado

La función ha de terminar su ejecución devolviendo el resultado

La instrucción `return`:

- Devuelve el dato que se indica a continuación como resultado
- Termina la ejecución de la función

El dato devuelto sustituye a la llamada de la función en la expresión

```
int cuad(int x) {
   return x * x;
   x = x * x;
}
```

```
int main() {
   cout << 2 * cuad(16);
   return 0;
}
```

256

Esta instrucción no se ejecutará nunca

Luis Hernández Yáñez

Ejemplo: Cálculo del factorial

factorial.cpp

Factorial (N) = 1 x 2 x 3 x ... x (N-2) x (N-1) x N

```
long long int factorial(int n); // Prototipo

int main() {
   int num;
   cout << "Num: ";
   cin >> num;
   cout << "Factorial de " << num << ": " << factorial(num) << endl;
   return 0;
}

long long int factorial(int n) {
   long long int fact = 1;
   if (n < 0) {
      fact = 0;
   }
   else {
      for (int i = 1; i <= n; i++) {
         fact = fact * i;
      }
   }
   return fact;
}
```


Un único punto de salida

```
int compara(int val1, int val2) {
// -1 si val1 < val2, 0 si iguales, +1 si val1 > val2
   if (val1 == val2) {
      return 0;
   }
   else if (val1 < val2) {
      return -1;
   }
   else {
      return 1;
   }
}
```

¡3 puntos de salida!

Un único punto de salida

```
int compara(int val1, int val2) {
// -1 si val1 < val2, 0 si iguales, +1 si val1 > val2
   int resultado;

   if (val1 == val2) {
      resultado = 0;
   }
   else if (val1 < val2) {
      resultado = -1;
   }
   else {
      resultado = 1;
   }

   return resultado;
}
```

→ Punto de salida único

¿Cuándo termina el subprograma?

Procedimientos (tipo `void`):

- Al encontrar la llave de cierre que termina el subprograma o
- Al encontrar una instrucción `return` (sin resultado)

Funciones (tipo distinto de `void`):

- SÓLO al encontrar una instrucción `return` (con resultado)

Nuestros subprogramas siempre terminarán al final:

- ✓ No usaremos `return` en los procedimientos
- ✓ Funciones: sólo un `return` y estará al final

Para facilitar la depuración y el mantenimiento, codifica los subprogramas con un único punto de salida

Prototipos

Luis Hernández Yáñez

¿Qué subprogramas hay en el programa?

¿Dónde los ponemos? ¿Antes de `main()`? ¿Después de `main()`?

→ Los pondremos después de `main()`

¿Son correctas las llamadas a subprogramas?

En `main()` o en otros subprogramas

- ¿Existe el subprograma?
- ¿Concuerdan los argumentos con los parámetros?

Deben estar los prototipos de los subprogramas antes de `main()`

Prototipo: cabecera del subprograma terminada en `;`

```
void dibujarCirculo();
void mostrarM();
void proc(double &a);
int cuad(int x);
...
```

`main()` es el único subprograma que no hay que prototipar

Luis Hernández Yáñez

Ejemplos

intercambia.cpp

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

void intercambia(double &valor1, double &valor2); // Prototipo

int main() {
   double num1, num2;
   cout << "Valor 1: ";
   cin >> num1;
   cout << "Valor 2: ";
   cin >> num2;
   intercambia(num1, num2);
   cout << "Ahora el valor 1 es " << num1
        << " y el valor 2 es " << num2 << endl;
   return 0;
}

void intercambia(double &valor1, double &valor2) {
   double tmp; // Variable local (temporal)
   tmp = valor1;
   valor1 = valor2;
   valor2 = tmp;
}
```

Asegúrate de que los prototipos coincidan con las implementaciones

Ejemplos

mates.cpp

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

// Prototipos
long long int factorial(int n);
int sumatorio(int n);

int main() {
   int num;
   cout << "Num: ";
   cin >> num;
   cout << "Factorial de "
        << num << ": "
        << factorial(num)
        << endl
        << "Sumatorio de 1 a "
        << num << ": "
        << sumatorio(num)
        << endl;

   return 0;
}
```

```
long long int factorial(int n) {
   long long int fact = 1;

   if (n < 0) {
      fact = 0;
   }
   else {
      for (int i = 1; i <= n; i++) {
         fact = fact * i;
      }
   }

   return fact;
}

int sumatorio(int n) {
   int sum = 0;

   for (int i = 1; i <= n; i++) {
      sum = sum + i;
   }

   return sum;
}
```


Funciones de operador

Luis Hernández Yáñez

Notación infija (de operador)

operandoIzquierdo operador operandoDerecho

```
a + b
```

Se ejecuta el operador con los operandos como argumentos

Los operadores se implementan como funciones:

```
tipo operatorsímbolo(parámetros)
```

Si es un operador monario sólo habrá un parámetro

Si es binario habrá dos parámetros

El *símbolo* es un símbolo de operador (uno o dos caracteres):

+, -, *, /, --, <<, %, ...

Luis Hernández Yáñez

Funciones de operador

```
tMatriz suma(tMatriz a, tMatriz b);
```

```
tMatriz a, b, c;
c = suma(a, b);
```

```
tMatriz operator+(tMatriz a, tMatriz b);
```

```
tMatriz a, b, c;
c = a + b;
```

¡La implementación será exactamente la misma!

Mayor aproximación al lenguaje matemático

Fundamentos de la programación

Diseño descendente (un ejemplo)

Refinamientos sucesivos

Especificación inicial (Paso 0).-

Desarrollar un programa que haga operaciones de conversión de medidas hasta que el usuario decida que no quiere hacer más

Análisis y diseño aumentando el nivel de detalle en cada paso

¿Qué operaciones de conversión?

Paso 1.-

Desarrollar un programa que haga operaciones de conversión de medidas hasta que el usuario decida que no quiere hacer más

- *Pulgadas a centímetros*
- *Libras a gramos*
- *Grados Fahrenheit a centígrados*
- *Galones a litros*

Luis Hernández Yáñez

Refinamientos sucesivos

Paso 2.-

Desarrollar un programa que muestre al usuario un menú con cuatro operaciones de conversión de medidas:

- *Pulgadas a centímetros*
- *Libras a gramos*
- *Grados Fahrenheit a centígrados*
- *Galones a litros*

Y lea la elección del usuario y proceda con la conversión, hasta que el usuario decida que no quiere hacer más

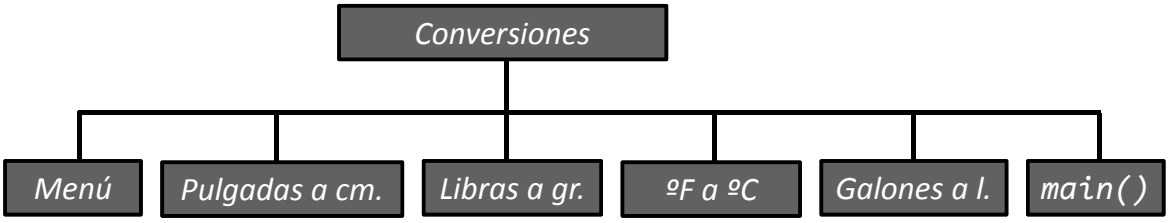
6 grandes tareas:

Menú, cuatro funciones de conversión y `main()`

Luis Hernández Yáñez

Refinamientos sucesivos

Paso 2.-



Refinamientos sucesivos

Paso 3.-

- *Menú:*
  Mostrar las cuatro opciones más una para salir
  Validar la entrada y devolver la elegida
- *Pulgadas a centímetros:*
  Devolver el equivalente en centímetros del valor en pulgadas
- *Libras a gramos:*
  Devolver el equivalente en gramos del valor en libras
- *Grados Fahrenheit a centígrados:*
  Devolver el equivalente en centígrados del valor en Fahrenheit
- *Galones a litros:*
  Devolver el equivalente en litros del valor en galones
- *Programa principal* (`main()`)

Refinamientos sucesivos

Paso 3.- Cada tarea, un subprograma

Comunicación entre los subprogramas:

Función	Entrada	Salida	Valor devuelto
`menu()`	–	–	`int`
`pulgACm()`	`double pulg`	–	`double`
`lbAGr()`	`double libras`	–	`double`
`grFAGrC()`	`double grF`	–	`double`
`galALtr()`	`double galones`	–	`double`
`main()`	–	–	`int`

Refinamientos sucesivos

Paso 4.- Algoritmos detallados de cada subprograma → Programar

```
#include <iostream>
using namespace std;
// Prototipos
int menu();
double pulgACm(double pulg);
double lbAGr(double libras);
double grFAGrC(double grF);
double galALtr(double galones);

int main() {
   double valor;
   int op = -1;
   while (op != 0) {
      op = menu();
      switch (op) {
      case 1:
         {
            cout << "Pulgadas: ";
            cin >> valor;
            cout << "Son " << pulgACm(valor) << " cm." << endl;
         }
         break;
                                                              ...
```


Refinamientos sucesivos

```
      case 2:
         {
            cout << "Libras: ";
            cin >> valor;
            cout << "Son " << lbAGr(valor) << " gr." << endl;
         }
         break;
      case 3:
         {
            cout << "Grados Fahrenheit: ";
            cin >> valor;
            cout << "Son " << grFAGrC(valor) << " ºC" << endl;
         }
         break;
      case 4:
         {
            cout << "Galones: ";
            cin >> valor;
            cout << "Son " << galALtr(valor) << " l." << endl;
         }
         break;
      }
   }
   return 0;
}
```

...

Luis Hernández Yáñez

Refinamientos sucesivos

```
int menu() {
   int op = -1;

   while ((op < 0) || (op > 4)) {
      cout << "1 - Pulgadas a Cm." << endl;
      cout << "2 - Libras a Gr." << endl;
      cout << "3 - Fahrenheit a ºC" << endl;
      cout << "4 - Galones a L." << endl;
      cout << "0 - Salir" << endl;
      cout << "Elige: ";
      cin >> op;
      if ((op < 0) || (op > 4)) {
         cout << "Opción no válida" << endl;
      }
   }

   return op;
}

double pulgACm(double pulg) {
   const double cmPorPulg = 2.54;
   return pulg * cmPorPulg;
}
```

...

Luis Hernández Yáñez

Refinamientos sucesivos

conversiones.cpp

```
double lbAGr(double libras) {
   const double grPorLb = 453.6;
   return libras * grPorLb;
}

double grFAGrC(double grF) {
   return ((grF - 32) * 5 / 9);
}

double galALtr(double galones) {
   const double ltrPorGal = 4.54609;
   return galones * ltrPorGal;
}
```

...

Fundamentos de la programación

Precondiciones y postcondiciones

Precondiciones y postcondiciones

Integridad de los subprogramas

Condiciones que se deben dar antes de comenzar su ejecución

→ Precondiciones

✓ Quien llame al subprograma debe garantizar que se satisfacen

Condiciones que se darán cuando termine su ejecución

→ Postcondiciones

✓ En el punto de llamada se pueden dar por garantizadas

Aserciones:

Condiciones que si no se cumplen interrumpen la ejecución

Función `assert()`

Aserciones como precondiciones

Precondiciones

Por ejemplo, no realizaremos conversiones de valores negativos:

```
double pulgACm(double pulg) {
  assert(pulg > 0);

   double cmPorPulg = 2.54;

   return pulg * cmPorPulg;
}
```

La función tiene una precondición: `pulg` debe ser positivo

`assert(pulg > 0);` interrumpirá la ejecución si no es cierto

Aserciones como precondiciones

Precondiciones

Es responsabilidad del punto de llamada garantizar la precondición:

```
int main() {
   double valor;
   int op = -1;
   while (op != 0) {
      op = menu();
      switch (op) {
      case 1:
         {
            cout << "Pulgadas: ";
            cin >> valor;
            if (valor < 0) {
               cout << "¡No válido!" << endl;
            }
            else { // Se cumple la precondición...
               ...
```


Aserciones como postcondiciones

Postcondiciones

Un subprograma puede garantizar condiciones al terminar:

```
int menu() {
   int op = -1;
   while ((op < 0) || (op > 4)) {
      ...
      cout << "Elige: ";
      cin >> op;
      if ((op < 0) || (op > 4)) {
         cout << "Opción no válida" << endl;
      }
   }
   assert ((op >= 0) && (op <= 4));
   return op;
}
```

El subprograma debe asegurarse de que se cumpla

Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

4A Más sobre subprogramas

ANEXO

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Archivos como parámetros

Luis Hernández Yáñez

Archivos como parámetros

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

void sumatorio_archivo(ifstream &arch, double &suma);

int main() {
   double resultado;
   ifstream archivo;
   archivo.open("datos.txt");
   if (!archivo.is_open()) {
      cout << "ERROR DE APERTURA" << endl;
   }
   else {
      sumatorio_archivo(archivo, resultado)
      cout << "Suma = " << resultado << endl;
      archivo.close();
   }

   return 0;
}
```

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Archivos como parámetros

```
void sumatorio_archivo(ifstream &arch, double &suma) {
   double dato;

   suma = 0;
   arch >> dato;

   while (dato != -1) {
      suma = suma + dato;
      arch >> dato;
   }
}
```


Los archivos siempre se pasan por referencia

Fundamentos de la programación

La función `main()`

Parámetros de `main()`

Comunicación con el sistema operativo

Parámetros opcionales de la función `main()`:

```
int main(int argc, char *argv[])
```

Para obtener datos proporcionados al ejecutar el programa:

```
C:\>prueba cad1 cad2 cad3
```

Ejecuta `prueba.exe` con tres argumentos (cadenas)

Parámetros de `main()`:

- `argc`: número de argumentos que se proporcionan
  4 en el ejemplo (primero: nombre del programa con su ruta)
- `argv`: array con las cadenas proporcionadas como argumentos

Lo que devuelve `main()`

¿Cómo ha ido la función?

La función `main()` devuelve al S.O. un código de terminación

- `0`: *Todo OK*
- Distinto de `0`: *¡Ha habido un error!*

Si la ejecución llega al final de la función `main()`, todo OK:

```
  ...
  return 0; // Fin del programa
}
```


Argumentos implícitos

Luis Hernández Yáñez

Argumentos implícitos

Valores predeterminados para parámetros por valor

Valor por defecto para un parámetro:

Tras un = a continuación del nombre del parámetro:

```
void proc(int i = 1);
```

Si no se proporciona argumento, el parámetro toma ese valor

`proc(12);` `i` toma el valor explícito `12`

`proc();` `i` toma el valor implícito (`1`)

Sólo puede haber argumentos implícitos en los parámetros finales:

```
void p(int i, int j = 2, int k = 3); // CORRECTO
void p(int i = 1, int j, int k = 3); // INCORRECTO
```

↑

Una vez asignado un valor implícito, todos los que siguen han de tener también valor implícito

Luis Hernández Yáñez

Argumentos implícitos

Parámetros y argumentos implícitos

```
void p(int i, int j = 2, int k = 3);
```

Se copian los argumentos en los parámetros del primero al último → los que no tengan correspondencia tomarán los implícitos

```
void p(int i, int j = 2, int k = 3);
...
  p(13); // i toma 13, j y k sus valores implícitos
  p(5, 7); // i toma 5, j toma 7 y k su valor implícito
  p(3, 9, 12); // i toma 3, j toma 9 y k toma 12
```

Los argumentos implícitos se declaran en el prototipo (preferible) o en la cabecera del subprograma, pero NO en ambos

Ejemplo

Por defecto, signo +
Por defecto, Δ es 1

$$f(x,y) = \pm\Delta\frac{x}{y}$$

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

double f(double x, double y, int signo = 1, double delta = 1.0);

int main() {
   double x, y;
   cout << "X = ";
   cin >> x;
   cout << "Y = ";
   cin >> y;
   cout << "signo y delta por defecto: " << f(x, y) << endl;
   cout << "signo -1 y delta por defecto: " << f(x, y, -1) << endl;
   cout << "signo y delta concretos: " << f(x, y, 1, 1.25) << endl;

   return 0;
}

double f(double x, double y, int signo, double delta) {
   return signo * delta * x / y;
}
```

No podemos dejar `signo` por defecto y concretar `delta`

Sobrecarga de subprogramas

Luis Hernández Yáñez

Sobrecarga de subprogramas

Igual nombre, distintos parámetros

Funciones o procedimientos con igual nombre y distintos parámetros:

```
int abs(int n);
double abs(double n);
long int abs(long int n);
```

Se ejecutará la función que corresponda al tipo de argumento:

```
abs(13)    // argumento int --> primera función
abs(-2.3)  // argumento double --> segunda función
abs(3L)    // argumento long int --> tercera función
```

Para indicar que es un literal `long int`, en lugar de `int`

Luis Hernández Yáñez

cc BY NC SA

Sobrecarga de subprogramas

inter.cpp

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

void intercambia(int &x, int &y);
void intercambia(double &x,
                 double &y);
void intercambia(char &x, char &y);

void intercambia(int &x, int &y) {
   int tmp;
   tmp = x;
   x = y;
   y = tmp;
}

void intercambia(double &x,
                 double &y) {
   double tmp;
   tmp = x;
   x = y;
   y = tmp;
}

void intercambia(char &x, char &y) {
   char tmp;
   tmp = x;
   x = y;
   y = tmp;
}

int main() {
   int i1 = 3, i2 = 7;
   double d1 = 12.5, d2 = 35.9;
   char c1 = 'a', c2 = 'b';
   cout << i1 << " - " << i2 << endl;
   cout << d1 << " - " << d2 << endl;
   cout << c1 << " - " << c2 << endl;
   intercambia(i1, i2);
   intercambia(d1, d2);
   intercambia(c1, c2);
   cout << i1 << " - " << i2 << endl;
   cout << d1 << " - " << d2 << endl;
   cout << c1 << " - " << c2 << endl;
   return 0;
}
```


Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Fundamentos de la programación

5 Tipos de datos estructurados

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez/Pablo Moreno Ger
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Tipos de datos

Luis Hernández Yáñez/Pablo Moreno Ger

Tipos de datos

Clasificación de tipos

- ✓ Simples
  - Estándar: `int`, `float`, `double`, `char`, `bool`
    Conjunto de valores predeterminado ✓
  - Definidos por el usuario: *enumerados*
    Conjunto de valores definido por el programador ✓
- ✓ Estructurados
  - Colecciones homogéneas: *arrays*
    Todos los elementos del mismo tipo ✓
  - Colecciones heterogéneas: *estructuras*
    Los elementos pueden ser de tipos distintos

Luis Hernández Yáñez/Pablo Moreno Ger

Tipos estructurados

Colecciones o tipos aglomerados

Agrupaciones de datos (elementos):

- ✓ Todos del mismo tipo: *array* o *tabla*
- ✓ De tipos distintos: *estructura*, *registro* o *tupla*

Arrays (tablas)

- ➢ Elementos organizados por posición: 0, 1, 2, 3, ...
- ➢ Acceso por índice: 0, 1, 2, 3, ...
- ➢ Una o varias dimensiones

Estructuras (tuplas, registros)

- ➢ Elementos (campos) sin orden establecido
- ➢ Acceso por nombre

Fundamentos de la programación

Arrays de nuevo

Arrays

Estructura secuencial

Cada elemento se encuentra en una posición (*índice*):

- ✓ Los índices son enteros positivos
- ✓ El índice del primer elemento siempre es 0
- ✓ Los índices se incrementan de uno en uno

Acceso directo []

A cada elemento se accede a través de su índice:

`ventas[4]` accede al 5º elemento (contiene el valor `435.00`)

```
cout << ventas[4];
ventas[4] = 442.75;
```


Datos de un mismo tipo base:
Se usan como cualquier variable

Tipos y variables arrays

Declaración de tipos de arrays

```
const int Dimensión = ...;
typedef tipo_base tNombre[Dimensión];
```

Ejemplo:

```
const int Dias = 7;
typedef double tVentas[Dias];
```

Declaración de variables de tipos array: como cualquier otra

```
tVentas ventas;
```

¡NO se inicializan los elementos automáticamente!

¡Es responsabilidad del programador usar índices válidos!

No se pueden copiar arrays directamente (~~`array1 = array2`~~)

Hay que copiarlos elemento a elemento

Arrays y bucles for

Procesamiento de arrays

- ✓ Recorridos
- ✓ Búsquedas
- ✓ Ordenación

etcétera...

Recorrido de arrays con bucles for

Arrays: tamaño fijo → Bucles de recorrido fijo (for)

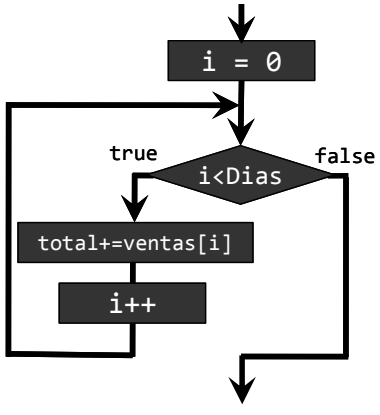
```
const int Dias = 7;
typedef double tVentas[Dias];
```

```
tVentas ventas;
double media, total = 0;
...
for (int i = 0; i < Dias; i++) {
   total = total + ventas[i];
}
media = total / Dias;
```


Arrays y bucles for

12.40	10.96	8.43	11.65	13.70	13.41	14.07
0	1	2	3	4	5	6

```
tVentas ventas;
double media, total = 0;
...
for (int i = 0; i < Dias; i++) {
   total = total + ventas[i];
}
```



...

Memoria

Dias	7
→ ventas[0]	12.40
→ ventas[1]	10.96
→ ventas[2]	8.43
→ ventas[3]	11.65
→ ventas[4]	13.70
ventas[5]	13.41
ventas[6]	14.07
media	?
total	84.62
i	7

Más sobre arrays

Luis Hernández Yáñez/Pablo Moreno Ger

Inicialización de arrays

Podemos inicializar los elementos de los arrays en la declaración

Asignamos una serie de valores al array:

```
const int DIM = 10;
typedef int tTabla[DIM];
tTabla i = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 };
```

Se asignan los valores por su orden:

```
i[0] i[1] i[2] i[3] i[4] ... i[9]
  ↑    ↑    ↑    ↑    ↑        ↑
 1º   2º   3º   4º   5º  ...  10º
```

Si hay menos valores que elementos, los restantes se ponen a `0`

```
tTabla i = { 0 }; // Pone todos los elementos a 0
```

Luis Hernández Yáñez/Pablo Moreno Ger

cc BY NC SA

Enumerados como índices

```
const int Colores = 3,
typedef enum { rojo, verde, azul } tRGB;
typedef int tColor[Colores];
tColor color;
...
cout << "Cantidad de rojo (0-255): ";
cin >> color[rojo];
cout << "Cantidad de verde (0-255): ";
cin >> color[verde];
cout << "Cantidad de azul (0-255): ";
cin >> color[azul];
```

Recuerda que internamente se asignan enteros a partir de 0 a los distintos símbolos del enumerado
rojo ≡ 0 verde ≡ 1 azul ≡ 2

Paso de arrays a subprogramas

Simulación de paso de parámetro por referencia

Sin poner & en la declaración del parámetro

Los subprogramas reciben la dirección en memoria del array

```
const int Max = 10;
typedef int tTabla[Max];
void inicializa(tTabla tabla); // Sin poner &
```

Las modificaciones del array quedan reflejadas en el argumento

```
inicializa(array);
```

Si `inicializa()` modifica algún elemento de `tabla`, automáticamente queda modificado ese elemento de `array`

¡Son el mismo array!

Paso de arrays a subprogramas

```
const int Dim = 10;
typedef int tTabla[Dim];
void inicializa(tTabla tabla); // no se usa &

void inicializa(tTabla tabla) {
   for (int i = 0; i < Dim; i++)
      tabla[i] = i;
}
int main() {
   tTabla array;
   inicializa(array); // array queda modificado
   for (int i = 0; i < Dim; i++)
      cout << array[i] << " ";
   ...
```

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


Paso de arrays a subprogramas

¿Cómo evitar que se modifique el array?

Usando el modificador `const` en la declaración del parámetro:

`const tTabla tabla` Un array de constantes

```
void muestra(const tTabla tabla);
```

El argumento se tratará como un array de constantes

Si en el subprograma hay alguna instrucción que intente modificar un elemento del array: error de compilación

```
void muestra(const tTabla tabla) {
   for (int i = 0; i < Dim; i++) {
      cout << tabla[i] << " ";
      // OK. Se accede, pero no se modifica
   }
}
```


Implementación de listas

Implementación de listas con arrays

Listas con un número fijo de elementos

Array con el nº de elementos como dimensión

```
const int NUM = 100;
typedef double tLista[NUM]; // Exactamente 100 double
tLista lista;
```

Recorrido de la lista:

```
for (int i = 0; i < NUM; i++) {
   ...
```

Búsqueda en la lista:

```
while ((i < NUM) && !encontrado) {
   ...
```


Implementación de listas con arrays

Listas con un número variable de elementos

Array con un máximo de elementos + Contador de elementos

```
const int MAX = 100;
typedef double tLista[MAX]; // Hasta 100 elementos
tLista lista;
int contador = 0; // Se incrementa al insertar
```

Recorrido de la lista:

```
for (int i = 0; i < contador; i++) {
   ...
```

Búsqueda en la lista:

```
while ((i < contador) && !encontrado) {
   ...
```

¿Array y contador por separado? → Estructuras

Fundamentos de la programación

Cadenas de caracteres

Cadenas de caracteres

Arrays de caracteres

Cadenas: secuencias de caracteres de longitud variable

```
"Hola" "Adiós" "Supercalifragilístico" "1234 56 7"
```

Variables de cadena: contienen secuencias de caracteres

Se guardan en arrays de caracteres: tamaño máximo (dimensión)

No todas las posiciones del array son relevantes:

- ✓ Longitud de la cadena: número de caracteres, desde el primero, que realmente constituyen la cadena:

H	o	l	a																		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Longitud actual: 4

Cadenas de caracteres

Longitud de la cadena

A	d	i	ó	s																	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Longitud: 5

S	u	p	e	r	c	a	l	i	f	r	a	g	i	l	í	s	t	i	c	o	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Longitud: 21

Necesidad de saber dónde terminan los caracteres relevantes:

- ✓ Mantener la longitud de la cadena como dato asociado
- ✓ Colocar un carácter de terminación al final (*centinela*)

A	d	i	ó	s	\0					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Cadenas de caracteres

Cadenas de caracteres en C++

Dos alternativas para el manejo de cadenas:

- ✓ Cadenas al estilo de C (*terminadas en nulo*)
- ✓ Tipo `string`

Cadenas al estilo de C *Anexo del tema*

- ✓ Arrays de tipo `char` con una longitud máxima
- ✓ Un último carácter especial al final: `'\0'`

Tipo `string`

- ✓ Cadenas más sofisticadas
- ✓ Sin longitud máxima (gestión automática de la memoria)
- ✓ Multitud de funciones de utilidad (biblioteca `string`)

Fundamentos de la programación

Cadenas de caracteres de tipo `string`

Cadenas de caracteres de tipo `string`

El tipo `string`

- ✓ El tipo asume la responsabilidad de la gestión de memoria
- ✓ Define operadores sobrecargados (+ para concatenar)
- ✓ Cadenas más eficientes y seguras de usar

Biblioteca `string`

Requiere establecer el espacio de nombres a `std`

- ✓ Se pueden inicializar en la declaración
- ✓ Se pueden copiar con el operador de asignación
- ✓ Se pueden concatenar con el operador +
- ✓ Multitud de funciones de utilidad

Cadenas de tipo `string`

`string.cpp`

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

int main() {
   string cad1("Hola");   // inicialización
   string cad2 = "amigo"; // inicialización
   string cad3;
   cad3 = cad1; // copia
   cout << "cad3 = " << cad3 << endl;
   cad3 = cad1 + " "; // concatenación
   cad3 += cad2;      // concatenación
   cout << "cad3 = " << cad3 << endl;
   cad1.swap(cad2);  // intercambio
   cout << "cad1 = " << cad1 << endl;
   cout << "cad2 = " << cad2 << endl;

   return 0;
}
```

Cadenas de tipo `string`

Longitud de la cadena:
`cadena.length()` o `cadena.size()`

Se pueden comparar con los operadores relacionales:
`if (cad1 <= cad2) { ...`

Acceso a los caracteres de una cadena:

- ✓ Como array de caracteres: *`cadena`*`[i]`
  Sin control de acceso a posiciones inexistentes del array
  Sólo debe usarse si se está seguro de que el índice es válido
- ✓ Función `at(`*`índice`*`)`: *`cadena`*`.at(i)`
  Error de ejecución si se accede a una posición inexistente

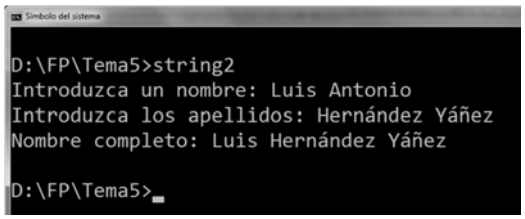
E/S con cadenas de tipo `string`

- ✓ Se muestran en la pantalla con `cout <<`
- ✓ Lectura con `cin >>`: termina con espacio en blanco (inc. Intro)
  El espacio en blanco queda pendiente
- ✓ Descartar el resto de los caracteres del búfer:
  `cin.sync();`
- ✓ Lectura incluyendo espacios en blanco:
  `getline(cin,` *`cadena`*`)`
  Guarda en la *`cadena`* los caracteres leídos hasta el fin de línea
- ✓ Lectura de archivos de texto:
  Igual que de consola; `sync()` no tiene efecto
  `archivo >> cadena` `getline(archivo, cadena)`

E/S con cadenas de tipo `string`

string2.cpp

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

int main() {
   string nombre, apellidos;
   cout << "Introduzca un nombre: ";
   cin >> nombre;
   cout << "Introduzca los apellidos: ";
   cin.sync();
   getline(cin, apellidos);
   cout << "Nombre completo: " << nombre << " "
        << apellidos << endl;

   return 0;
}
```



Operaciones con cadenas de tipo `string`

- ✓ *cadena*.substr(*posición, longitud*)

  Subcadena de *longitud* caracteres desde *posición*

  ```
  string cad = "abcdefg";
  cout << cad.substr(2, 3); // Muestra cde
  ```

- ✓ *cadena*.find(*subcadena*)

  Posición de la primera ocurrencia de *subcadena* en *cadena*

  ```
  string cad = "Olala";
  cout << cad.find("la"); // Muestra 1
  ```

  (Recuerda que los arrays de caracteres comienzan con el índice 0)

- ✓ *cadena*.rfind(*subcadena*)

  Posición de la última ocurrencia de *subcadena* en *cadena*

  ```
  string cad = "Olala";
  cout << cad.rfind("la"); // Muestra 3
  ```

Operaciones con cadenas de tipo `string`

- ✓ *cadena*`.erase(`*ini, num*`)`

  Elimina *num* caracteres a partir de la posición *ini*

```
string cad = "abcdefgh";
cad.erase(3, 4); // cad ahora contiene "abch"
```

- ✓ *cadena*`.insert(`*ini, cadena2*`)`

  Inserta *cadena2* a partir de la posición *ini*

```
string cad = "abcdefgh";
cad.insert(3, "123"); // cad ahora contiene "abc123defgh"
```

http://www.cplusplus.com/reference/string/string/

Fundamentos de la programación

Estructuras

Estructuras

Colecciones heterogéneas (tuplas, registros)

Elementos de (posiblemente) distintos tipos: *campos*

Campos identificados por su nombre

Información relacionada que se puede manejar como una unidad

Acceso a cada elemento por su nombre de campo (operador `.`)

Tipos de estructuras

```
typedef struct {
   ... // declaraciones de campos (como variables)
} tTipo; // nombre de tipo - ¡al final!
```

```
typedef struct {
   string nombre;
   string apellidos;
   int edad;
   string nif;
} tPersona;
```

Campos:

Tipos estándar o previamente declarado

Variables de estructuras

```
tPersona persona;
```

Las variables de tipo `tPersona` contienen cuatro datos (campos):

`nombre apellidos edad nif`

Acceso a los campos con el operador punto (`.`):

```
persona.nombre // una cadena (string)
persona.apellidos // una cadena (string)
persona.edad   // un entero (int)
persona.nif // una cadena (string)
```

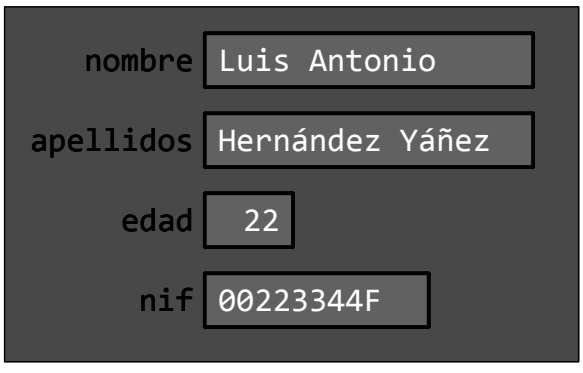
Podemos copiar dos estructuras directamente:

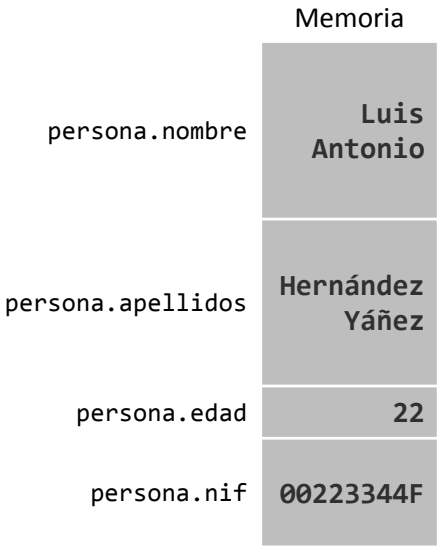
```
tPersona persona1, persona2;
...
persona2 = persona1;
```

Se copian todos los campos a la vez

Agrupación de datos heterogéneos

```
typedef struct {
   string nombre;
   string apellidos;
   int edad;
   string nif;
} tPersona;
tPersona persona;
```





Elementos sin orden establecido

```
typedef struct {
   string nombre;
   string apellidos;
   int edad;
   string nif;
} tPersona;
tPersona persona;
```

Los campos no siguen ningún orden establecido

Acceso directo por nombre de campo (operador `.`)

Con cada campo se puede hacer lo que permita su tipo

Las estructuras se pasan por valor (sin &)
o por referencia (con &) a los subprogramas

Estructuras dentro de estructuras

```
typedef struct {
   string dni;
   char letra;
} tNif;
```

```
typedef struct {
   ...
   tNif nif;
} tPersona;
```

```
tPersona persona;
```

Acceso al NIF completo:

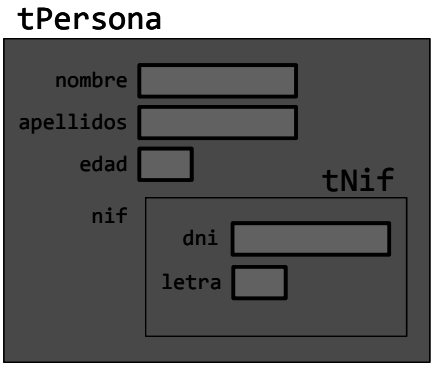
```
persona.nif // Otra estructura
```

Acceso a la letra del NIF:

```
persona.nif.letra
```

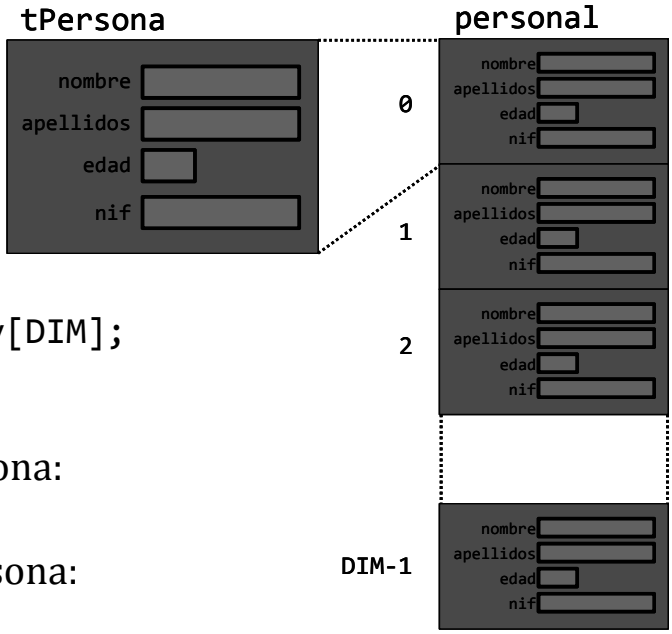
Acceso al DNI:

```
persona.nif.dni
```



Arrays de estructuras

```
const int DIM = 100;
typedef struct {
   string nombre;
   string apellidos;
   int edad;
   string nif;
} tPersona;
typedef tPersona tArray[DIM];
tArray personal;
```



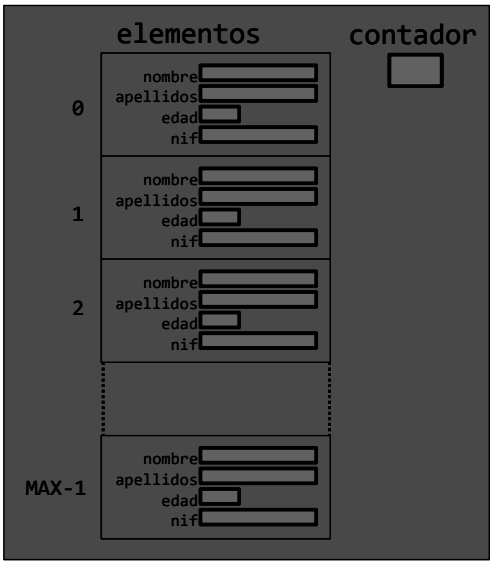
Nombre de la tercera persona:
`personal[2].nombre`

Edad de la duodécima persona:
`personal[11].edad`

NIF de la primera persona:
`personal[0].nif`

Arrays dentro de estructuras

```
const int MAX = 100;
typedef struct {
   string nombre;
   string apellidos;
   int edad;
   string nif;
} tPersona;
typedef tPersona tArray[MAX];
typedef struct {
   tArray elementos;
   int contador;
} tLista;
tLista lista;
```



Nombre de la tercera persona: `lista.elementos[2].nombre`

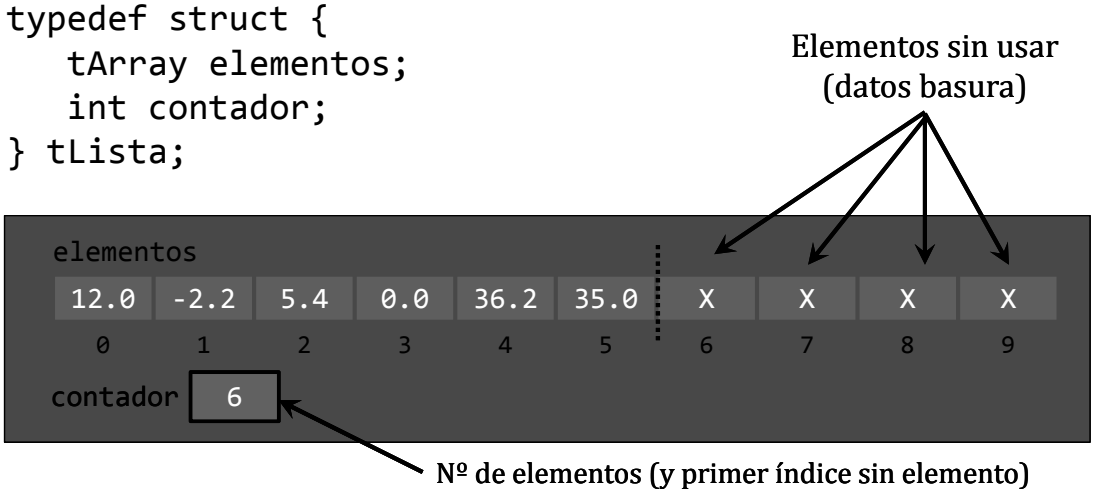
Edad de la duodécima persona: `lista.elementos[11].edad`

NIF de la primera persona: `lista.elementos[0].nif`

Listas de longitud variable

Estructura que agrupe el array y el contador:

```
const int MAX = 10;
typedef double tArray[MAX];
typedef struct {
   tArray elementos;
   int contador;
} tLista;
```

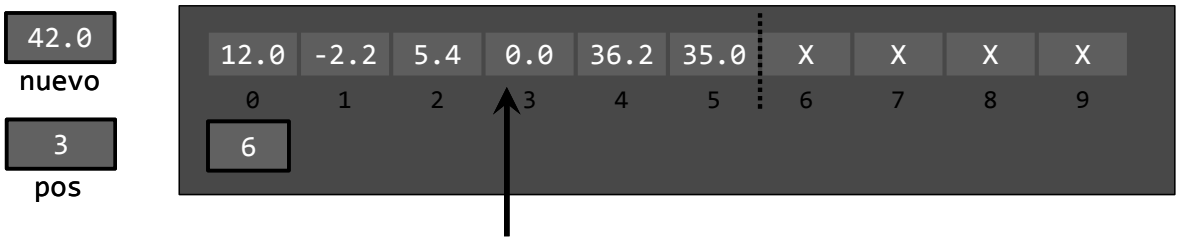


Operaciones principales: inserción y eliminación de elementos

Inserción de elementos

Insertar un nuevo elemento en una posición

Posiciones válidas: 0 a `contador`



Hay que asegurarse de que haya sitio (contador < máximo)

Operación en 3 pasos:

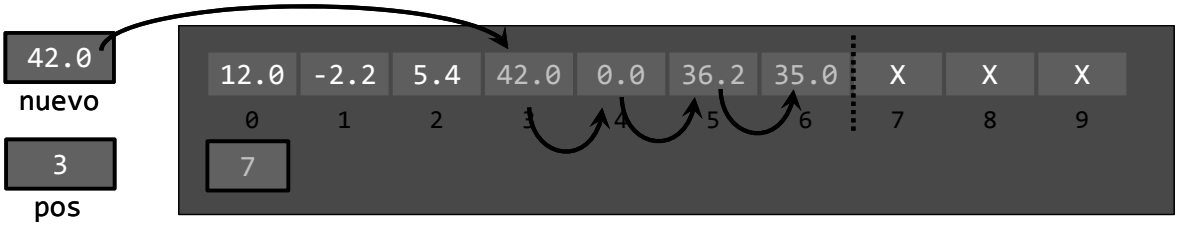
1.- Abrir hueco para el nuevo elemento (desde la posición)

2.- Colocar el elemento nuevo en la posición

3.- Incrementar el contador

Inserción de elementos

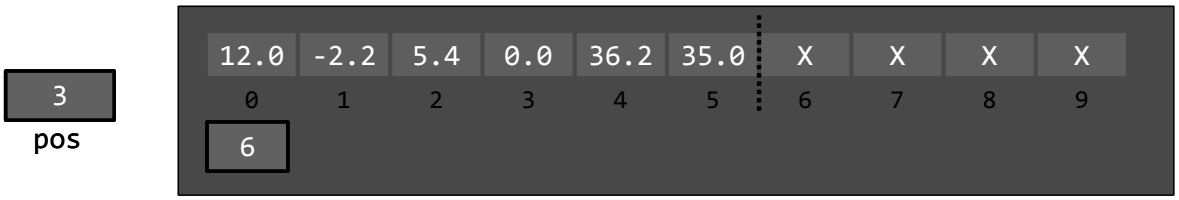
```
if (lista.contador < N) {
   // Abrir hueco
   for (int i = lista.contador; i > pos; i--) {
      lista.elementos[i] = lista.elementos[i - 1];
   }
   // Insertar e incrementar contador
   lista.elementos[pos] = nuevoElemento;
   lista.contador++;
}
```



Eliminación de elementos

Eliminar el elemento en una posición

Posiciones válidas: 0 a `contador-1`



Desplazar a la izquierda desde el siguiente y decrementar el contador:

```
for (int i = pos; i < lista.contador - 1 ; i++) {
   lista.elementos[i] = lista.elementos[i + 1];
}
lista.contador--;
```


Eliminación de elementos

```
for (int i = pos; i < lista.contador - 1 ; i++) {
   lista.elementos[i] = lista.elementos[i + 1];
}
lista.contador--;
```

Un ejemplo completo

Ejemplo de lista de longitud variable

Descripción

Programa que mantenga una lista de los estudiantes de una clase

De cada estudiante: nombre, apellidos, edad, NIF y nota

- ✓ Se desconoce el número total de estudiantes (máximo 100)
- ✓ La información de la lista se mantiene en un archivo `clase.txt`
  Se carga al empezar y se guarda al finalizar
- ✓ El programa debe ofrecer estas opciones:
  - Añadir un nuevo alumno
  - Eliminar un alumno existente
  - Calificar a los estudiantes
  - Listado de notas, identificando la mayor y la media

Ejemplo de lista de longitud variable

bd.cpp

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

const int MAX = 100;
typedef struct {
   string nombre;
   string apellidos;
   int edad;
   string nif;
   double nota;
} tEstudiante;
typedef tEstudiante tArray[MAX];
typedef struct {
   tArray elementos;
   int contador;
} tLista;
```

Declaraciones de constantes y tipos globales

Tras las bibliotecas

Ejemplo de lista de longitud variable

```
// Prototipos
int menu(); // Menú del programa - devuelve la opción elegida
void cargar(tLista &lista, bool &ok); // Carga del archivo
void guardar(const tLista &lista); // La guarda en el archivo
void leerEstudiante(tEstudiante &estudiante); // Lee los datos
void insertarEstudiante(tLista &lista, tEstudiante estudiante,
   bool &ok); // Inserta un nuevo estudiante en la lista
void eliminarEstudiante(tLista &lista, int pos, bool &ok);
// Elimina el estudiante en esa posición
string nombreCompleto(tEstudiante estudiante);
void calificar(tLista &lista); // Notas de los estudiantes
double mediaClase(const tLista &lista); // Nota media
int mayorNota(const tLista &lista);
// Índice del estudiante con mayor nota
void mostrarEstudiante(tEstudiante estudiante);
void listado(const tLista &lista, double media, int mayor);
// Listado de la clase
```

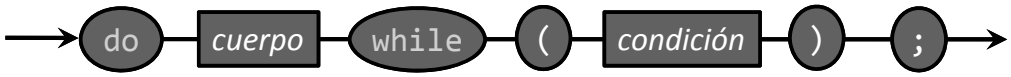
Los prototipos, después de los tipos globales

El bucle do-while

Otro bucle no determinado de C++

El bucle do..while

`do` *cuerpo* `while (`*condición*`);` Condición al final del bucle



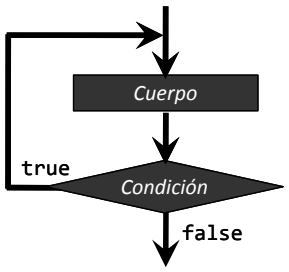

```
int i = 1;
do {
   cout << i << endl;
   i++;
} while (i <= 100);
```

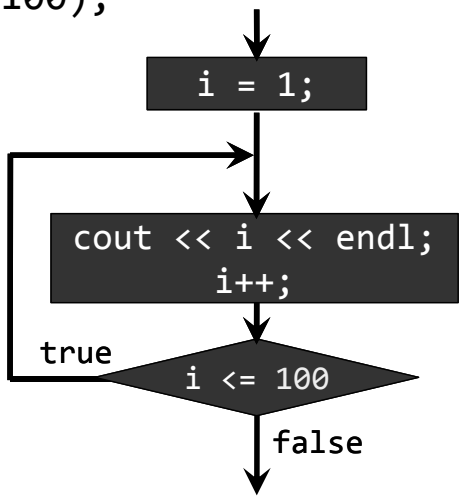
El *cuerpo* siempre se ejecuta al menos una vez

El *cuerpo* es un bloque de código

Ejecución del bucle do-while

```
int i = 1;
do {
   cout << i << endl;
   i++;
} while (i <= 100);
```





El cuerpo se ejecuta al menos una vez

while *versus* do-while

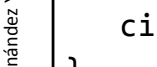
¿Ha de ejecutarse al menos una vez el cuerpo del bucle?

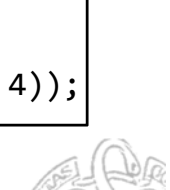
```
cin >> d; // Lectura del 1º
while (d != 0) {
   suma = suma + d;
   cont++;
   cin >> d;
}
```

```
do {
   cin >> d;
   if (d != 0) { // ¿Final?
      suma = suma + d;
      cont++;
   }
} while (d != 0);
```

```
cout << "Opción: ";
cin >> op; // Lectura del 1º
while ((op < 0) || (op > 4)) {
   cout << "Opción: ";
   cin >> op;
}
```

```
do { // Más simple
   cout << "Opción: ";
   cin >> op;
} while ((op < 0) || (op > 4));
```



El menú de la aplicación con do-while

```
int menu() {
   int op;

   do {
      cout << "1 - Añadir un nuevo estudiante" << endl;
      cout << "2 - Eliminar un estudiante" << endl;
      cout << "3 - Calificar a los estudiantes" << endl;
      cout << "4 - Listado de estudiantes" << endl;
      cout << "0 - Salir" << endl;
      cout << "Opción: ";
      cin >> op;
   } while ((op < 0) || (op > 4));

   return op;
}
```


Ejemplo de lista de longitud variable

El archivo `clase.txt`

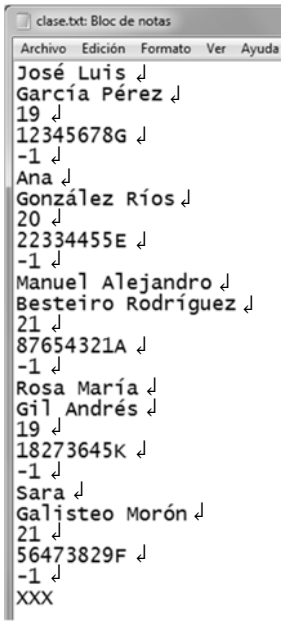
Un dato en cada línea

Por cada estudiante:

- ✓ Nombre (cadena)
- ✓ Apellidos (cadena)
- ✓ Edad (entero)
- ✓ NIF (cadena)
- ✓ Nota (real; -1 si no calificado)

Termina con XXX como nombre

El archivo se supone correcto



Ejemplo de lista de longitud variable

Lectura de la información de un estudiante

Nombre y apellidos:

Puede haber varias palabras → `getline()`

Edad → extractor (>>)

NIF: Una sola palabra → extractor (>>)

Nota → extractor (>>)

Queda pendiente de leer el Intro

Hay que saltar (leer) ese carácter con `get()`

Si no, en el siguiente nombre se leería una cadena vacía (Intro)

No leas directamente en la lista:

~~`getline(archivo, lista.elementos[lista.contador].nombre);`~~

Lee en una variable auxiliar de tipo `tEstudiante`

Carga del archivo `clase.txt`

```
void cargar(tLista &lista, bool &ok) {
   tEstudiante estudiante; // Variable auxiliar para leer
   ifstream archivo;
   char aux;
   lista.contador = 0; // Inicializamos la lista
   archivo.open("clase.txt");
   if (!archivo.is_open()) {
      ok = false;
   }
   else {
      ok = true;
      getline(archivo, estudiante.nombre); // Leemos el primer nombre
      while ((estudiante.nombre != "XXX") && (lista.contador < MAX)) {
         getline(archivo, estudiante.apellidos);
         archivo >> estudiante.edad;
         archivo >> estudiante.nif;
         archivo >> estudiante.nota;
         archivo.get(aux); // Saltamos el Intro
         lista.elementos[lista.contador] = estudiante; // Al final
         lista.contador++;
         getline(archivo, estudiante.nombre); // Siguiente nombre
      } // Si hay más de MAX estudiantes, ignoramos el resto
      archivo.close();
   }
}
```


Volcado en el archivo `clase.txt`

Simplemente, un dato en cada línea y en orden:

```
void guardar(const tLista &lista) {
   ofstream archivo;
   archivo.open("clase.txt");
   for (int i = 0; i < lista.contador; i++) {
      archivo << lista.elementos[i].nombre << endl;
      archivo << lista.elementos[i].apellidos << endl;
      archivo << lista.elementos[i].edad << endl;
      archivo << lista.elementos[i].nif << endl;
      archivo << lista.elementos[i].nota << endl;
   }
   archivo << "XXX" << endl; // Centinela final
   archivo.close();
}
```

`const tLista &lista` → Referencia constante
Paso por referencia pero como constante ≡ Paso por valor
Evita la copia del argumento en el parámetro (estructuras grandes)

Lectura de los datos de un estudiante

```
void leerEstudiante(tEstudiante &estudiante) {
   cin.sync(); // Descartamos cualquier entrada pendiente
   cout << "Nombre: ";
   getline(cin, estudiante.nombre);
   cout << "Apellidos: ";
   getline(cin, estudiante.apellidos);
   cout << "Edad: ";
   cin >> estudiante.edad;
   cout << "NIF: ";
   cin >> estudiante.nif;
   estudiante.nota = -1; // Sin calificar de momento
   cin.sync(); // Descartamos cualquier entrada pendiente
}
```


Inserción de un nuevo estudiante

```
void insertarEstudiante(tLista &lista, tEstudiante estudiante,
   bool &ok) {

   ok = true;
   if (lista.contador == MAX) {
      ok = false;
   }
   else {
      lista.elementos[lista.contador] = estudiante;
      // Insertamos al final
      lista.contador++;
   }
}
```


Eliminación de un estudiante

```
void eliminarEstudiante(tLista &lista, int pos, bool &ok) {
// Espera el índice del elemento en pos

   if ((pos < 0) || (pos > lista.contador - 1)) {
      ok = false; // Elemento inexistente
   }
   else {
      ok = true;
      for (int i = pos; i < lista.contador - 1; i++) {
         lista.elementos[i] = lista.elementos[i + 1];
      }
      lista.contador--;
   }
}
```


Calificación de los estudiantes

```
string nombreCompleto(tEstudiante estudiante) {
   return estudiante.nombre + " " + estudiante.apellidos;
}

void calificar(tLista &lista) {

   for (int i = 0; i < lista.contador; i++) {
      cout << "Nota del estudiante "
         << nombreCompleto(lista.elementos[i]) << ": ";
      cin >> lista.elementos[i].nota;
   }
}
```


Más subprogramas

```
double mediaClase(const tLista &lista) {
   double total = 0.0;
   for (int i = 0; i < lista.contador; i++) {
      total = total + lista.elementos[i].nota;
   }
   return total / lista.contador;
}

int mayorNota(const tLista &lista) {
   double max = 0;
   int pos = 0;
   for (int i = 0; i < lista.contador; i++) {
      if (lista.elementos[i].nota > max) {
         max = lista.elementos[i].nota;
         pos = i;
      }
   }
   return pos;
}
```


El listado

```
void mostrarEstudiante(tEstudiante estudiante) {
   cout << setw(35) << left << nombreCompleto(estudiante);
   cout << estudiante.nif << " ";
   cout << setw(2) << estudiante.edad << " años ";
   cout << fixed << setprecision(1) << estudiante.nota;
}

void listado(const tLista &lista, double media, int mayor) {
   for (int i = 0; i < lista.contador; i++) {
      cout << setw(3) << i << ": ";
      mostrarEstudiante(lista.elementos[i]);
      if (i == mayor) {
         cout << " <<< Mayor nota!";
      }
      cout << endl;
   }
   cout << "Media de la clase: " << fixed << setprecision(1)
      << media << endl << endl;
}
```


El programa principal

```
int main() {
   tLista lista;
   tEstudiante estudiante;
   bool exito;
   int op, pos;

   cargar(lista, exito);
   if (!exito) {
      cout << "No se ha podido cargar la lista!" << endl;
   }
   else {
      do { // El bucle do evita tener que leer antes la primera opción
         op = menu();
         switch (op) {
         case 1:
            {
               leerEstudiante(estudiante);
               insertarEstudiante(lista, estudiante, exito);
               if (!exito) {
                  cout << "Lista llena: imposible insertar" << endl;
               }
            }
            break;
```


El programa principal

```
            case 2:
               {
                  cout << "Posición: ";
                  cin >> pos;
                  eliminarEstudiante(lista, pos - 1, exito);
                  if (!exito) {
                     cout << "Elemento inexistente!" << endl;
                  }
               }
               break;
            case 3:
               {
                  calificar(lista);
               }
               break;
            case 4:
               {
                  listado(lista, mediaClase(lista), mayorNota(lista));
               }
            }
         } while (op != 0);
         guardar(lista);
      }
      return 0;
   }
```


Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Fundamentos de la programación

5A Cadenas de caracteres al estilo de C

ANEXO

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez/Pablo Moreno Ger
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Cadenas de caracteres al estilo de C

Arrays de caracteres terminados en nulo

```
const Max = 15;
typedef char tCadena[Max];
tCadena cadena = "Adiós"; // Inicialización al declarar
```

Siempre hay al final un carácter nulo (código ASCII `0` – `'\0'`)

Indica que en esa posición termina la cadena (exclusive)

En el array caben `MAX`-1 caracteres significativos
Longitud máxima de la variable `cadena`: 14

No se pueden asignar cadenas literales: ~~`cadena = "Hola";`~~

Ni copiar cadenas directamente: ~~`cad2 = cad1;`~~

Ni comparar con op. relacionales: ~~`if (cad1 < cad2) ...`~~

Entrada/salida con cadenas al estilo de C

```
tCadena cadena;
cin >> cadena; // Se añade un nulo al final
```

Extractor: la lectura termina en el primer espacio en blanco

¡No se comprueba si se leen más caracteres de los que caben!

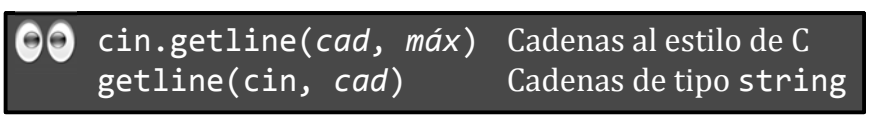
`setw()`: máximo de caracteres a colocar (incluyendo el nulo)

```
cin >> setw(15) >> cadena;
```

`cin.getline(`*`cadena_estilo_C`*`, `*`máx`*`)`:

Para leer también los espacios en blanco y no más de *máx*-1

```
cin.getline(cadena, 15); // Hasta 14 caracteres
cout << cadena << endl; // El nulo no se muestra
```



La biblioteca cstring

- ✓ strlen(*cadena*): longitud actual de la *cadena*
  ```
  cout << "Longitud: " << strlen(cadena);
  ```
- ✓ strcpy(*destino*, *origen*): copia *origen* en *destino*
  ```
  strcpy(cad2, cad1);  strcpy(cad, "Me gusta C++");
  ```
- ✓ strcat(*destino*, *origen*): añade *origen* al final de *destino*
  ```
  tCadena cad1 = "Hola", cad2 = "Adiós";
  strcat(cad1, cad2); // cad1 contiene "HolaAdiós"
  ```
- ✓ strcmp(*cad1*, *cad2*): compara lexicográficamente las cadenas
  0 si son iguales, 1 si *cad1* > *cad2* ó -1 si *cad1* < *cad2*
  ```
  tCadena cad1 = "Hola", cad2 = "Adiós";
  strcmp(cad1, cad2) // Devuelve 1 ("Hola" > "Adiós")
  ...
  ```
  http://www.cplusplus.com/reference/clibrary/cstring/

Ejemplo de cadenas al estilo de C

cadenas.cpp

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

int main() {
   const int MAX = 20;
   typedef char tCad[MAX];
   tCad cadena = "Me gusta C++";
   cout << cadena << endl;
   cout << "Cadena: ";
   cin >> cadena; // Lee hasta el primer espacio en blanco
   cout << cadena << endl;
   cin.sync(); // Sincronizar la entrada
   cout << "Cadena: ";
   cin.getline(cadena, MAX);
   cout << cadena << endl;
   cout << "Longitud: " << strlen(cadena) << endl;
   strcpy(cadena, "Hola");
   ...
```


Ejemplo de cadenas al estilo de C

```
    tCad cadena2 = " amigo";
    strcat(cadena, cadena2);
    cout << cadena << endl;
    if (strcmp(cadena, cadena2) == 0) {
       cout << "Iguales";
    }
    else if (strcmp(cadena, cadena2) > 0) {
       cout << cadena << " es mayor que " << cadena2;
    }
    else {
       cout << cadena << " es menor que " << cadena2;
    }
    cout << endl;

    return 0;
}
```


Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Fundamentos de la programación

6 Recorrido y búsqueda en arrays

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez / Pablo Moreno Ger
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Recorrido de arrays

Luis Hernández Yáñez

Recorrido de arrays

Esquema de recorrido

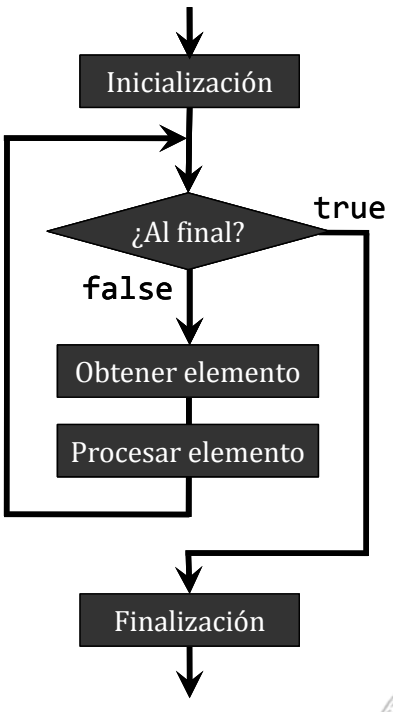
Inicialización

Mientras no al final de la secuencia:

Obtener el siguiente elemento

Procesar el elemento

Finalización



Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Recorrido de arrays

Recorrido de secuencias en arrays

- ✓ Todas las posiciones ocupadas:
  Tamaño del array = longitud de la secuencia
  N elementos en un array de N posiciones:
  Recorrer el array desde la primera posición hasta la última
- ✓ Posiciones libres al final del array:
  Tamaño del array > longitud de la secuencia
  - ➢ Con centinela:
    Recorrer el array hasta encontrar el valor centinela
  - ➢ Con *contador* de elementos:
    Recorrer el array hasta el índice *contador* – 1

Recorrido de arrays

Recorrido de arrays completos

Todas las posiciones del array ocupadas

```
const int N = 10;
typedef double tVentas[N];
tVentas ventas;
...
```

ventas	125.40	76.95	328.80	254.62	435.00	164.29	316.05	219.99	93.45	756.62
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

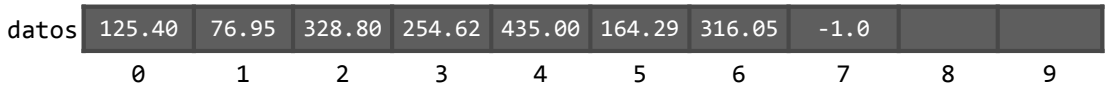
```
double elemento;
for (int i = 0; i < N; i++) {
   elemento = ventas[i];
   // Procesar el elemento ...
}
```


Recorrido de arrays

Recorrido de arrays no completos – con centinela

No todas las posiciones del array están ocupadas

```
const int N = 10;
typedef double tArray[N];
tArray datos; // Datos positivos: centinela = -1
...
```




```
int i = 0;
double elemento = datos[i];
while (elemento != -1) {
   // Procesar el elemento ...
   i++;
   elemento = datos[i];
}
```

```
int i = 0;
double elemento;
do {
   elemento = datos[i];
   if (elemento != -1) {
      // Procesar el elemento...
      i++;
   }
} while (elemento != -1);
```

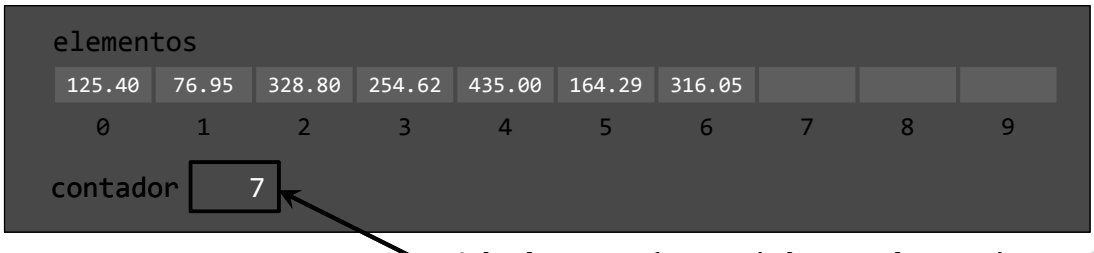

Recorrido de arrays

Recorrido de arrays no completos – con contador

Array y contador íntimamente relacionados: estructura

```
const int N = 10;
typedef double tArray[N];
typedef struct {
   tArray elementos;
   int contador;
} tLista;
```

Listas de elementos de longitud variable



Nº de elementos (primer índice sin elemento)

Recorrido de arrays

Recorrido de arrays no completos – con contador

```
const int N = 10;
typedef double tArray[N];
typedef struct {
   tArray elementos;
   int contador;
} tLista;
tLista lista;
...
double elemento;
for (int i = 0; i < lista.contador; i++) {
   elemento = lista.elementos[i];
   // Procesar el elemento...
}
```


Fundamentos de la programación

Ejemplos

Ejemplos

fibonacci.cpp

Array con los N primeros números de Fibonacci

```
const int N = 50;
typedef long long int tFibonacci[N]; // 50 números
tFibonacci fib;
fib[0] = 1;
fib[1] = 1;
for (int i = 2; i < N; i++) {
  fib[i] = fib[i - 1] + fib[i - 2];
}
for (int i = 0; i < N; i++) {
  cout << fib[i] << "   ";
}
```

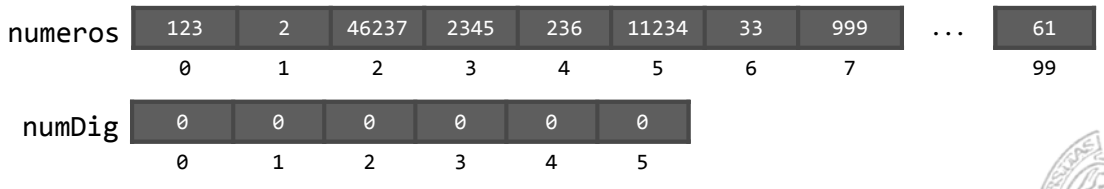

Ejemplos

Cuenta de valores con k dígitos

Recorrer una lista de N enteros contabilizando cuántos son de 1 dígito, cuántos de 2 dígitos, etcétera (hasta 5 dígitos)

2 arrays: array con los números y array de contadores

```
const int NUM = 100;
typedef int tNum[NUM]; // Exactamente 100 números
tNum numeros;
const int DIG = 5;
typedef int tDig[DIG]; // i --> números de i+1 dígitos
tDig numDig = { 0 };
```



Ejemplos

Cuenta de valores con k dígitos

Función que devuelve el número de dígitos de un entero:

```
int digitos(int dato) {
   int n_digitos = 1; // Al menos tiene un dígito
   // Recorremos la secuencia de dígitos...
   while (dato >= 10) {
      dato = dato / 10;
      n_digitos++;
   }
   return n_digitos;
}
```

Luis Hernández Yáñez

Ejemplos

Generación de números pseudoaleatorios

Probemos con una secuencia de enteros generada aleatoriamente

Función `rand()` (`cstdlib`): entero aleatorio entre 0 y 32766

`srand()` (`cstdlib`): inicia la secuencia de números aleatorios

Acepta un entero que usa como semilla para iniciar la secuencia

¿Qué valor usar? Uno distinto en cada ejecución

→ El instante de tiempo actual (diferente cada vez)

Función `time()` (`ctime`): segundos transcurridos desde 1970

Requiere un argumento, que en nuestro caso será NULL

```
srand(time(NULL)); // Inicia la secuencia
...
numeros[0] = rand(); // Entre 0 y 32766
```

Luis Hernández Yáñez

Ejemplos

digitos.cpp

Cuenta de valores con k dígitos

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <cstdlib> // srand() y rand()
#include <ctime> // time()

int digitos(int dato);

int main() {
   const int NUM = 100;
   typedef int tNum[NUM]; // Exactamente 100 números
   const int DIG = 5;
   typedef int tDig[DIG];
   tNum numeros;
   tDig numDig = { 0 }; // Inicializa todo el array a 0

   srand(time(NULL)); // Inicia la secuencia aleatoria
   ...
```


Ejemplos

```
   for (int i = 0; i < NUM; i++) { // Creamos la secuencia
      numeros[i] = rand(); // Entre 0 y 32766
   }

   for (int i = 0; i < NUM; i++) {
   // Recorremos la secuencia de enteros
      numDig[digitos(numeros[i]) - 1]++;
   }

   for (int i = 0; i < DIG; i++) {
   // Recorremos la secuencia de contadores
      cout << "De " << i + 1 << " díg. = " << numDig[i]
           << endl;
   }
   return 0;
}

int digitos(int dato) {
...
```


Búsquedas en arrays

Luis Hernández Yáñez

Búsquedas en arrays

Esquema de búsqueda

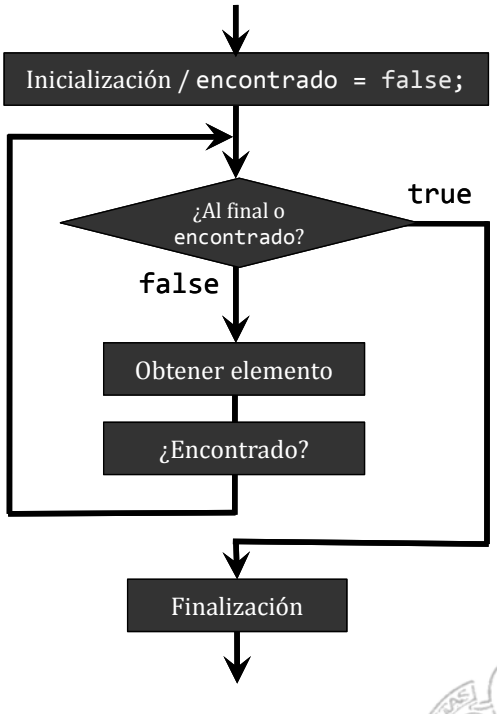
Inicialización

Mientras no se encuentre el elemento y no se esté al final de la secuencia:

Obtener el siguiente elemento

Comprobar si el elemento satisface la condición

Finalización
(tratar el elemento encontrado o indicar que no se ha encontrado)



Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Búsquedas en arrays completos

Todas las posiciones ocupadas

```
const int N = 100;
typedef int tArray[N];
tArray lista;
```

```
int buscado;
bool encontrado = false;
cout << "Valor a buscar: ";
cin >> buscado;
int pos = 0;
while ((pos < N) && !encontrado) {
// Mientras no se llegue al final y no encontrado
   if (lista[pos] == buscado) {
      encontrado = true;
   }
   else {
      pos++;
   }
}
if (encontrado) // ...
```

Luis Hernández Yáñez

Búsquedas en arrays incompletos

Con centinela

```
const int N = 10;
typedef int tArray[N];
tArray array;
const int centinela = -1;
```

```
int buscado;
cout << "Valor a buscar: ";
cin >> buscado;
int pos = 0;
bool encontrado = false;
while ((array[pos] != centinela) && !encontrado) {
   if (array[pos] == buscado) {
      encontrado = true;
   }
   else {
      pos++;
   }
}
if (encontrado) // ...
```

Luis Hernández Yáñez

Búsquedas en arrays incompletos

Con contador

```
const int N = 10;
typedef double tArray[N];
typedef struct {
   tArray elementos;
   int contador;
} tLista;
tLista miLista;
```

```
int buscado;
cout << "Valor a buscar: ";
cin >> buscado;
int pos = 0;
bool encontrado = false;
while ((pos < miLista.contador)
       && !encontrado) {
   // Mientras no al final y no encontrado
   if (miLista.elementos[pos] == buscado) {
      encontrado = true;
   }
   else {
      pos++;
   }
}
if (encontrado) // ...
```


Búsquedas por posición

Acceso directo a cualquier posición

Acceso directo: *array*[*posición*]

Si se puede calcular la posición del elemento, su acceso es directo

```
typedef double tVentaMes[DIAS][SUCURSALES];
typedef struct {
   tVentaMes ventas;
   int dias;
} tMes;
typedef tMes tVentaAnual[MESES];
tVentaAnual anual;
```

Ventas del cuarto día del tercer mes en la primera sucursal:

```
anual[2].ventas[3][0]
```


Ejemplo

Luis Hernández Yáñez

Primer valor por encima de un umbral

umbral.cpp

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

const int N = 100;
typedef double tArray[N];
typedef struct {
   tArray elementos;
   int contador;
} tLista;

void cargar(tLista &lista, bool &ok);

int main() {
   tLista lista;
   bool ok;
   cargar(lista, ok);
   if (!ok) {
      cout << "Error: no hay archivo o demasiados datos"
           << endl;
   }
```

Luis Hernández Yáñez

Primer valor por encima de un umbral

```
      else {
         double umbral;
         cout << "Valor umbral: "; cin >> umbral;
         bool encontrado = false;
         int pos = 0;
         while ((pos < lista.contador) && !encontrado) {
            if (lista.elementos[pos] > umbral) {
               encontrado = true;
            }
            else {
               pos++;
            }
         }
         if (encontrado) {
            cout << "Valor en pos. " << pos + 1 << " ("
                 << lista.elementos[pos] << ")" << endl;
         }
         else {
            cout << "¡No encontrado!" << endl;
         }
      }
      return 0;
   }
```


Primer valor por encima de un umbral

```
   void cargar(tLista &lista, bool &ok) {
      ifstream archivo;
      double dato;
      bool abierto = true, overflow = false;
      lista.contador = 0;
      archivo.open("datos.txt");
      if (!archivo.is_open()) {
         abierto = false;
      }
      else {
         archivo >> dato;
         while ((dato >= 0) && !overflow) {
            if (lista.contador == N) {
               overflow = true; // ¡Demasiados!
            }
            else {
               lista.elementos[lista.contador] = dato;
               lista.contador++;
               archivo >> dato;
            }
         }
         archivo.close();
      }
      ok = abierto && !overflow;
   }
```


Recorridos y búsquedas en cadenas de caracteres

Luis Hernández Yáñez

Cadenas de caracteres

inversa.cpp

Recorridos y búsquedas en cadenas de caracteres

Longitud de la cadena: `size()` o `length()`

Caso similar a los arrays con contador de elementos

Ejemplo: Recorrido de una cadena generando otra invertida

```
string cadena, inversa = "";
int pos;
char car;
// ... (lectura de cadena)
pos = 0;
while (pos < cadena.size()) {
   // Mientras no se llegue al final de la cadena
   car = cadena.at(pos);
   inversa = car + inversa; // Inserta car al principio
   pos++;
} // ...
```

Luis Hernández Yáñez

Cadenas de caracteres

busca.cpp

Búsqueda de un carácter en una cadena

```
string cadena;
char buscado;
int pos;
bool encontrado;
// ... (lectura de cadena)
cout << "Introduce el carácter a buscar: ";
cin >> buscado;
pos = 0;
encontrado = false;
while ((pos < cadena.size()) && !encontrado) {
   if (cadena.at(pos) == buscado) {
      encontrado = true;
   }
   else {
      pos++;
   }
}
if (encontrado) // ...
```


Fundamentos de la programación

Más ejemplos de manejo de arrays

Manejo de vectores

Tipo `tVector` para representar secuencias de N enteros:

```
const int N = 10;
typedef int tVector[N];
```

Subprogramas:

- ✓ Dado un vector, mueve sus componentes un lugar a la derecha; el último componente se moverá al 1er lugar
- ✓ Dado un vector, calcula y devuelve la suma de los elementos que se encuentran en las posiciones pares del vector
- ✓ Dado un vector, encuentra y devuelve la componente mayor
- ✓ Dados dos vectores, devuelve un valor que indique si son iguales
- ✓ Dado un vector, determina si alguno de los valores almacenados en el vector es igual a la suma del resto de los valores del mismo; devuelve el índice del primero encontrado o -1 si no se encuentra
- ✓ Dado un vector, determina si alguno de los valores almacenados en el vector está repetido

Manejo de vectores

vectores.cpp

```
void desplazar(tVector v) {
   int aux = v[N - 1];

   for (int i = N - 1; i > 0; i--) {
      v[i] = v[i - 1];
   }
   v[0] = aux;
}

int sumaPares(const tVector v) {
   int suma = 0;

   for (int i = 0; i < N; i = i + 2) {
      suma = suma + v[i];
   }

   return suma;
}
```


Manejo de vectores

```
int encuentraMayor(const tVector v) {
   int max = v[0], posMayor = 0;
   for (int i = 1; i < N; i++) {
      if (v[i] > max) {
         posMayor = i;
         max = v[i];
      }
   }
   return posMayor;
}

bool sonIguales(const tVector v1, const tVector v2) {
//Implementación como búsqueda del primer elemento distinto
   bool encontrado = false;
   int i = 0;
   while ((i<N) && !encontrado) {
      encontrado = (v1[i] != v2[i]);
      i++;
   }
   return !encontrado;
}
```


Manejo de vectores

```
int compruebaSuma(const tVector v) {
// ¿Alguno igual a la suma del resto?
   bool encontrado = false;
   int i = 0;
   int suma;
   while ((i < N) && !encontrado) {
      suma = 0;
      for (int j = 0; j < N; j++) {
         if (j != i) {
             suma = suma + v[j];
         }
      }
      encontrado = (suma == v[i]);
      i++;
   }
   if (!encontrado) {
      i = 0;
   }
   return i - 1;
}
```


Manejo de vectores

```
bool hayRepetidos(const tVector v) {
   bool encontrado = false;
   int i = 0, j;

   while ((i < N) && !encontrado) {
      j = i + 1;
      while ((j < N) && !encontrado) {
         encontrado = (v[i] == v[j]);
         j++;
      }
      i++;
   }

   return encontrado;
}
```

Luis Hernández Yáñez

Más vectores

Dado un vector de N caracteres v1, en el que no hay elementos repetidos, y otro vector de M caracteres v2, donde N ≤ M, se quiere comprobar si todos los elementos del vector v1 están también en el vector v2

Por ejemplo, si:

```
v1= 'a'   'h'   'i'   'm'
v2= 'h'   'a'   'x'   'x'   'm'   'i'
```

El resultado sería cierto, ya que todos los elementos de v1 están en v2

Luis Hernández Yáñez

Manejo de vectores

incluidos.cpp

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

const int N = 3;
const int M = 10;
typedef char tVector1[N];
typedef char tVector2[M];

bool esta(char dato, const tVector2 v2);
bool vectorIncluido(const tVector1 v1, const tVector2 v2);

int main() {
   tVector1 v1 = { 'a', 'b', 'c' };
   tVector2 v2 = { 'a', 'r', 'e', 't', 'z', 's', 'a', 'h', 'b', 'x' };
   bool ok = vectorIncluido(v1, v2);
   if (ok) {
      cout << "OK: v1 esta incluido en v2" << endl;
   }
   else {
      cout << "NO: v1 no esta incluido en v2" << endl;
   }
   return 0;
}
```


Manejo de vectores

```
bool esta(char dato, const tVector2 v2) {
   int i = 0;
   bool encontrado = (dato == v2[0]);

   while (!encontrado && (i < M - 1)) {
      i++;
      encontrado = (dato == v2[i]);
   }

   return encontrado;
}

bool vectorIncluido(const tVector1 v1, const tVector2 v2) {
   int i = 0;
   bool encontrado = esta(v1[0], v2);

   while (encontrado && (i < N - 1)) {
      i++;
      encontrado = esta(v1[i], v2);
   }

   return encontrado;
}
```


Anagramas

Un programa que lea dos cadenas del teclado y determine si una es un anagrama de la otra, es decir, si una cadena es una permutación de los caracteres de la otra.

Por ejemplo, `"acre"` es un anagrama de `"cera"` y de `"arce"`. Ten en cuenta que puede haber letras repetidas (`"carro"`, `"llave"`).

Anagramas

anagramas.cpp

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

int buscaCaracter(string cad, char c); // Índice o -1 si no está

int main() {
   string cad1, cad2;
   bool sonAnagramas = true;
   int numCar, posEnCad2;

   cout << "Introduce la primera cadena: ";
   getline(cin, cad1);
   cout << "Introduce la segunda cadena: ";
   getline(cin, cad2);
   if (cad1.length() != cad2.length()) { // No son anagramas
      sonAnagramas = false;
   }
   else {
      numCar = 0; // Contador de caracteres de la primera cadena
      while (sonAnagramas && (numCar < cad1.length())) {
         posEnCad2 = buscaCaracter(cad2, cad1.at(numCar));
```


Anagramas

```
            if (posEnCad2 == -1) { //No se ha encontrado el caracter
               sonAnagramas = false;
            }
            else {
               cad2.erase(posEnCad2, 1);
            }
            numCar++;
         }
      }

      if (sonAnagramas) {
         cout << "Las palabras introducidas son anagramas" << endl;
      }
      else {
         cout << "Las palabras introducidas NO son anagramas" << endl;
      }

      return 0;
   }
```


Anagramas

```
   int buscaCaracter(string cad, char c) {
      int pos = 0, lon = cad.length();
      bool encontrado = false;

      while ((pos < lon) && !encontrado) {
         if (cad.at(pos) == c) {
            encontrado = true;
         }
         else {
            pos++;
         }
      }
      if (!encontrado) {
         pos = -1;
      }

      return pos;
   }
```


Arrays multidimensionales

Luis Hernández Yáñez

Arrays de varias dimensiones

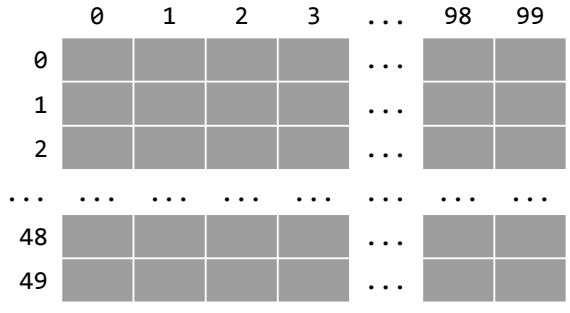
Varios tamaños en la declaración: cada uno con sus corchetes

```
typedef tipo_base nombre[tamaño1][tamaño2]...[tamañoN];
```

Varias dimensiones, tantas como tamaños se indiquen

```
typedef double tMatriz[50][100];
tMatriz matriz;
```

Tabla bidimensional de 50 filas por 100 columnas:



Luis Hernández Yáñez

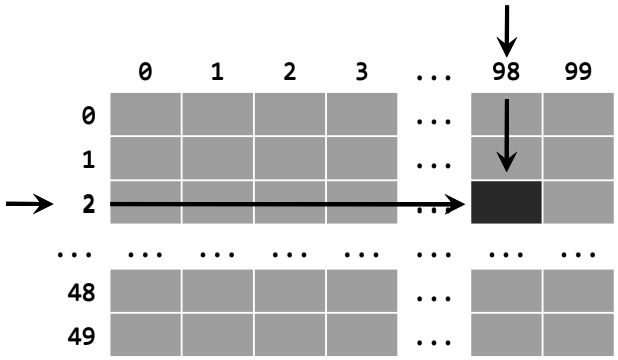
Arrays multidimensionales

Arrays de varias dimensiones

```
typedef double tMatriz[50][100];
tMatriz matriz;
```

Cada elemento se localiza con dos índices, uno por dimensión

```
cout << matriz[2][98];
```



Arrays multidimensionales

Arrays de varias dimensiones

Podemos definir tantas dimensiones como necesitemos

```
typedef double tMatriz[5][10][20][10];
tMatriz matriz;
```

Necesitaremos tantos índices como dimensiones:

```
cout << matriz[2][9][15][6];
```


Arrays multidimensionales

Ejemplo de array bidimensional

Temperaturas mínimas y máximas

Matriz bidimensional de días y mínima/máxima:

```
const int MaxDias = 31;
const int MED = 2; // Nº de medidas
typedef double tTemp[MaxDias][MED]; // Día x mín./máx.
tTemp temp;
```

Ahora:

- ✓ `temp[i][0]` es la temperatura mínima del día `i+1`
- ✓ `temp[i][1]` es la temperatura máxima del día `i+1`

Arrays multidimensionales

`temp.cpp`

```
int main() {
   const int MaxDias = 31;
   const int MED = 2; // Nº de medidas
   typedef double tTemp[MaxDias][MED]; // Día x mín./máx.
   tTemp temp;
   double tMaxMedia = 0, tMinMedia = 0,
          tMaxAbs = -100, tMinAbs = 100;
   int dia = 0;
   double max, min;
   ifstream archivo;

   archivo.open("temp.txt");
   if (!archivo.is_open()) {
      cout << "No se ha podido abrir el archivo!" << endl;
   }
   else {
      archivo >> min >> max;
      // El archivo termina con -99 -99
      ...
```


Arrays multidimensionales

```
        while (!((min == -99) && (max == -99))
               && (dia < MaxDias)) {
           temp[dia][0] = min;
           temp[dia][1] = max;
           dia++;
           archivo >> min >> max;
        }
        archivo.close();
        for (int i = 0; i < dia; i++) {
           tMinMedia = tMinMedia + temp[i][0];
           if (temp[i][0] < tMinAbs) {
              tMinAbs = temp[i][0];
           }
           tMaxMedia = tMaxMedia + temp[i][1];
           if (temp[i][1] > tMaxAbs) {
              tMaxAbs = temp[i][1];
           }
        }
        ...
```


Arrays multidimensionales

```
        tMinMedia = tMinMedia / dia;
        tMaxMedia = tMaxMedia / dia;
        cout << "Temperaturas mínimas.-" << endl;
        cout << "   Media = " << fixed << setprecision(1)
             << tMinMedia << " C   Mínima absoluta = "
             << setprecision(1) << tMinAbs << " C" << endl;
        cout << "Temperaturas máximas.-" << endl;
        cout << "   Media = " << fixed << setprecision(1)
             << tMaxMedia << " C   Máxima absoluta = "
             << setprecision(1) << tMaxAbs << " C" << endl;
     }

     return 0;
  }
```


Inicialización de arrays multidimensionales

Podemos dar valores a los elementos de un array al declararlo

Arrays bidimensionales:

```
typedef int tArray[5][2];
tArray cuads = {1,1, 2,4, 3,9, 4,16, 5,25};
```

Se asignan en el orden en el que los elementos están en memoria

La memoria es de una dimensión: secuencia de celdas

En memoria varían más rápidamente los índices de la derecha:

`cuads[0][0] cuads[0][1] cuads[1][0] cuads[1][1] cuads[2][0]...`

Para cada valor del primer índice: todos los valores del segundo

Luis Hernández Yáñez

Inicialización de arrays multidimensionales

Inicialización de un array bidimensional

```
typedef int tArray[5][2];
tArray cuads = {1,1, 2,4, 3,9, 4,16, 5,25};
```

	Memoria
cuads[0][0]	1
cuads[0][1]	1
cuads[1][0]	2
cuads[1][1]	4
cuads[2][0]	3
cuads[2][1]	9
cuads[3][0]	4
cuads[3][1]	16
cuads[4][0]	5
cuads[4][1]	25

	0	1
0	1	1
1	2	4
2	3	9
3	4	16
4	5	25

Si hay menos valores que elementos, el resto se inicializan a cero

Inicialización a cero de todo el array:

```
int cuads[5][2] = { 0 };
```

Luis Hernández Yáñez

Inicialización de arrays multidimensionales

```
typedef double tMatriz[3][4][2][3];
tMatriz matriz =
{1, 2, 3, 4, 5, 6,
7, 8, 9, 10, 11, 12};
```

	Memoria
matriz[0][0][0][0]	1
matriz[0][0][0][1]	2
matriz[0][0][0][2]	3
matriz[0][0][1][0]	4
matriz[0][0][1][1]	5
matriz[0][0][1][2]	6
matriz[0][1][0][0]	7
matriz[0][1][0][1]	8
matriz[0][1][0][2]	9
matriz[0][1][1][0]	10
matriz[0][1][1][1]	11
matriz[0][1][1][2]	12
matriz[0][2][0][0]	0
...	0

Recorrido de un array bidimensional

```
const int FILAS = 10;
const int COLUMNAS = 5;
typedef double tMatriz[FILAS][COLUMNAS];
tMatriz matriz;
```

Para cada *fila* (de 0 a FILAS – 1):

Para cada *columna* (de 0 a COLUMNAS – 1):

Procesar el elemento en [*fila*][*columna*]

```
for (int fila = 0; fila < FILAS; fila++) {
   for (int columna = 0; columna < COLUMNAS; columna++) {
      // Procesar matriz[fila][columna]
   }
}
```

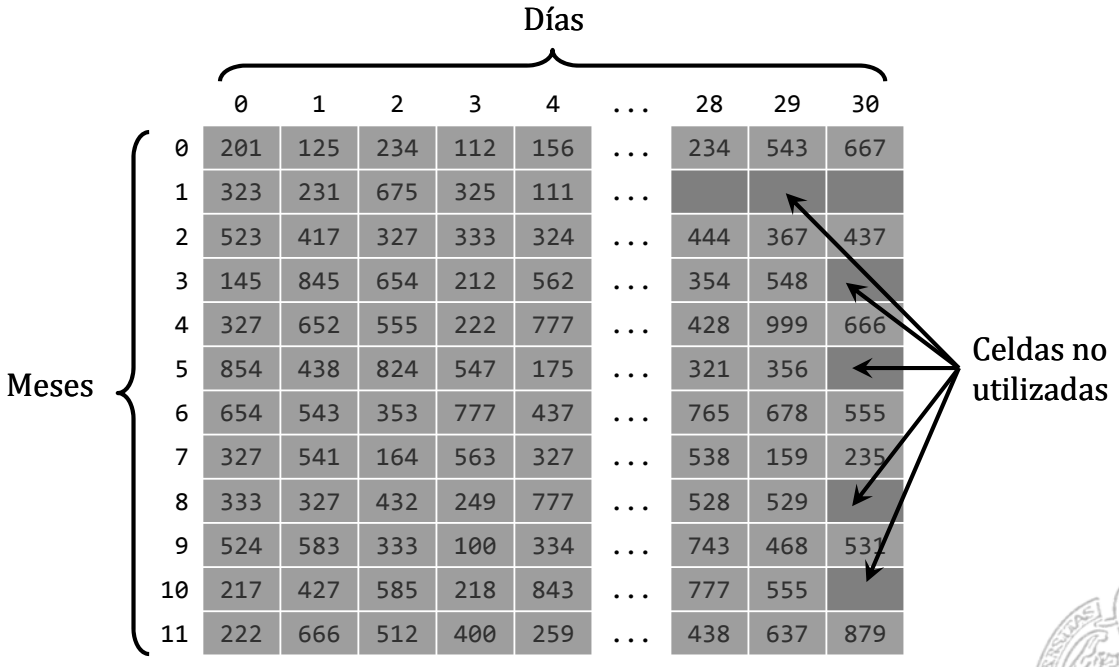

Ejemplo

Ventas de todos los meses de un año

```
const int Meses = 12;
const int MaxDias = 31;
typedef double tVentas[Meses][MaxDias];
tVentas ventas; // Ventas de todo el año
typedef short int tDiasMes[Meses];
tDiasMes diasMes;
inicializa(diasMes); // Nº de días de cada mes
// Pedimos las ventas de cada día del año...

for (int mes = 0; mes < Meses; mes++) {
   for (int dia = 0; dia < diasMes[mes]; dia++) {
      cout << "Ventas del día " << dia + 1
           << " del mes " << mes + 1 << ": ";
      cin >> ventas[mes][dia];
   }
}
```


Ejemplo

Ventas de todos los meses de un año



Recorrido de arrays N-dimensionales

```
const int DIM1 = 10;
const int DIM2 = 5;
const int DIM3 = 25;
const int DIM4 = 50;

typedef double tMatriz[DIM1][DIM2][DIM3][DIM4];

tMatriz matriz;
```

Bucles anidados, desde la primera dimensión hasta la última:

```
for (int n1 = 0; n1 < DIM1; n1++) {
   for (int n2 = 0; n2 < DIM2; n2++) {
      for (int n3 = 0; n3 < DIM3; n3++) {
         for (int n4 = 0; n4 < DIM4; n4++) {
            // Procesar matriz[n1][n2][n3][n4]
         }
      }
   }
}
```


Ejemplo

Ventas diarias de cuatro sucursales

Cada mes del año: ingresos de cada sucursal cada día del mes

Meses con distinto nº de días → junto con la matriz de ventas mensual guardamos el nº de días del mes concreto → estructura

```
const int DIAS = 31;
const int SUCURSALES = 4;
typedef double tVentaMes[DIAS][SUCURSALES];
typedef struct {
   tVentaMes ventas;
   int dias;
} tMes;

const int MESES = 12;
typedef tMes tVentaAnual[MESES];
tVentaAnual anual;
```

```
anual → tVentaAnual
anual[i] → tMes
anual[i].dias → int
anual[i].ventas → tVentaMes
anual[i].ventas[j][k] → double
```


Ejemplo

Cálculo de las ventas de todo el año:

Para cada mes...

Para cada día del mes...

Para cada sucursal...

Acumular las ventas

```
const int DIAS = 31;
const int SUCURSALES = 4;
typedef double
tVentaMes[DIAS][SUCURSALES];
typedef struct {
   tVentaMes ventas;
   int dias;
} tMes;

const int MESES = 12;
typedef tMes tVentaAnual[MESES];
tVentaAnual anual;
```

```
double total = 0;
for (int mes = 0; mes < MESES; mes++) {
   for (int dia = 0; dia < anual[mes].dias; dia++) {
      for (int suc = 0; suc < SUCURSALES; suc++) {
         total = total + anual[mes].ventas[dia][suc];
      }
   }
}
```


Búsqueda en un array multidimensional

Primer valor > umbral

```
bool encontrado = false;
int mes = 0, dia, suc;
while ((mes < MESES) && !encontrado) {
   dia = 0;
   while ((dia < anual[mes].dias) && !encontrado) {
      suc = 0;
      while ((suc < SUCURSALES) && !encontrado) {
         if (anual[mes].ventas[dia][suc] > umbral) {
            encontrado = true;
         }
         else {
            suc++;
         }
      }
      if (!encontrado) {
         dia++;
      }
   }
   if (!encontrado) {
      mes++;
   }
}
if (encontrado) { ...
```


Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

7 Algoritmos de ordenación

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Algoritmos de ordenación

Luis Hernández Yáñez

Algoritmos de ordenación

Ordenación de listas

array

125.40	76.95	328.80	254.62	435.00	164.29	316.05	219.99	93.45	756.62
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Algoritmo de ordenación
(de menor a mayor)

array

76.95	93.45	125.40	164.29	219.99	254.62	316.05	328.80	435.00	756.62
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

```
array[i] <= array[i + 1]
```

Mostrar los datos en orden, facilitar las búsquedas, ...

Variadas formas de hacerlo (algoritmos)

Luis Hernández Yáñez

Algoritmos de ordenación

Ordenación de listas

Los datos de la lista deben poderse comparar entre sí

Sentido de la ordenación:

- ✓ Ascendente (de menor a mayor)
- ✓ Descendente (de mayor a menor)

Algoritmos de ordenación básicos:

- ✓ Ordenación por *inserción*
- ✓ Ordenación por *selección directa*
- ✓ Ordenación por el *método de la burbuja*

Los algoritmos se basan en comparaciones e intercambios

Hay otros algoritmos de ordenación mejores

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Algoritmo de ordenación por inserción

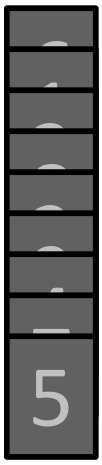
Luis Hernández Yáñez

Ordenación por inserción

Algoritmo de ordenación por inserción

Partimos de una lista vacía

Vamos insertando cada elemento en el lugar que le corresponda



Baraja de nueve cartas numeradas del 1 al 9

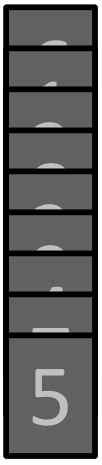
Las cartas están desordenadas

Ordenaremos de menor a mayor (ascendente)

Luis Hernández Yáñez

Ordenación por inserción

Algoritmo de ordenación por inserción



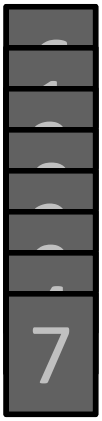
Colocamos el primer elemento en la lista vacía

Lista ordenada:

Luis Hernández Yáñez

Ordenación por inserción

Algoritmo de ordenación por inserción



El 7 es mayor que todos los elementos de la lista
Lo insertamos al final

Lista ordenada:

Luis Hernández Yáñez

Ordenación por inserción

Algoritmo de ordenación por inserción

Primer elemento (5) mayor que el nuevo (4):
Desplazamos todos una posición a la derecha
Insertamos el nuevo en la primera posición

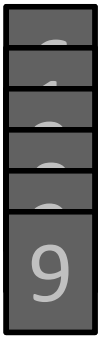
Hemos insertado el elemento en su lugar

Lista ordenada:

Luis Hernández Yáñez

Ordenación por inserción

Algoritmo de ordenación por inserción

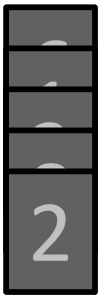


9 es mayor que todos los elementos de la lista
Lo insertamos al final

Lista ordenada:

Ordenación por inserción

Algoritmo de ordenación por inserción

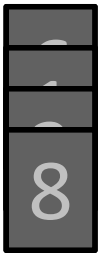


Primer elemento (4) mayor que el nuevo (2):
Desplazamos todos una posición a la derecha
Insertamos el nuevo en la primera posición

Lista ordenada:

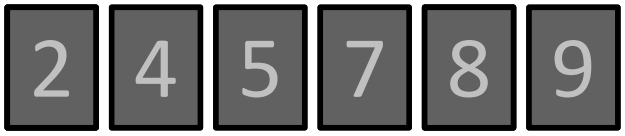
Ordenación por inserción

Algoritmo de ordenación por inserción



El 9 es el primer elemento mayor que el nuevo (8):
Desplazamos desde ese hacia la derecha
Insertamos donde estaba el 9

Lista ordenada:



Luis Hernández Yáñez

Ordenación por inserción

Algoritmo de ordenación por inserción

Segundo elemento (4) mayor que el nuevo (3):
Desplazamos desde ese hacia la derecha
Insertamos donde estaba el 4

Lista ordenada:

Luis Hernández Yáñez

Ordenación por inserción

Algoritmo de ordenación por inserción

Primer elemento (2) mayor que el nuevo (1):
Desplazamos todos una posición a la derecha
Insertamos el nuevo en la primera posición

Lista ordenada:

Ordenación por inserción

Algoritmo de ordenación por inserción

El 7 es el primer elemento mayor que el nuevo (6):
Desplazamos desde ese hacia la derecha
Insertamos donde estaba el 7

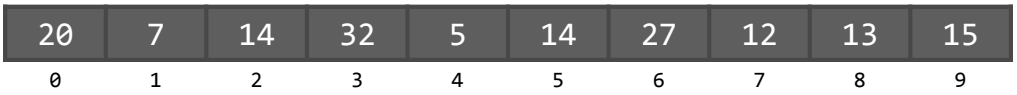
¡¡¡ LISTA ORDENADA !!!

Lista ordenada:

Ordenación por inserción

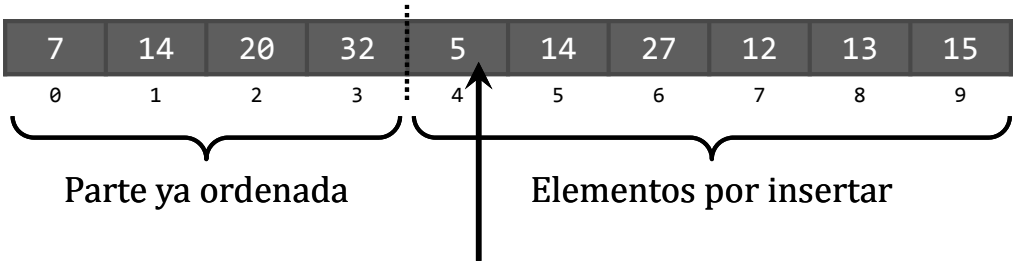
Ordenación de arrays por inserción

El array contiene inicialmente la lista desordenada:



A medida que insertamos: dos zonas en el array

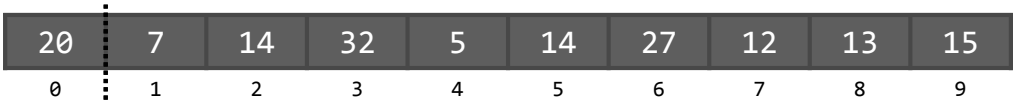
Parte ya ordenada y elementos por procesar



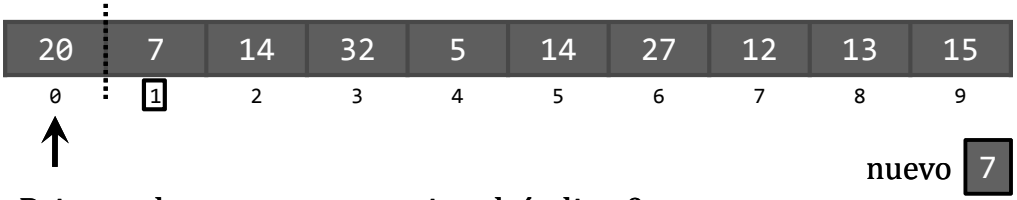
Ordenación por inserción

Ordenación de arrays por inserción

Situación inicial: Lista ordenada con un solo elemento (primero)



Desde el segundo elemento del array hasta el último:
Localizar el primer elemento mayor en lo ya ordenado



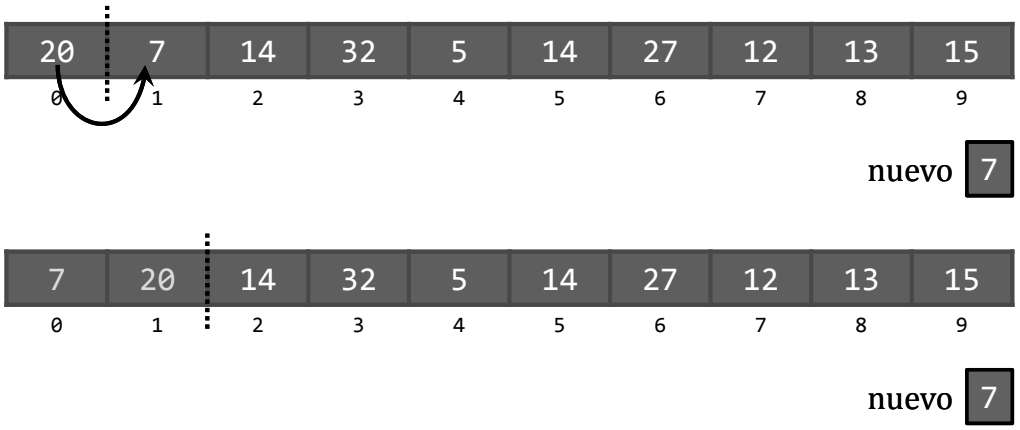
Ordenación por inserción

Ordenación de arrays por inserción

...

Desplazar a la derecha los ordenados desde ese lugar

Insertar el nuevo en la posición que queda libre



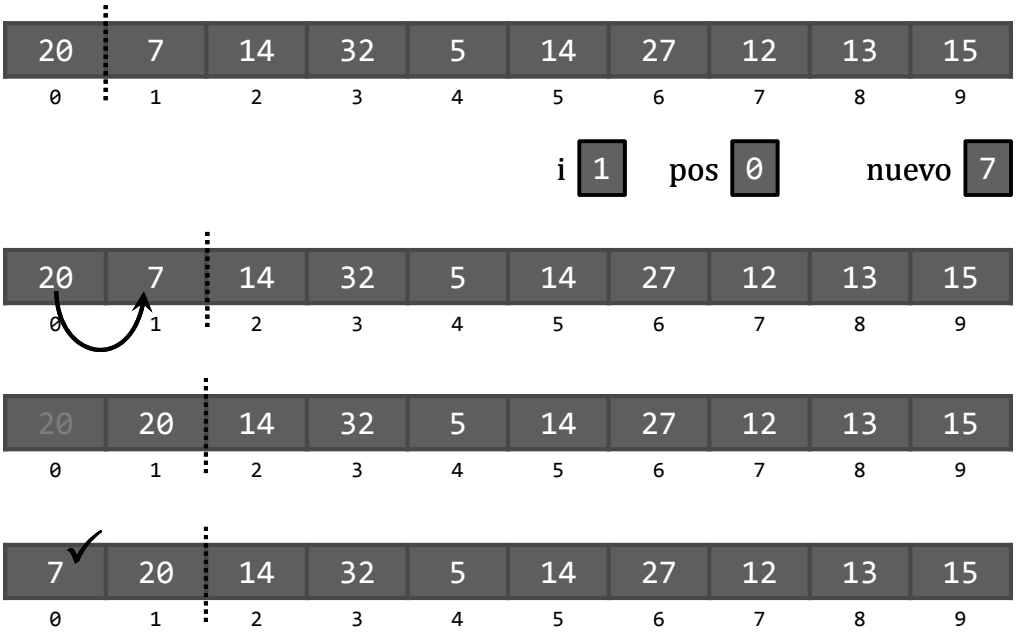
Ordenación de arrays por inserción

Implementación

```
const int N = 15;
typedef int tLista[N];
tLista lista;
```

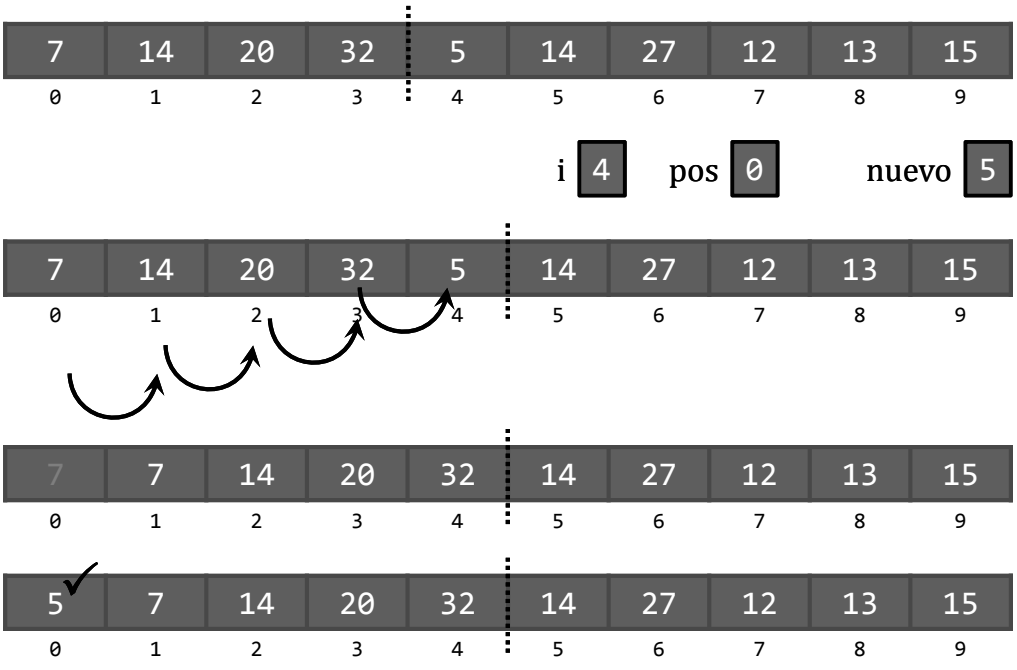
```
...
int nuevo, pos;
// Desde el segundo elemento hasta el último...
for (int i = 1; i < N; i++) {
   nuevo = lista[i];
   pos = 0;
   while ((pos < i) && !(lista[pos] > nuevo)) {
      pos++;
   }
   // pos: índice del primer mayor; i si no lo hay
   for (int j = i; j > pos; j--) {
      lista[j] = lista[j - 1];
   }
   lista[pos] = nuevo;
}
```


Ordenación de arrays por inserción



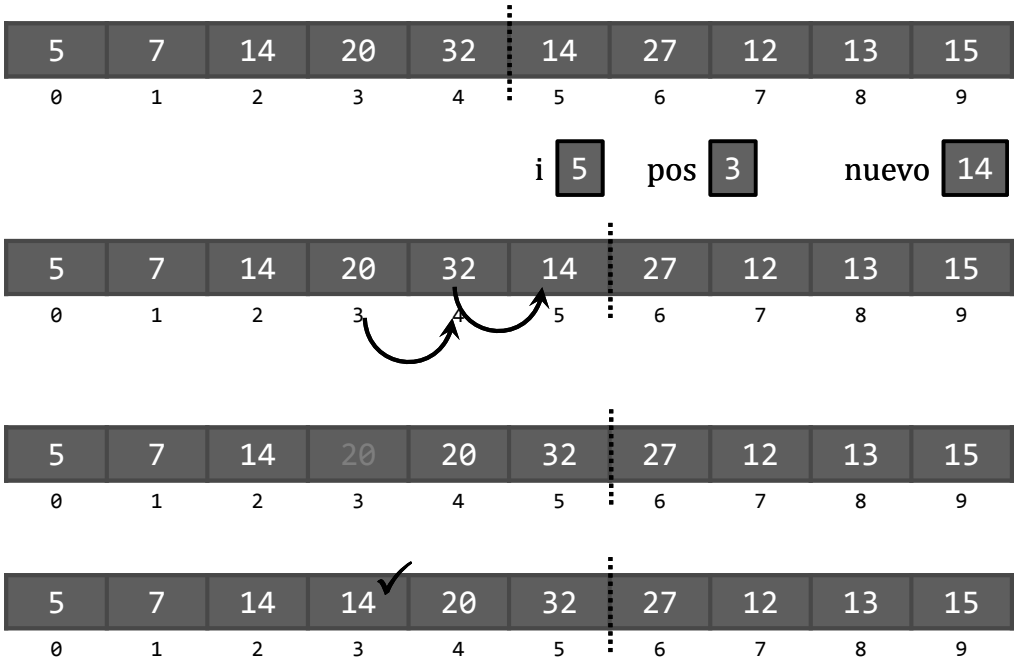
Luis Hernández Yáñez

Ordenación de arrays por inserción



Luis Hernández Yáñez

Ordenación de arrays por inserción



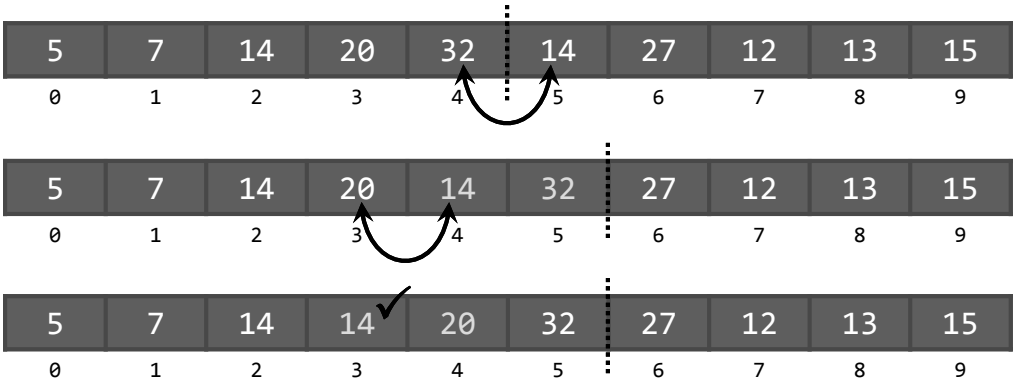
Fundamentos de la programación

Algoritmo de ordenación por inserción con intercambios

Ordenación por inserción con intercambios

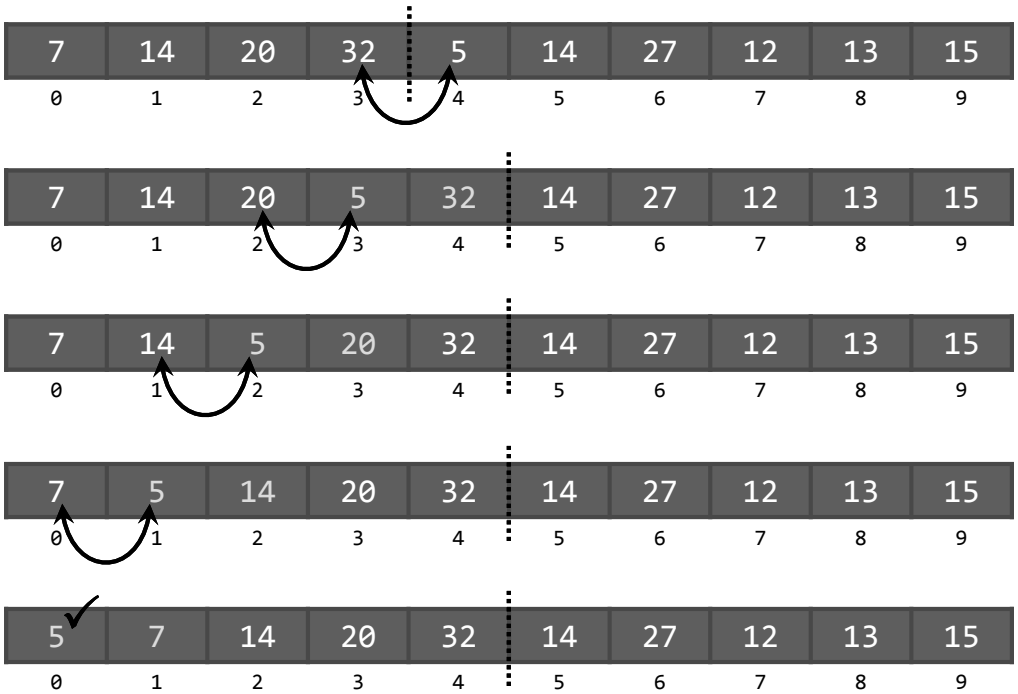
La inserción de cada elemento se puede realizar con comparaciones e intercambios

Desde el segundo elemento hasta el último:
Desde la posición del nuevo elemento a insertar:
Mientras el anterior sea mayor, intercambiar



Luis Hernández Yáñez

Ordenación por inserción con intercambios



Luis Hernández Yáñez

Ordenación por inserción con intercambios

```
const int N = 15;
typedef int tLista[N];
tLista lista;
```

```
...
int tmp, pos;
// Desde el segundo elemento hasta el último...
for (int i = 1; i < N; i++) {
   pos = i;
   // Mientras no al principio y anterior mayor...
   while ((pos > 0) && (lista[pos - 1] > lista[pos])) {
      // Intercambiar...
      tmp = lista[pos];
      lista[pos] = lista[pos - 1];
      lista[pos - 1] = tmp;
      pos--; // Posición anterior
   }
}
```


Ordenación por inserción con intercambios

insercion.cpp

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

const int N = 100;
typedef int tArray[N];
typedef struct { // Lista de longitud variable
   tArray elementos;
   int contador;
} tLista;

int main() {
   tLista lista;
   ifstream archivo;
   int dato, pos, tmp;
   lista.contador = 0;
   ...
```


Ordenación por inserción con intercambios

```
archivo.open("insercion.txt");
if (!archivo.is_open()) {
   cout << "Error de apertura de archivo!" << endl;
}
else {
   archivo >> dato;
   while ((lista.contador < N) && (dato != -1)) {
   // Centinela -1 al final
      lista.elementos[lista.contador] = dato;
      lista.contador++;
      archivo >> dato;
   }
   archivo.close();
   // Si hay más de N ignoramos el resto
   cout << "Antes de ordenar:" << endl;
   for (int i = 0; i < lista.contador; i++) {
      cout << lista.elementos[i] << "  ";
   }
   cout << endl;      ...
```


Ordenación por inserción con intercambios

```
   for (int i = 1; i < lista.contador; i++) {
      pos = i;
      while ((pos > 0)
      && (lista.elementos[pos-1] > lista.elementos[pos]))
      {
         tmp = lista.elementos[pos];
         lista.elementos[pos] = lista.elementos[pos - 1];
         lista.elementos[pos - 1] = tmp;
         pos--;
      }
   }
   cout << "Después de ordenar:" << endl;
   for (int i = 0; i < lista.contador; i++) {
      cout << lista.elementos[i] << "  ";
   }
   cout << endl;
}
return 0;
}
```

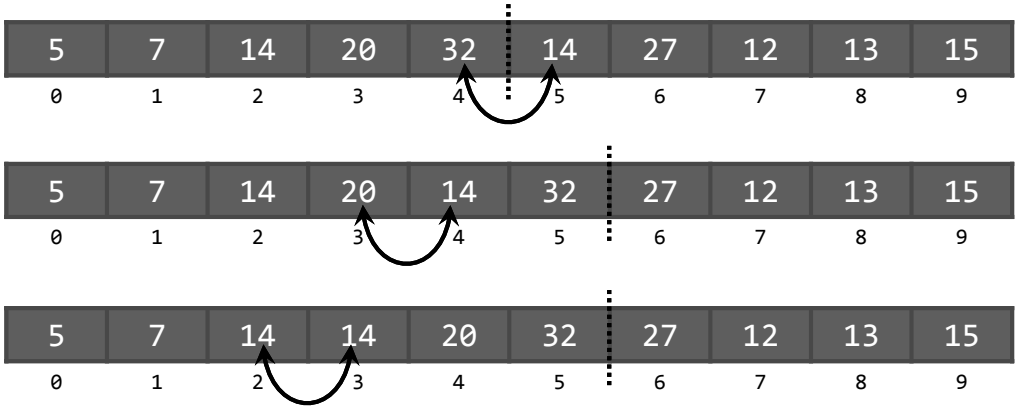

Ordenación por inserción con intercambios

Consideración de implementación

¿Operador relacional adecuado?

`lista[pos - 1]` ¿ > o >= ? `lista[pos]`

Con >= se realizan intercambios inútiles:



¡Intercambio inútil!

Fundamentos de la programación

Claves de ordenación

Ordenación por inserción

Claves de ordenación

Elementos que son estructuras con varios campos:

```
const int N = 15;
typedef struct {
   int codigo;
   string nombre;
   double sueldo;
} tDato;
typedef tDato tLista[N];
tLista lista;
```

Clave de ordenación:

Campo en el que se basan las comparaciones

Luis Hernández Yáñez

Ordenación por inserción

Claves de ordenación

```
tDato tmp;
while ((pos > 0)
      && (lista[pos - 1].nombre > lista[pos].nombre)) {
   tmp = lista[pos];
   lista[pos] = lista[pos - 1];
   lista[pos - 1] = tmp;
   pos--;
}
```

Comparación: campo concreto

Intercambio: elementos completos

Luis Hernández Yáñez

Ordenación por inserción

Claves de ordenación

Función para la comparación:

```
bool operator>(tDato opIzq, tDato opDer) {
   return (opIzq.nombre > opDer.nombre);
}
```

```
tDato tmp;
while ((pos > 0) && (lista[pos - 1] > lista[pos])) {
   tmp = lista[pos];
   lista[pos] = lista[pos - 1];
   lista[pos - 1] = tmp;
   pos--;
}
```


Ordenación por inserción

claves.cpp

Claves de ordenación

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
#include <fstream>
#include <iomanip>
const int N = 15;
typedef struct {
   int codigo;
   string nombre;
   double sueldo;
} tDato;
typedef tDato tArray[N];
typedef struct {
   tArray datos;
   int cont;
} tLista;
...
```


Ordenación por inserción

```
void mostrar(tLista lista);
bool operator>(tDato opIzq, tDato opDer);

int main() {
   tLista lista;
   ifstream archivo;
   lista.cont = 0;
   archivo.open("datos.txt");
   if (!archivo.is_open()) {
      cout << "Error de apertura del archivo!" << endl;
   }
   else {
      tDato dato;
      archivo >> dato.codigo;
      while ((lista.cont < N) && (dato.codigo != -1)) {
         archivo >> dato.nombre >> dato.sueldo;
         lista.datos[lista.cont] = dato;
         lista.cont++;
         archivo >> dato.codigo;
      }
      archivo.close();        ...
```


Ordenación por inserción

```
      cout << "Antes de ordenar:" << endl;
      mostrar(lista);
      for (int i = 1; i < lista.cont; i++) {
      // Desde el segundo elemento hasta el último
         int pos = i;
         while ((pos > 0)
                && (lista.datos[pos-1] > lista.datos[pos])) {
            tDato tmp;
            tmp = lista.datos[pos];
            lista.datos[pos] = lista.datos[pos - 1];
            lista.datos[pos - 1] = tmp;
            pos--;
         }
      }
      cout << "Después de ordenar:" << endl;
      mostrar(lista);
   }
   return 0;
}                                                    ...
```


Ordenación por inserción

```
void mostrar(tLista lista) {
   for (int i = 0; i < lista.cont; i++) {
      cout << setw(10)
           << lista.datos[i].codigo
           << setw(20)
           << lista.datos[i].nombre
           << setw(12)
           << fixed
           << setprecision(2)
           << lista.datos[i].sueldo
           << endl;
   }
}

bool operator>(tDato opIzq, tDato opDer) {
   return (opIzq.nombre > opDer.nombre);
}
```

```
Antes de ordenar:
     10000              Sergei   100000.00
     10000            Hernández  150000.00
     11111             Benítez   100000.00
     11111              Urpiano   90000.00
     11111               Pérez    90000.00
     11111               Durán   120000.00
     12345              Álvarez  120000.00
     12345               Gómez   100000.00
     12345             Sánchez    90000.00
     12345             Turégano  100000.00
     21112            Domínguez   90000.00
     21112             Jiménez   100000.00
     22222            Fernández  120000.00
     33333             Tarazona  120000.00
Después de ordenar:
     11111             Benítez   100000.00
     21112            Domínguez   90000.00
     11111               Durán   120000.00
     22222            Fernández  120000.00
     12345               Gómez   100000.00
     10000            Hernández  150000.00
     21112             Jiménez   100000.00
     11111               Pérez    90000.00
     10000              Sergei   100000.00
     12345             Sánchez    90000.00
     33333             Tarazona  120000.00
     12345             Turégano  100000.00
     11111              Urpiano   90000.00
     12345              Álvarez  120000.00
```

Cambia a `codigo` o `sueldo` para ordenar por otros campos

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Estabilidad de la ordenación

Luis Hernández Yáñez

Estabilidad de la ordenación

Algoritmos de ordenación estables

Al ordenar por otra clave una lista ya ordenada,
la segunda ordenación preserva el orden de la primera

`tDato`: tres posibles claves de ordenación (campos)

`Codigo`
`Nombre`
`Sueldo`

Lista ordenada por `Nombre` →

12345	Álvarez	120000
11111	Benítez	100000
21112	Domínguez	90000
11111	Durán	120000
22222	Fernández	120000
12345	Gómez	100000
10000	Hernández	150000
21112	Jiménez	100000
11111	Pérez	90000
12345	Sánchez	90000
10000	Sergei	100000
33333	Tarazona	120000
12345	Turégano	100000
11111	Urpiano	90000

Estabilidad de la ordenación

Ordenamos ahora por el campo `Codigo`:

10000	Sergei	100000
10000	Hernández	150000
11111	Urpiano	90000
11111	Benítez	100000
11111	Pérez	90000
11111	Durán	120000
12345	Sánchez	90000
12345	Álvarez	120000
12345	Turégano	100000
12345	Gómez	100000
21112	Domínguez	90000
21112	Jiménez	100000
22222	Fernández	120000
33333	Tarazona	120000

No estable:
Los nombres no mantienen
sus posiciones relativas

10000	Hernández	150000
10000	Sergei	100000
11111	Benítez	100000
11111	Durán	120000
11111	Pérez	90000
11111	Urpiano	90000
12345	Álvarez	120000
12345	Gómez	100000
12345	Sánchez	90000
12345	Turégano	100000
21112	Domínguez	90000
21112	Jiménez	100000
22222	Fernández	120000
33333	Tarazona	120000

Estable:
Los nombres mantienen
sus posiciones relativas

Estabilidad de la ordenación

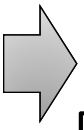
Ordenación por inserción

Estable siempre que utilicemos < o > Con <= o >= no es estable

Ordenamos por sueldo:

A igual sueldo, ordenado por códigos y a igual código, por nombres

10000	Hernández	150000
10000	Sergei	100000
11111	Benítez	100000
11111	Durán	120000
11111	Pérez	90000
11111	Urpiano	90000
12345	Álvarez	120000
12345	Gómez	100000
12345	Sánchez	90000
12345	Turégano	100000
21112	Domínguez	90000
21112	Jiménez	100000
22222	Fernández	120000
33333	Tarazona	120000



11111	Pérez	90000
11111	Urpiano	90000
12345	Sánchez	90000
21112	Domínguez	90000
10000	Sergei	100000
11111	Benítez	100000
12345	Gómez	100000
12345	Turégano	100000
21112	Jiménez	100000
11111	Durán	120000
12345	Álvarez	120000
22222	Fernández	120000
33333	Tarazona	120000
10000	Hernández	150000

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Complejidad y eficiencia

Luis Hernández Yáñez

Complejidad y eficiencia

Casos de estudio para los algoritmos de ordenación

- ✓ Lista inicialmente ordenada

5	7	12	13	14	14	15	20	27	32
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ✓ Lista inicialmente ordenada al revés

32	27	20	15	14	14	13	12	7	5
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- ✓ Lista con disposición inicial aleatoria

13	20	7	14	12	32	27	14	5	15
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

¿Trabaja menos, más o igual la ordenación en cada caso?

Luis Hernández Yáñez

Complejidad y eficiencia

Ordenaciones naturales

Si el algoritmo trabaja menos cuanto *más ordenada* está inicialmente la lista, se dice que la ordenación es *natural*

Ordenación por inserción con la lista inicialmente ordenada:

- ✓ Versión que busca el lugar primero y luego desplaza:
  No hay desplazamientos; mismo número de comparaciones
  Comportamiento no natural
- ✓ Versión con intercambios:
  Trabaja mucho menos; basta una comparación cada vez
  Comportamiento natural

Luis Hernández Yáñez

Complejidad y eficiencia

Elección de un algoritmo de ordenación

¿Cómo de bueno es cada algoritmo?

¿Cuánto tarda en comparación con otros algoritmos?

Algoritmos más eficientes: los de menor complejidad

Tardan menos en realizar la misma tarea

Comparamos en orden de complejidad: O()

En función de la dimensión de la lista a ordenar: N

$O() = f(N)$

Operaciones que realiza el algoritmo de ordenación:

- ✓ Comparaciones
- ✓ Intercambios

Asumimos que tardan un tiempo similar

Complejidad y eficiencia

Cálculo de la complejidad

Ordenación por inserción (con intercambios):

```
...
for (int i = 1; i < N; i++) {
  int pos = i;
  while ((pos > 0) && (lista[pos - 1] > lista[pos])) {
    int tmp;
    tmp = lista[pos];
    lista[pos] = lista[pos - 1];
    lista[pos - 1] = tmp;
    pos--;
  }
}
```

Comparación

Intercambio

Intercambios y comparaciones:
Tantos como ciclos realicen los correspondientes bucles

Complejidad y eficiencia

Cálculo de la complejidad

N - 1 ciclos

Nº variable de ciclos

```
...
for (int i = 1; i < N; i++) {
  int pos = i;
  while ((pos > 0) && (lista[pos - 1] > lista[pos])) {
    int tmp;
    tmp = lista[pos];
    lista[pos] = lista[pos - 1];
    lista[pos - 1] = tmp;
    pos--;
  }
}
```

Caso en el que el `while` se ejecuta más: *caso peor*
Caso en el que se ejecuta menos: *caso mejor*

Complejidad y eficiencia

Cálculo de la complejidad

- ✓ Caso mejor: lista inicialmente ordenada
  La primera comparación falla: ningún intercambio
  (N - 1) * (1 comparación + 0 intercambios) = N - 1 → *O(N)*
- ✓ Caso peor: lista inicialmente ordenada al revés
  Para cada `pos`, entre `i` y 1: 1 comparación y 1 intercambio
  1 + 2 + 3 + 4 + ... + (N - 1)
  ((N - 1) + 1) x (N - 1) / 2
  N * (N - 1) / 2
  $(N^2 - N) / 2$ → $O(N^2)$

Notación *O grande*: orden de complejidad en base a N
El término en N que más rápidamente crece al crecer N
En el caso peor, N^2 crece más rápido que N → $O(N^2)$
(Ignoramos las constantes, como 2)

Complejidad y eficiencia

Ordenación por inserción (con intercambios)

- ✓ Caso mejor: $O(N)$
- ✓ Caso peor: $O(N^2)$

Caso medio (distribución aleatoria de los elementos): $O(N^2)$

Hay algoritmos de ordenación mejores

Luis Hernández Yáñez

Complejidad y eficiencia

Órdenes de complejidad

$O(\log N) < O(N) < O(N \log N) < O(N^2) < O(N^3)$ ...

N	$\log_2$ N	N^2
1	0	1
2	1	4
4	2	16
8	3	64
16	4	256
32	5	1024
64	6	4096
128	7	16384
256	8	65536
...		

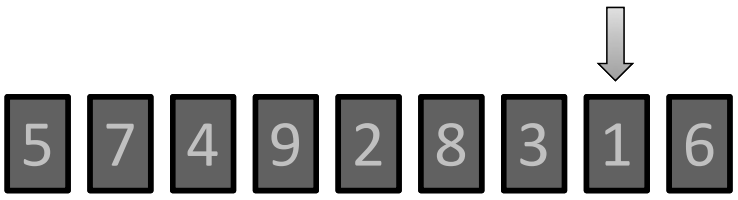
Luis Hernández Yáñez

Ordenación por selección directa

Luis Hernández Yáñez

Algoritmo de ordenación por selección directa

Seleccionar el siguiente elemento menor de los que queden



Lista ordenada:

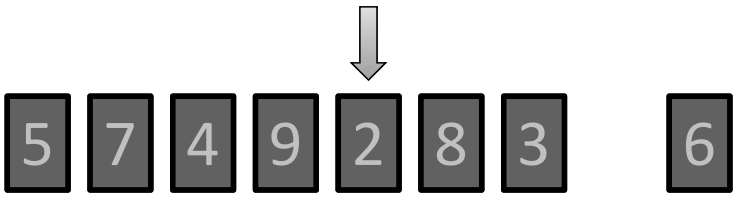
Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Ordenación por selección directa

Algoritmo de ordenación por selección directa

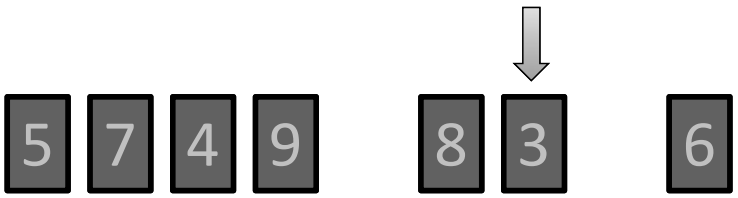
Seleccionar el siguiente elemento menor de los que queden

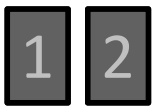


Ordenación por selección directa

Algoritmo de ordenación por selección directa

Seleccionar el siguiente elemento menor de los que queden

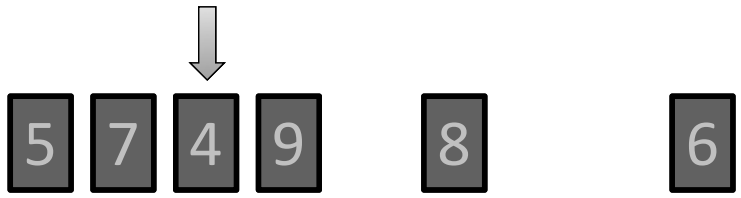




Ordenación por selección directa

Algoritmo de ordenación por selección directa

Seleccionar el siguiente elemento menor de los que queden

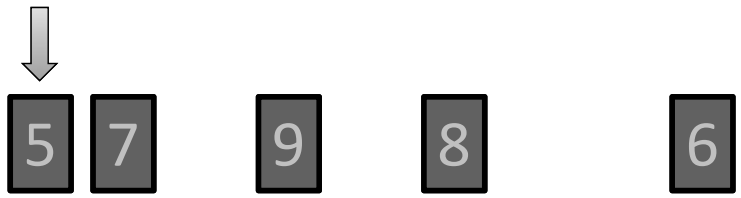


Luis Hernández Yáñez

Ordenación por selección directa

Algoritmo de ordenación por selección directa

Seleccionar el siguiente elemento menor de los que queden



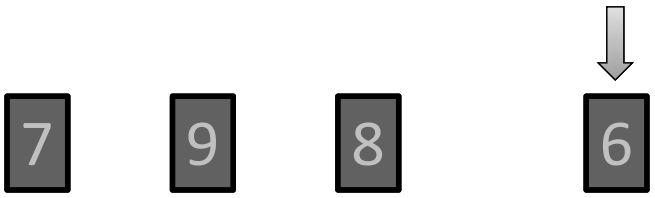
Luis Hernández Yáñez

Ordenación por selección directa

Algoritmo de ordenación por selección directa

Seleccionar el siguiente elemento menor de los que queden

Lista desordenada:



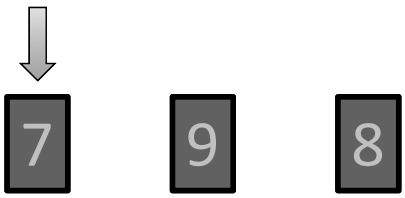
Lista ordenada:

Ordenación por selección directa

Algoritmo de ordenación por selección directa

Seleccionar el siguiente elemento menor de los que queden

Lista desordenada:



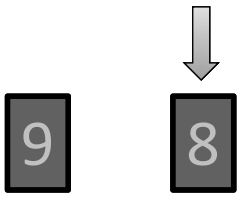
Lista ordenada:

Ordenación por selección directa

Algoritmo de ordenación por selección directa

Seleccionar el siguiente elemento menor de los que queden

Lista desordenada:



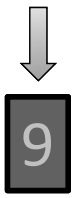
Lista ordenada:

Ordenación por selección directa

Algoritmo de ordenación por selección directa

Seleccionar el siguiente elemento menor de los que queden

Lista desordenada:



Lista ordenada:

Ordenación por selección directa

Algoritmo de ordenación por selección directa

Seleccionar el siguiente elemento menor de los que queden

Lista desordenada:

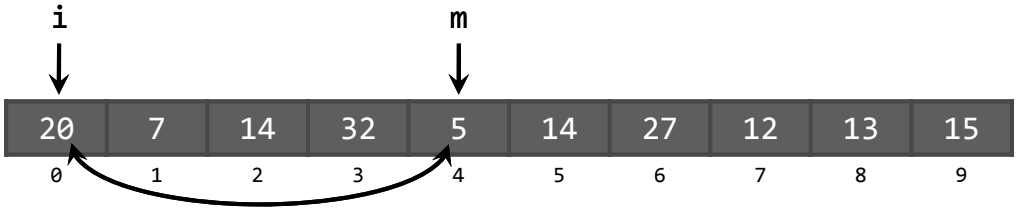
¡¡¡ LISTA ORDENADA !!!

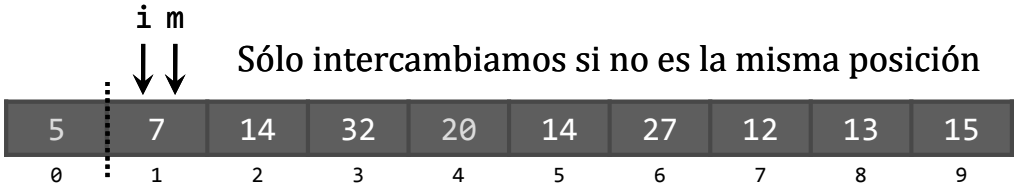
Lista ordenada:

Ordenación por selección directa

Ordenación de un array por selección directa

Desde el primer elemento (`i` = 0) hasta el penúltimo (N-2):
Menor elemento (en `m`) entre `i` + 1 y el último (N-1)
Intercambiar los elementos en `i` y `m` si no son el mismo

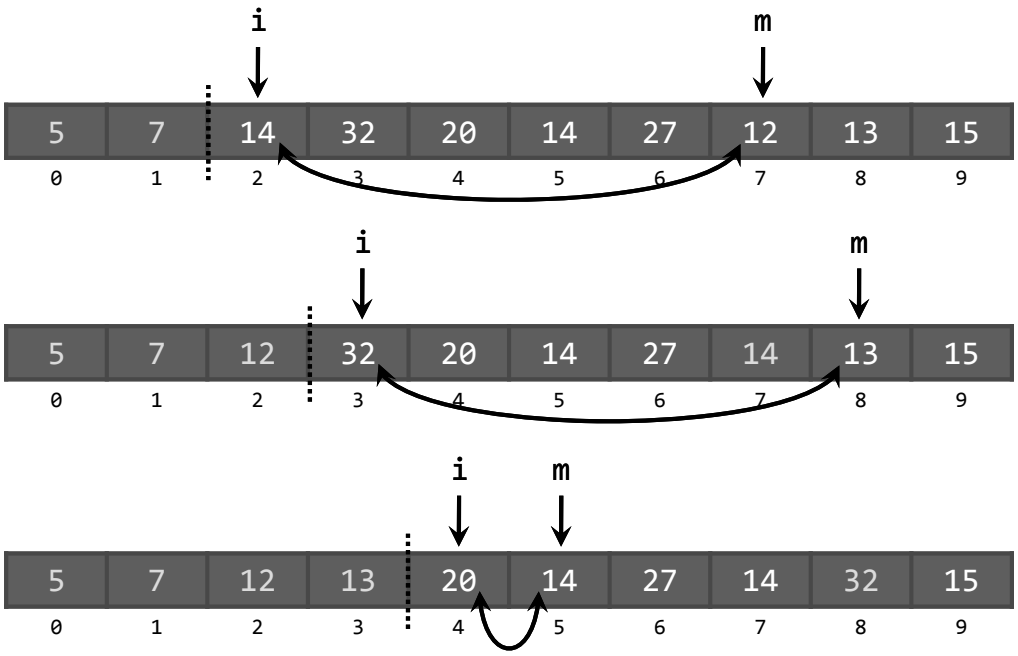




Sólo intercambiamos si no es la misma posición

Ordenación por selección directa

Ordenación de un array por selección directa



Ordenación por selección directa `seleccion.cpp`

Implementación

```
const int N = 15;
typedef int tLista[N];
tLista lista;
```

```
// Desde el primer elemento hasta el penúltimo...
for (int i = 0; i < N - 1; i++) {
   int menor = i;
   // Desde i + 1 hasta el final...
   for (int j = i + 1; j < N; j++) {
      if (lista[j] < lista[menor]) {
         menor = j;
      }
   }
   if (menor > i) {
      int tmp;
      tmp = lista[i];
      lista[i] = lista[menor];
      lista[menor] = tmp;
   }
}
```


Ordenación por selección directa

Complejidad de la ordenación por selección directa

¿Cuántas comparaciones se realizan?

Bucle externo: N - 1 ciclos

Tantas comparaciones como elementos queden en la lista:

$(N - 1) + (N - 2) + (N - 3) + ... + 3 + 2 + 1 =$

$N \times (N - 1) / 2 = (N^2 - N) / 2 \rightarrow O(N^2)$

Mismo número de comparaciones en todos los casos

Complejidad: $O(N^2)$ Igual que el método de inserción

Algo mejor (menos intercambios; uno en cada paso)

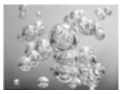
No es estable: intercambios "a larga distancia"
No se garantiza que se mantenga el mismo orden relativo original

Comportamiento no natural (trabaja siempre lo mismo)

Fundamentos de la programación

Método de la burburja

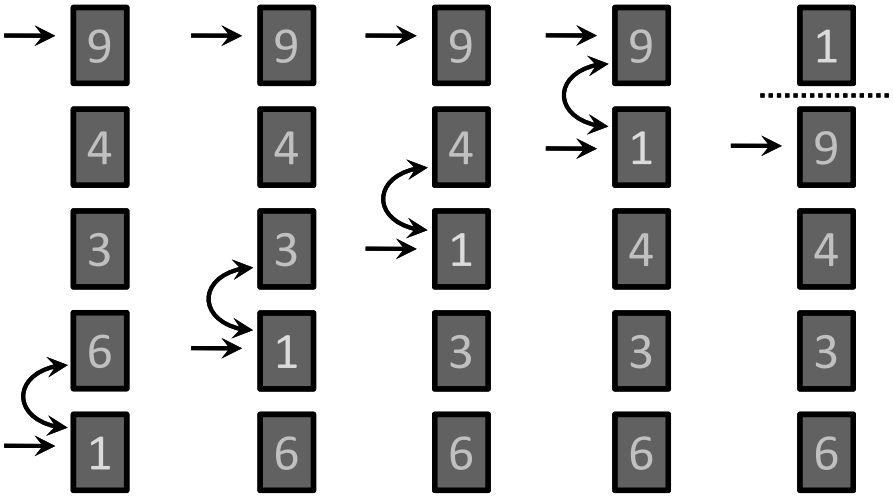
Método de la burbuja



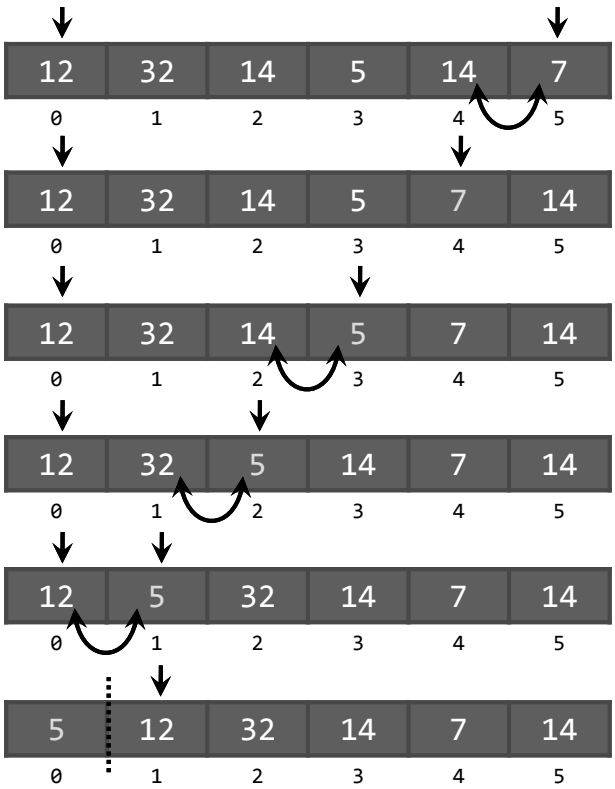
Algoritmo de ordenación por el método de la burbuja

Variación del método de selección directa

El elemento menor va *ascendiendo* hasta alcanzar su posición



Método de la burbuja



Método de la burbuja

burbuja.cpp

Ordenación de un array por el método de la burbuja

Desde el primero (`i` = 0), hasta el penúltimo (N - 2):
Desde el último (`j` = N – 1), hasta `i` + 1:
Si elemento en `j` < elemento en `j` - 1, intercambiarlos

```
const int N = 10;
typedef int tLista[N];
tLista lista;
```

```
...
int tmp;
// Del primero al penúltimo...
for (int i = 0; i < N - 1; i++) {
   // Desde el último hasta el siguiente a i...
   for (int j = N - 1; j > i; j--) {
      if (lista[j] < lista[j - 1]) {
         tmp = lista[j];
         lista[j] = lista[j - 1];
         lista[j - 1] = tmp;
      }
   }
}
```


Método de la burbuja

Algoritmo de ordenación por el método de la burbuja

Complejidad: $O(N^2)$

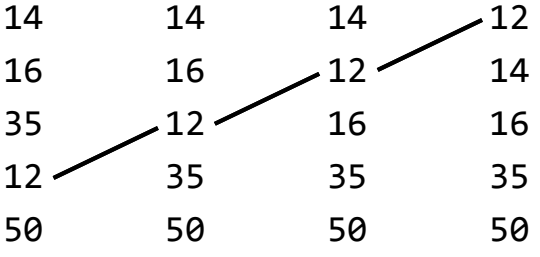
Comportamiento no natural

Estable (mantiene el orden relativo)

Mejora:

Si en un paso del bucle exterior no ha habido intercambios:

La lista ya está ordenada (no es necesario seguir)



La lista ya está ordenada

No hace falta seguir

Método de la burbuja mejorado

burbuja2.cpp

```
bool inter = true;
int i = 0;
// Desde el 1º hasta el penúltimo si hay intercambios...
while ((i < N - 1) && inter) {
   inter = false;
   // Desde el último hasta el siguiente a i...
   for (int j = N - 1; j > i; j--) {
      if (lista[j] < lista[j - 1]) {
         int tmp;
         tmp = lista[j];
         lista[j] = lista[j - 1];
         lista[j - 1] = tmp;
         inter = true;
      }
   }
   if (inter) {
      i++;
   }
}
```

Esta variación sí tiene un comportamiento natural

Fundamentos de la programación

Listas ordenadas

Listas ordenadas

Gestión de listas ordenadas

Casi todas las tareas se realizan igual que en listas sin orden

Operaciones que tengan en cuenta el orden:

- ✓ Inserción de un nuevo elemento: debe seguir en orden
- ✓ Búsquedas más eficientes

¿Y la carga desde archivo?

- ✓ Si los elementos se guardaron en orden: se lee igual
- ✓ Si los elementos no están ordenados en el archivo: insertar

Luis Hernández Yáñez

Gestión de listas ordenadas

lista.cpp

Declaraciones: Iguales que para listas sin orden

```
const int N = 20;

typedef struct {
   int codigo;
   string nombre;
   double sueldo;
} tRegistro;

typedef tRegistro tArray[N];

typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;
```

Luis Hernández Yáñez

Gestión de listas ordenadas

Subprogramas: Misma declaración que para listas sin orden

```
void mostrarDato(int pos, tRegistro registro);
void mostrar(tLista lista);
bool operator>(tRegistro opIzq, tRegistro opDer);
bool operator<(tRegistro opIzq, tRegistro opDer);
tRegistro nuevo();
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
void eliminar(tLista &lista, int pos, bool &ok); // pos = 1..N
int buscar(tLista lista, string nombre);
void cargar(tLista &lista, bool &ok);
void guardar(tLista lista);
```


Gestión de listas ordenadas

Nuevas implementaciones:

- ✓ Operadores relacionales
- ✓ Inserción (mantener el orden)
- ✓ Búsqueda (más eficiente)

Se guarda la lista en orden, por lo que `cargar()` no cambia

```
bool operator>(tRegistro opIzq, tRegistro opDer) {
   return opIzq.nombre > opDer.nombre;
}
bool operator<(tRegistro opIzq, tRegistro opDer) {
   return opIzq.nombre < opDer.nombre;
}
```


Gestión de listas ordenadas

```
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false; // lista llena
   }
   else {
      int i = 0;
      while ((i < lista.cont) && (lista.registros[i] < registro)) {
         i++;
      }
      // Insertamos en la posición i (primer mayor o igual)
      for (int j = lista.cont; j > i; j--) {
      // Desplazamos una posición a la derecha
         lista.registros[j] = lista.registros[j - 1];
      }
      lista.registros[i] = registro;
      lista.cont++;
   }
}
```


Fundamentos de la programación

Búsquedas en listas ordenadas

Búsquedas en listas ordenadas

Búsqueda de un elemento en una secuencia

No ordenada: recorremos hasta encontrarlo o al final

Ordenada: recorremos hasta encontrarlo o mayor / al final

5	7	12	13	14	14	15	20	27	32
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Buscamos el 36: al llegar al final sabemos que no está

Buscamos el 17: al llegar al 20 ya sabemos que no está

Condiciones de terminación:

- ✓ Se llega al final
- ✓ Se encuentra el elemento buscado
- ✓ Se encuentra uno mayor

→ Mientras no al final y el valor sea menor que el buscado

Búsquedas en listas ordenadas

```
int buscado;
cout << "Valor a buscar: ";
cin >> buscado;
int i = 0;
while ((i < N) && (lista[i] < buscado)) {
   i++;
}
// Ahora, o estamos al final o lista[i] >= buscado
if (i == N) { // Al final: no se ha encontrado
   cout << "No encontrado!" << endl;
}
else if (lista[i] == buscado) { // Encontrado!
   cout << "Encontrado en posición " << i + 1 << endl;
}
else { // Hemos encontrado uno mayor
   cout << "No encontrado!" << endl;
}
```

```
const int N = 10;
typedef int tLista[N];
tLista lista;
```

Complejidad: *O(N)*

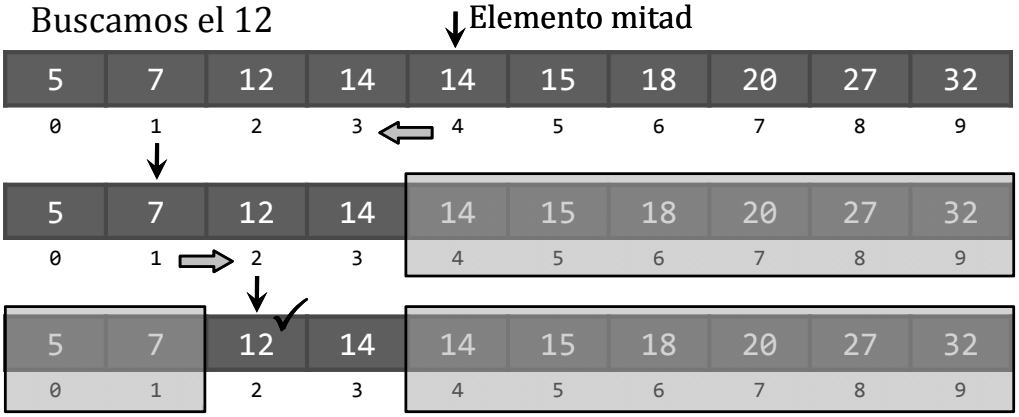
Búsqueda binaria

Luis Hernández Yáñez

Búsqueda binaria

Búsqueda mucho más rápida que aprovecha la ordenación

Comparar con el valor que esté en el medio de la lista:
Si es el que se busca, terminar
Si no, si es mayor, buscar en la primera mitad de la lista
Si no, si es menor, buscar en la segunda mitad de la lista
Repetir hasta encontrarlo o no quede sublista donde buscar



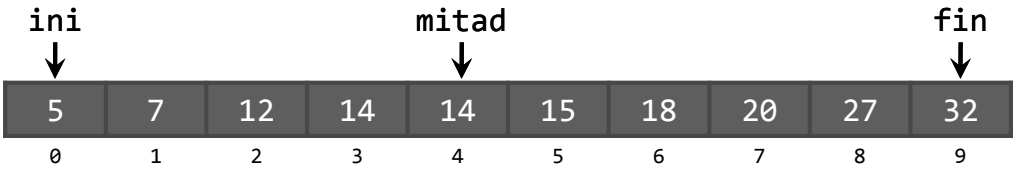
Luis Hernández Yáñez

Búsqueda binaria

Vamos buscando en sublistas cada vez más pequeñas (mitades)

Delimitamos el segmento de la lista donde buscar

Inicialmente tenemos toda la lista:



Índice del elemento en la mitad: `mitad = (ini + fin) / 2`

Si no se encuentra, ¿dónde seguir buscando?

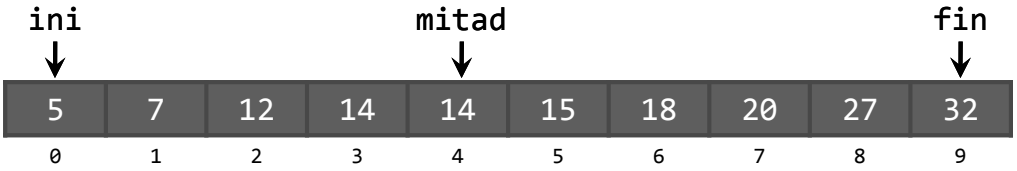
Buscado < elemento en la mitad: `fin = mitad - 1`

Buscado > elemento en la mitad: `ini = mitad + 1`

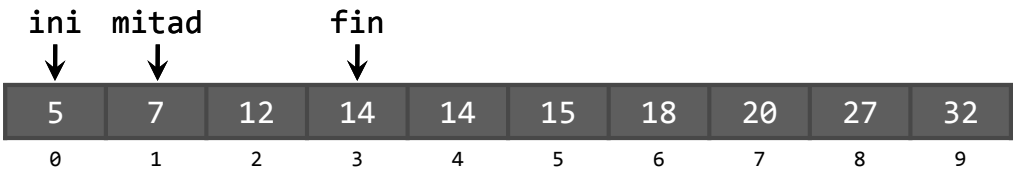
Si `ini` > `fin`, no queda dónde buscar

Búsqueda binaria

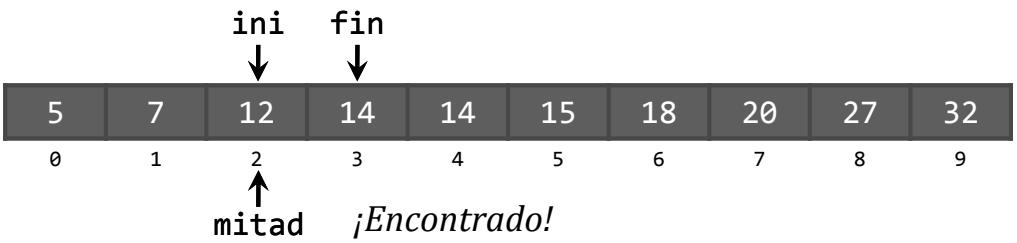
Buscamos el 12



`12 < lista[mitad]` → `fin = mitad – 1`



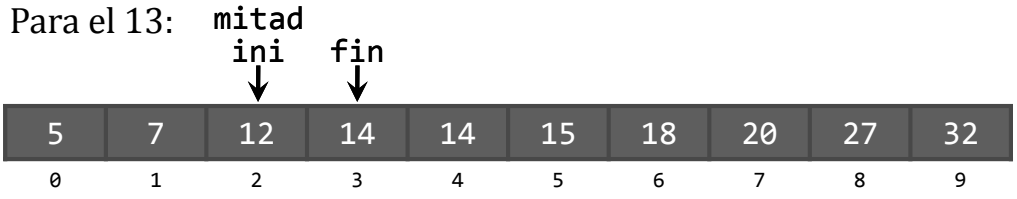
`12 > lista[mitad]` → `ini = mitad + 1`



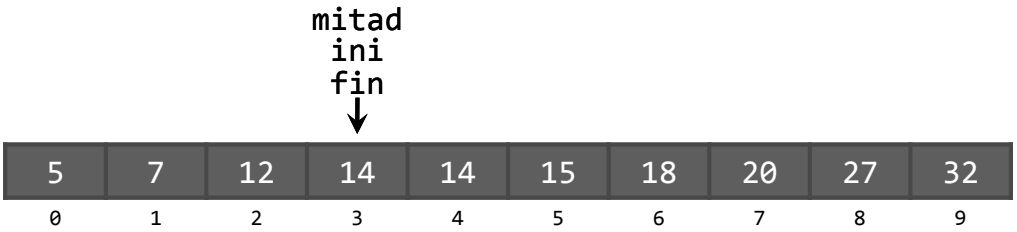
Búsqueda binaria

Si el elemento no está, nos quedamos sin sublista: `ini > fin`

Para el 13:



`13 > lista[mitad]` → `ini = mitad + 1`



`13 < lista[mitad]` → `fin = mitad – 1` → 2

¡¡¡ `ini > fin` !!! No hay dónde seguir buscando → No está

Búsqueda binaria

Implementación

```
const int N = 10;
typedef int tLista[N];
tLista lista;
```

```
int buscado;
cout << "Valor a buscar: ";
cin >> buscado;
int ini = 0, fin = N – 1, mitad;
bool encontrado = false;
while ((ini <= fin) && !encontrado) {
   mitad = (ini + fin) / 2; // División entera
   if (buscado == lista[mitad]) {
      encontrado = true;
   }
   else if (buscado < lista[mitad]) {
      fin = mitad - 1;
   }
   else {
      ini = mitad + 1;
   }
} // Si se ha encontrado, está en [mitad]
```


Búsqueda binaria

binaria.cpp

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

const int N = 100;
typedef int tArray[N];
typedef struct {
   tArray elementos;
   int cont;
} tLista;

int buscar(tLista lista, int buscado);

int main() {
   tLista lista;
   ifstream archivo;
   int dato;
   lista.cont = 0;
   archivo.open("ordenados.txt"); // Existe y es correcto
   archivo >> dato;
   ...
```


Búsqueda binaria

```
   while ((lista.cont < N) && (dato != -1)) {
      lista.elementos[lista.cont] = dato;
      lista.cont++;
      archivo >> dato;
   }
   archivo.close();
   for (int i = 0; i < lista.cont; i++) {
      cout << lista.elementos[i] << "  ";
   }
   cout << endl;
   int buscado, pos;
   cout << "Valor a buscar: ";
   cin >> buscado;
   pos = buscar(lista, buscado);
   if (pos != -1) {
      cout << "Encontrado en la posición " << pos + 1 << endl;
   }
   else {
      cout << "No encontrado!" << endl;
   }
   return 0;
} ...
```


Búsqueda binaria

```
int buscar(tLista lista, int buscado) {
   int pos = -1, ini = 0, fin = lista.cont - 1, mitad;
   bool encontrado = false;
   while ((ini <= fin) && !encontrado) {
      mitad = (ini + fin) / 2; // División entera
      if (buscado == lista.elementos[mitad]) {
         encontrado = true;
      }
      else if (buscado < lista.elementos[mitad]) {
         fin = mitad - 1;
      }
      else {
         ini = mitad + 1;
      }
   }
   if (encontrado) {
      pos = mitad;
   }
   return pos;
}
```


Búsqueda binaria

Complejidad

¿Qué orden de complejidad tiene la búsqueda binaria?

Caso peor:

No está o se encuentra en una sublista de 1 elemento

Nº de comparaciones = Nº de mitades que podemos hacer

N / 2, N / 4, N / 8, N / 16, ..., 8, 4, 2, 1

≡ 1, 2, 4, 8, ..., N / 16, N / 8, N / 4, N / 2

Si hacemos que N sea igual a 2^k:

2^0, 2^1, 2^2, 2^3, ..., 2^{k-4}, 2^{k-3}, 2^{k-2}, 2^{k-1}

Nº de elementos de esa serie: *k*

Nº de comparaciones = k $N = 2^k \rightarrow k = \log_2 N$

Complejidad: $O(\log_2 N)$ Mucho más rápida que $O(N)$

Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

7A Más sobre ordenación

ANEXO

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

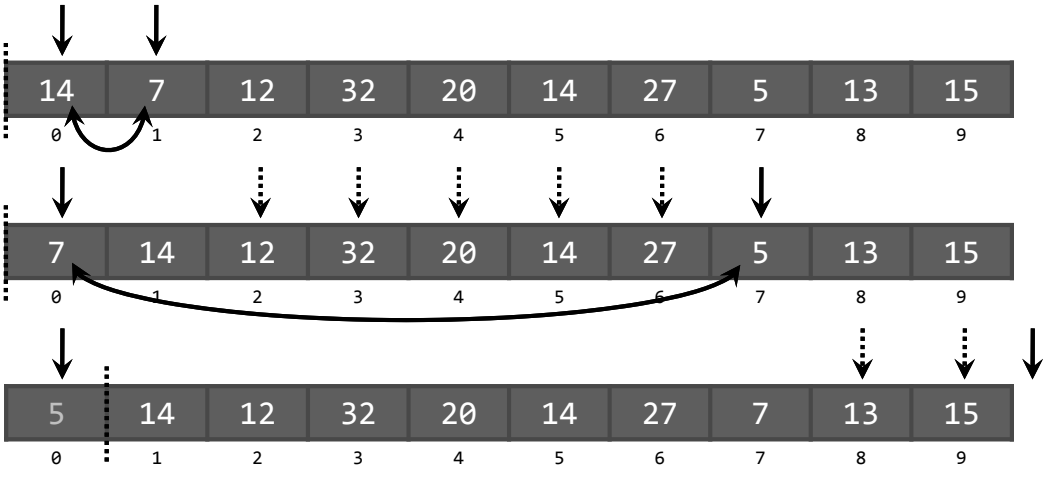
Ordenación por intercambio

Luis Hernández Yáñez

Algoritmo de ordenación por intercambio

Variación del método de selección directa

Se intercambia el elemento de la posición que se trata en cada momento siempre que se encuentra uno que es menor:



Luis Hernández Yáñez

Ordenación por intercambio

intercambio.cpp

```
const int N = 10;
typedef int tLista[N];
tLista lista;
...
for (int i = 0; i < N - 1; i++) {
// Desde el primer elemento hasta el penúltimo
   for (int j = i + 1; j < N; j++) {
   // Desde i+1 hasta el final
      if (lista[j] < lista[i]) {
         int tmp;
         tmp = lista[i];
         lista[i] = lista[j];
         lista[j] = tmp;
      }
   }
}
```

Igual número de comparaciones, muchos más intercambios
No es estable

Fundamentos de la programación

Mezcla de dos listas ordenadas

Mezcla de listas ordenadas

Mezcla de dos listas ordenadas en arrays

```
const int N = 100;
typedef struct {
  int elementos[N];
  int cont;
} tLista;
```

Un índice para cada lista, inicializados a 0 (principio de las listas)

Mientras que no lleguemos al final de alguna de las dos listas:

Elegimos el elemento menor de los que tienen los índices

Lo copiamos en la lista resultado y avanzamos su índice una posición

Copiamos en la lista resultado los que queden en la lista no acabada

Mezcla de listas ordenadas

```
void mezcla(tLista lista1, tLista lista2, tLista &listaM) {
   int pos1 = 0, pos2 = 0;
   listaM.cont = 0;

   while ((pos1 < lista1.cont) && (pos2 < lista2.cont)
          && (listaM.cont < N)) {
      if (lista1.elementos[pos1] < lista2.elementos[pos2]) {
         listaM.elementos[listaM.cont] = lista1.elementos[pos1];
         pos1++;
      }
      else {
         listaM.elementos[listaM.cont] = lista2.elementos[pos2];
         pos2++;
      }
      listaM.cont++;
   }
   ...
```


Mezcla de listas ordenadas

mezcla1.cpp

```
      // Pueden quedar datos en alguna de las listas
      if (pos1 < lista1.cont) {
         while ((pos1 < lista1.cont) && (listaM.cont < N)) {
            listaM.elementos[listaM.cont] = lista1.elementos[pos1];
            pos1++;
            listaM.cont++;
         }
      }
      else { // pos2 < lista2.cont
         while ((pos2 < lista2.cont) && (listaM.cont < N)) {
            listaM.elementos[listaM.cont] = lista2.elementos[pos2];
            pos2++;
            listaM.cont++;
         }
      }
   }
```

```
Primera lista:
1   4   5   8   12   12   15   18   24   31   45   49   63
Segunda lista:
2   3   9   14   15   23   28   42   58   73   79   84   88   93
Lista con la mezcla:
1   2   3   4   5   8   9   12   12   14   15   15   18   23   24   28   31   42
   45   49   58   63   73   79   84   88   93
```


Mezcla de listas ordenadas

Mezcla de dos listas ordenadas en archivos

```
void mezcla(string nombre1, string nombre2, string nombreM) {
// Mezcla las secuencias en los archivos nombnre1 y nombre2
// generando la secuencia mezclada en el archivo nombreM
   ifstream archivo1, archivo2;
   ofstream mezcla;
   int dato1, dato2;

   // Los archivos existen y son correctos
   archivo1.open(nombre1.c_str());
   archivo2.open(nombre2.c_str());
   mezcla.open(nombreM.c_str());
   archivo1 >> dato1;
   archivo2 >> dato2;
   while ((dato1 != -1) && (dato2 != -1)) {
   // Mientras quede algo en ambos archivos
      ...
```


Mezcla de listas ordenadas

```
         if (dato1 < dato2) {
            mezcla << dato1 << endl;
            archivo1 >> dato1;
         } else {
            mezcla << dato2 << endl;
            archivo2 >> dato2;
         }
      } // Uno de los dos archivos se ha acabado
      if (dato1 != -1) { // Quedan en el primer archivo
         while (dato1 != -1) {
            mezcla << dato1 << endl;
            archivo1 >> dato1;
         }
      }
      else { // Quedan en el segundo archivo
         while (dato2 != -1) {
            mezcla << dato2 << endl;
            archivo2 >> dato2;
         }
      }
      ...
```


Mezcla de listas ordenadas

mezcla2.cpp

```
      archivo2.close();
      archivo1.close();
      mezcla << -1 << endl;
      mezcla.close();
   }
```


Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

8 Programación modular

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Programas multiarchivo y compilación separada

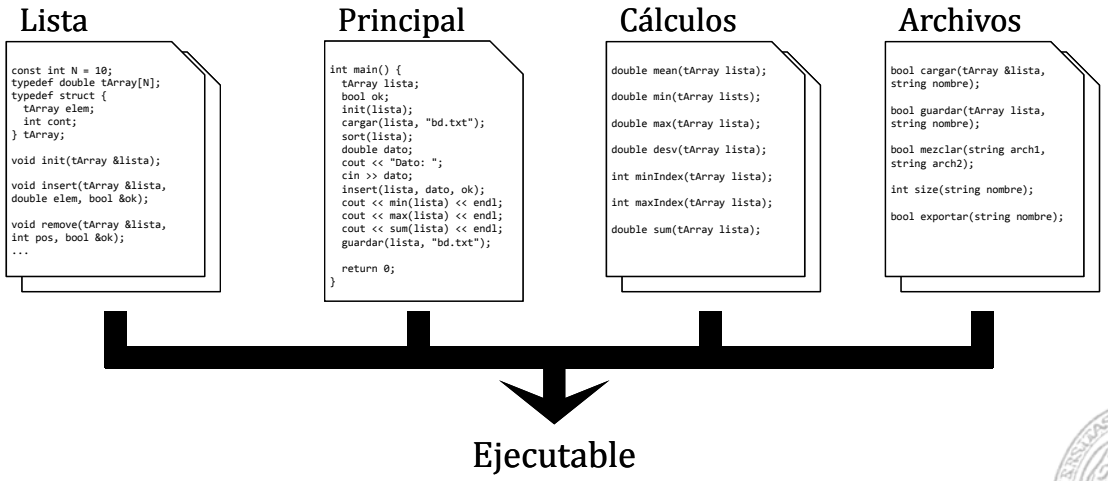
Luis Hernández Yáñez

Programas multiarchivo

Código fuente repartido entre varios archivos (*módulos*)

Cada módulo con sus declaraciones y sus subprogramas

→ Módulo: Unidad funcional (estructura de datos, utilidades, ...)

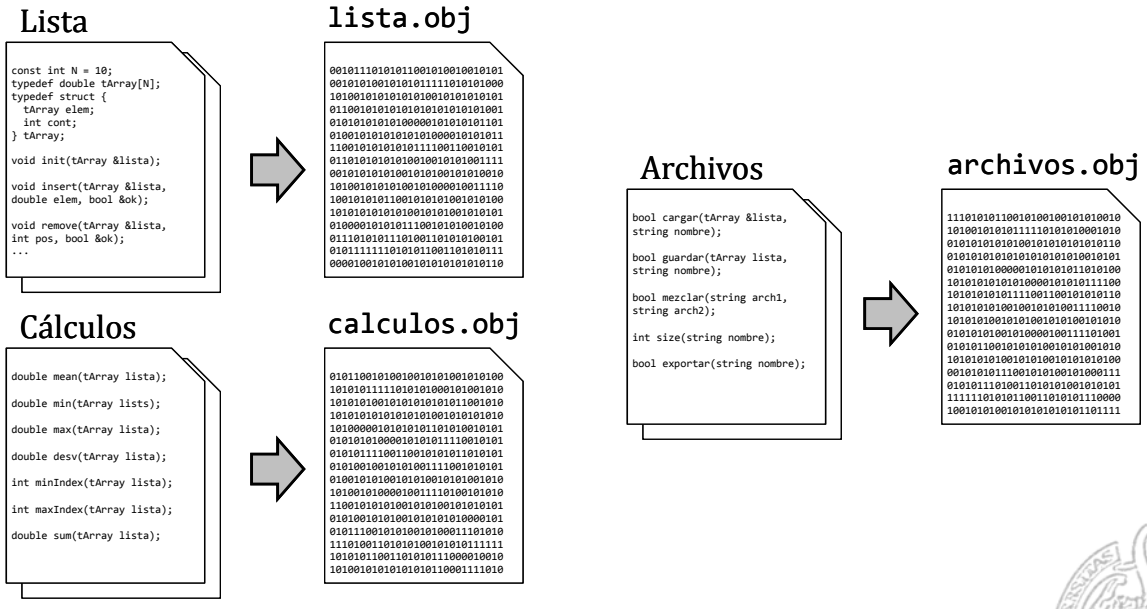


Luis Hernández Yáñez

Programación modular

Compilación separada

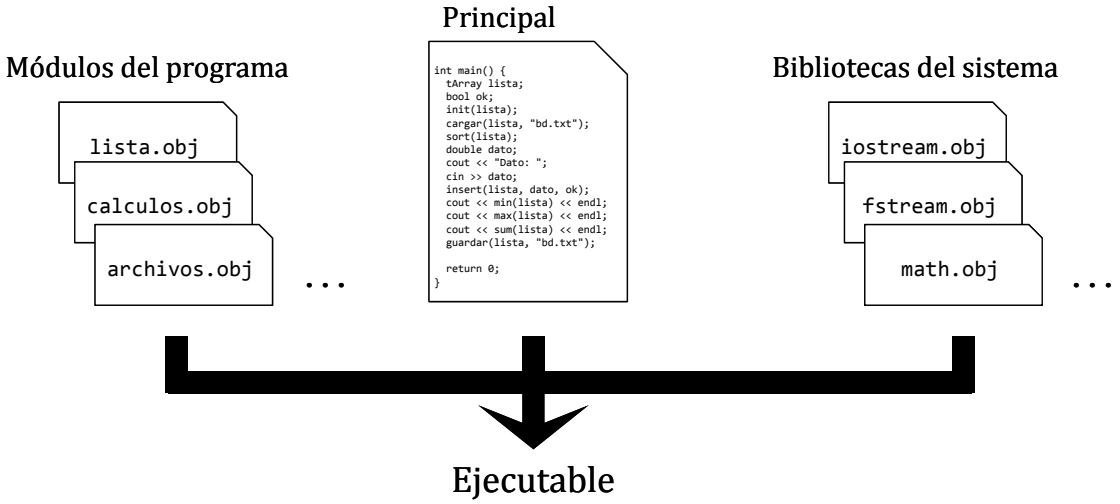
Cada módulo se compila a código objeto de forma independiente



Programación modular

Compilación separada

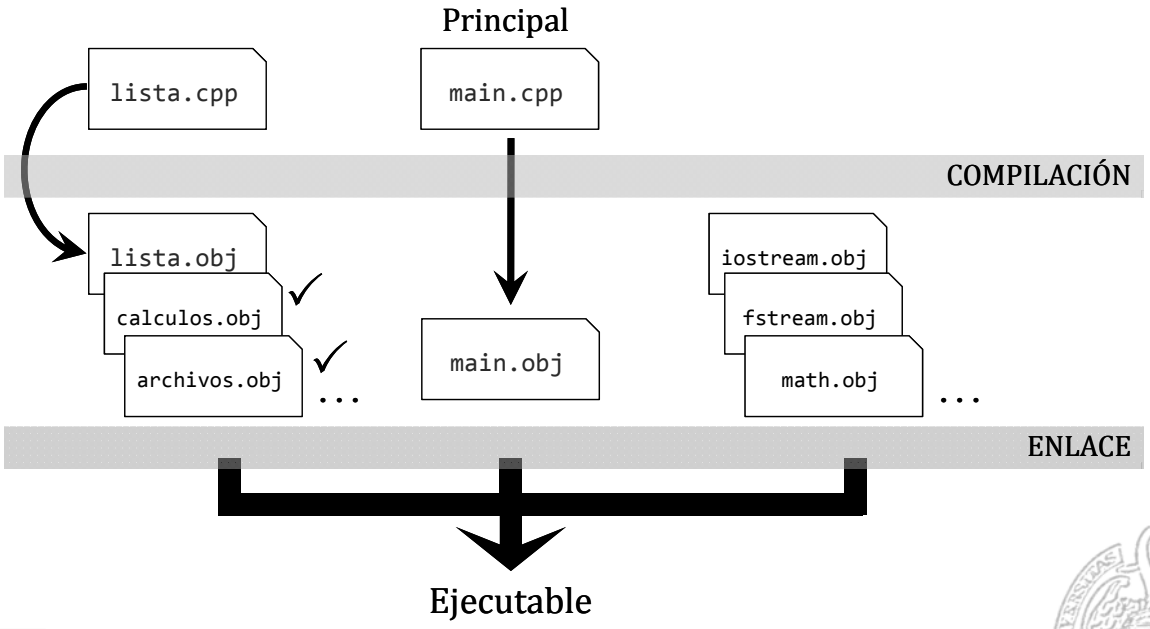
Al compilar el programa principal, se adjuntan los módulos compilados



Programación modular

Compilación separada

¡Sólo los archivos fuente modificados necesitan ser recompilados!



Fundamentos de la programación

Interfaz frente a implementación

Interfaz frente a implementación

Creación de módulos de biblioteca

Código de un programa de un único archivo:

- ✓ Definiciones de constantes
- ✓ Declaraciones de tipos de datos
- ✓ Prototipos de los subprogramas
- ✓ Implementación de los subprogramas
- ✓ Implementación de la función `main()`

Constantes, tipos y prototipos indican *cómo se usa*: Interfaz

- ✓ Estructura de datos con los subprogramas que la gestionan
- ✓ Conjunto de utilidades (subprogramas) de uso general
- ✓ Etcétera

\+ Implementación de los subprogramas (*cómo se hace*)

Interfaz frente a implementación

Creación de módulos de biblioteca

Interfaz: Definiciones/declaraciones de datos y prototipos

¡Todo lo que el usuario de la unidad funcional necesita saber!

Implementación: Código de los subprogramas que hacen el trabajo

No hay que conocerlo para usarlo: ¡Seguro que es correcto!

Interfaz e implementación en dos archivos separados:

- ✓ Cabecera: Definiciones/declaraciones de datos y prototipos
- ✓ Implementación: Implementación de los subprogramas.

Archivo de cabecera: extensión `.h`

Archivo de implementación: extensión `.cpp` } Mismo nombre

Repartimos el código entre ambos archivos (`lista.h`/`lista.cpp`)

Interfaz frente a implementación

Creación de módulos de biblioteca

Interfaz frente a *implementación*

lista.h

```
const int N = 10;
typedef double tArray[N];
typedef struct {
  tArray elem;
  int cont;
} tArray;

void init(tArray &lista);

void insert(tArray &lista,
double elem, bool &ok);

void remove(tArray &lista,
int pos, bool &ok);
...
```

lista.cpp

```
#include "lista.h"

void init(tArray &lista) {
  lista.cont = 0;
}

void insert(tArray &lista,
double elem, bool &ok) {
  if (lista.cont == N) {
    ok false;
  }
  else {
    ...
```

Módulo
Unidad
Biblioteca

Si otro módulo quiere usar algo de esa biblioteca:
Debe incluir el archivo de cabecera

main.cpp

```
#include "lista.h"
...
```

Los nombres de archivos de cabecera propios (no del sistema) se encierran entre dobles comillas, no entre ángulos

Interfaz frente a implementación

Creación de módulos de biblioteca

lista.h

```
const int N = 10;
typedef double tArray[N];
typedef struct {
  tArray elem;
  int cont;
} tArray;

void init(tArray &lista);

void insert(tArray &lista,
double elem, bool &ok);

void remove(tArray &lista,
int pos, bool &ok);
...
```

Interfaz

Archivo de cabecera (`.h`): todo lo que necesita conocer otro módulo (o programa principal) que quiera utilizar sus servicios (subprogramas)

La directiva `#include` añade las declaraciones del archivo de cabecera en el código del módulo (*preprocesamiento*):

main.cpp

```
#include "lista.h"
...
```

Preprocesador

main.cpp

```
const int N = 10;
typedef double tArray[N];
typedef struct {
  tArray elem;
  int cont;
} tArray;

void init(tArray &lista);

void insert(tArray &lista, double elem,
bool &ok);

void remove(tArray &lista, int pos,
bool &ok);
...
```

Todo lo que se necesita saber para comprobar si el código de `main.cpp` hace un uso correcto de la lista (declaraciones y llamadas)

Interfaz frente a implementación

Creación de módulos de biblioteca

Implementación

Compilar el módulo significa compilar su archivo de implementación (`.cpp`)

También necesita conocer sus propias declaraciones:

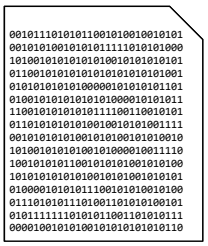
`lista.cpp`

```
#include "lista.h"
...
```

`lista.cpp`

```
#include "lista.h"

void init(tArray &lista) {
  lista.cont = 0;
}

void insert(tArray &lista,
double elem, bool &ok) {
  if (lista.cont == N) {
     ok false;
  }
  else {
    ...
```

`lista.obj`



Al compilar el módulo se genera el código objeto

Si no se modifica no hay necesidad de recompilar

Código que usa el módulo:

- ✓ Necesita sólo el archivo de cabecera para compilar
- ✓ Se adjunta el código objeto del módulo durante el enlace

Fundamentos de la programación

Uso de módulos de biblioteca

Programación modular

Uso de módulos de biblioteca

Ejemplo: Gestión de una lista ordenada (Tema 7)

Todo lo que tenga que ver con la lista estará en su propio módulo

Ahora el código estará repartido en tres archivos:

- ✓ `lista.h`: archivo de cabecera del módulo de lista
- ✓ `lista.cpp`: implementación del módulo de lista
- ✓ `bd.cpp`: programa principal que usa la lista

Tanto `lista.cpp` como `bd.cpp` deben incluir al principio `lista.h`

Módulo propio: dobles comillas en la directiva `#include`

```
#include "lista.h"
```

Archivos de cabecera de bibliotecas del sistema: entre ángulos

Y no tienen necesariamente que llevar extensión `.h`

Programación modular

Archivo de cabecera `lista.h`

Módulo: Gestión de una lista ordenada I

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

const int N = 100;
typedef struct {
   int codigo;
   string nombre;
   double sueldo;
} tRegistro;
typedef tRegistro tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;
const string BD = "bd.txt";
...
```

```
1  #include <string>
2  using namespace std;
3
4  const int N = 100;
5
6  // Estructura para los datos individuales de la lista:
7  typedef struct {
8     int codigo;
9     string nombre;
10    double sueldo;
11 } tRegistro;
12
13 // Array de registros:
14 typedef tRegistro tArray[N];
15
16 // Lista: array y contador
17 typedef struct {
18    tArray registros;
19    int cont;
20 } tLista;
21
22 // Constante global con el nombre del archivo de base de datos:
23 const string BD = "bd.txt";
24
25 // Muestra en una línea la información del registro proporcionado
26 // precedida por su posición en la lista.
27 void mostrar(int pos, tRegistro registro);
28
29 // Muestra la lista completa.
30 void mostrar(const tLista &lista);
31
32 // Operador relacional para comparar registros.
33 // Basado en el campo nombre.
34 bool operator>(tRegistro opIzq, tRegistro opDer);
35
36 // Operador relacional para comparar registros.
37 // Basado en el campo nombre.
38 bool operator<(tRegistro opIzq, tRegistro opDer);
39
40 // Lectura de los datos de un nuevo registro.
41 tRegistro nuevo();
```

¡Documenta bien el código!

Programación modular

```
void mostrar(int pos, tRegistro registro);
void mostrar(const tLista &lista);
bool operator>(tRegistro opIzq, tRegistro opDer);
bool operator<(tRegistro opIzq, tRegistro opDer);
tRegistro nuevo();
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
void eliminar(tLista &lista, int pos, bool &ok); // pos = 1..N
int buscar(tLista lista, string nombre);
void cargar(tLista &lista, bool &ok);
void guardar(tLista lista);
```

Cada prototipo, con un comentario que explique su utilidad/uso
(Aquí se omiten por cuestión de espacio)

Luis Hernández Yáñez

Programación modular

Implementación `lista.cpp`

Módulo: Gestión de una lista ordenada I

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
#include <fstream>
#include <iomanip>
#include "lista.h"

tRegistro nuevo() {
   tRegistro registro;
   cout << "Introduce el código: ";
   cin >> registro.codigo;
   cout << "Introduce el nombre: ";
   cin >> registro.nombre;
   cout << "Introduce el sueldo: ";
   cin >> registro.sueldo;
   return registro;
} ...
```

Luis Hernández Yáñez

Programación modular

```
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false; // Lista llena
   }
   else {
      int i = 0;
      while ((i < lista.cont) && (lista.registros[i] < registro)) {
         i++;
      }
      // Insertamos en la posición i
      for (int j = lista.cont; j > i; j--) {
         // Desplazamos a la derecha
         lista.registros[j] = lista.registros[j - 1];
      }
      lista.registros[i] = registro;
      lista.cont++;
   }
} ...
```


Programación modular

```
void eliminar(tLista &lista, int pos, bool &ok) { // pos = 1..
   ok = true;
   if ((pos < 1) || (pos > lista.cont)) {
      ok = false; // Posición inexistente
   }
   else {
      pos--; // Pasamos a índice del array
      for (int i = pos + 1; i < lista.cont; i++) {
         // Desplazamos a la izquierda
         lista.registros[i - 1] = lista.registros[i];
      }
      lista.cont--;
   }
}

...
```


Módulo: Gestión de una lista ordenada I

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "lista.h"

int menu();

int main() {
   tLista lista;
   bool ok;
   int op, pos;
   cargar(lista, ok);
   if (!ok) {
      cout << "No se ha podido abrir el archivo!" << endl;
   }
   else {
      do {
         mostrar(lista);
         op = menu(); ...
```



```
      if (op == 1) {
         tRegistro registro = nuevo();
         insertar(lista, registro, ok);
         if (!ok) {
            cout << "Error: Lista llena!" << endl;
         }
      }
      else if (op == 2) {
         cout << "Posición: ";
         cin >> pos;
         eliminar(lista, pos, ok);
         if (!ok) {
            cout << "Error: Posicion inexistente!" << endl;
         }
      }
      else if (op == 3) {
         string nombre;
         cin.sync();
         cout << "Nombre: ";
         cin >> nombre;
         int pos = buscar(lista, nombre);
         ...
```


Programación modular

```
            if (pos == -1) {
               cout << "No se ha encontrado!" << endl;
            }
            else {
               cout << "Encontrado en la posición " << pos << endl;
            }
         }
      } while (op != 0);
      guardar(lista);
   }
   return 0;
}

int menu() {
   cout << endl;
   cout << "1 - Insertar" << endl;
   cout << "2 - Eliminar" << endl;
   cout << "3 - Buscar" << endl;
   cout << "0 - Salir" << endl;
   int op;
   do {
      ...
```

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Compilación de programas multiarchivo

Luis Hernández Yáñez

Compilación de programas multiarchivo

G++

Archivos de cabecera e implementación en la misma carpeta

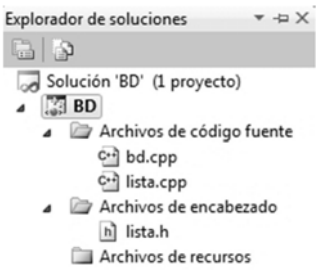
Listamos todos los `.cpp` en la orden g++:

```
D:\FP\Tema08>g++ -o bd.exe lista.cpp bd.cpp
```

Recuerda que sólo se compilan los `.cpp`

Visual C++/Studio

Archivos de cabecera e implementación en grupos distintos:



A los archivos de cabecera los llama de encabezado

Con Depurar -> Generar solución se compilan todos los `.cpp`

Fundamentos de la programación

El preprocesador

El preprocesador

Directivas: `#...`

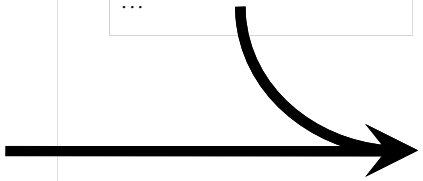
Antes de compilar se pone en marcha el *preprocesador*

Interpreta las directivas y genera un único archivo temporal con todo el código del módulo o programa

Como en la inclusión (directiva `#include`):

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

const int N = 100;

typedef struct {
  int codigo;
  string nombre;
  double sueldo;
} tRegistro;

typedef tRegistro
tArray[N];

typedef struct {
  tArray registros;
  int cont;
} tLista;
...
```

```
#include "lista.h"

int menu();

...
```



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

const int N = 100;

typedef struct {
  int codigo;
  string nombre;
  double sueldo;
} tRegistro;

typedef tRegistro
tArray[N];

typedef struct {
  tArray registros;
  int cont;
} tLista;
...

int menu();
...
```


Fundamentos de la programación

Cada cosa en su módulo

Programación modular

Distribuir la funcionalidad del programa en módulos

Encapsulación de un conjunto de subprogramas relacionados:

- ✓ Por la estructura de datos sobre la que trabajan
- ✓ Subprogramas de utilidad

A menudo las estructuras de datos contienen otras estructuras:

```
const int N = 100;
typedef struct {
   int codigo;
   string nombre;
   double sueldo;
} tRegistro;
typedef tRegistro tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;
```

Lista de registros:

- ✓ Estructura `tRegistro`
- ✓ Estructura `tLista` (contiene `tRegistro`)

Cada estructura, en su módulo

Módulo de registros

Cabecera `registro.h`

Gestión de una lista ordenada II

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

typedef struct {
   int codigo;
   string nombre;
   double sueldo;
} tRegistro;

tRegistro nuevo();
bool operator>(tRegistro opIzq, tRegistro opDer);
bool operator<(tRegistro opIzq, tRegistro opDer);
void mostrar(int pos, tRegistro registro);
```

Módulo de registros

Implementación `registro.cpp`

Gestión de una lista ordenada II

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
#include <iomanip>
#include "registro.h"

tRegistro nuevo() {
   tRegistro registro;
   cout << "Introduce el código: ";
   cin >> registro.codigo;
   cout << "Introduce el nombre: ";
   cin >> registro.nombre;
   cout << "Introduce el sueldo: ";
   cin >> registro.sueldo;
   return registro;
}

bool operator>(tRegistro opIzq, tRegistro opDer) {
   return opIzq.nombre > opDer.nombre;
} ...
```


Módulo de lista

Cabecera `lista2.h`

Gestión de una lista ordenada II

```
#include <string>
using namespace std;
#include "registro.h"

const int N = 100;
typedef tRegistro tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;
const string BD = "bd.txt";

void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
void eliminar(tLista &lista, int pos, bool &ok); // pos = 1..N
int buscar(tLista lista, string nombre);
void mostrar(const tLista &lista);
void cargar(tLista &lista, bool &ok);
void guardar(tLista lista);
```


Módulo de lista

Implementación `lista2.cpp`

Gestión de una lista ordenada II

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <fstream>
#include "lista2.h"

void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false; // Lista llena
   }
   else {
      int i = 0;
      while ((i < lista.cont) && (lista.registros[i] < registro)) {
         i++;
      }
      // Insertamos en la posición i
      for (int j = lista.cont; j > i; j--) {// Desplazar a la derecha
         lista.registros[j] = lista.registros[j - 1];
      }
      ...
```


Programa principal

`bd2.cpp`

Gestión de una lista ordenada II

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "registro.h"
#include "lista2.h"

int menu();

int main() {
   tLista lista;
   bool ok;
   int op, pos;

   cargar(lista, ok);
   if (!ok) {
      cout << "No se pudo abrir el archivo!" << endl;
   }
   else {
      do {
         mostrar(lista);
         op = menu();
         ...
```

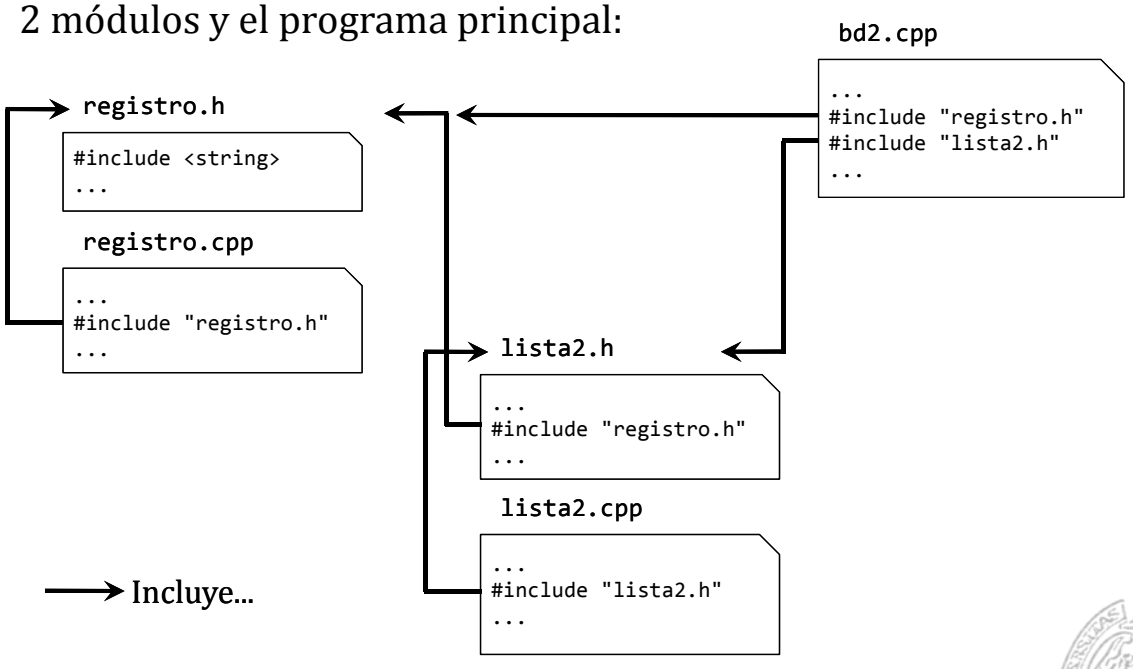
¡No intentes compilar este ejemplo! Tiene errores

El problema de las inclusiones múltiples

Luis Hernández Yáñez

Gestión de una lista ordenada II

2 módulos y el programa principal:



Luis Hernández Yáñez

Inclusiones múltiples

Gestión de una lista ordenada II

Preprocesamiento de `#include`:

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

#include "registro.h"

#include "lista2.h"

int menu();

...
```

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

typedef struct {
   ...
} tRegistro;
...
```

```
#include <string>
using namespace std;
#include "registro.h"

const int N = 100;
typedef tRegistro tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;
...
```

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

typedef struct {
   ...
} tRegistro;
...
```


Inclusiones múltiples

Gestión de una lista ordenada II

Preprocesamiento de `#include`:

Sustituido

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

#include <string>
using namespace std;

typedef struct {
   ...
} tRegistro;
...

#include "lista2.h"

int menu();

...
```

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

typedef struct {
   ...
} tRegistro;
...

const int N = 100;
typedef tRegistro tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;
...
```


Inclusiones múltiples

Gestión de una lista ordenada II

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

#include <string>
using namespace std;

typedef struct {
   ...
} tRegistro;
...
```

```
const int N = 100;
typedef tRegistro tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;
...

int menu();

...
```

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

typedef struct {
   ...
} tRegistro;
...
```

¡Identificador duplicado!

Luis Hernández Yáñez

Inclusiones múltiples

Compilación condicional

Directivas `#ifdef`, `#ifndef`, `#else` y `#endif`

Se usan en conjunción con la directiva `#define`

```
#define X
#ifdef X
... // Código if
[#else
... // Código else
]
#endif
```

```
#define X
#ifndef X
... // Código if
[#else
... // Código else
]
#endif
```

La directiva `#define` define un símbolo (identificador)

Izquierda: se compilará el "Código if" y no el "Código else"
Derecha: al revés, o nada si no hay else

Las cláusulas else son opcionales

Luis Hernández Yáñez

Inclusiones múltiples

Protección frente a inclusiones múltiples

`lista2.cpp` y `bd2.cpp` incluyen `registro.h`

→ ¡Identificadores duplicados!

Cada módulo debe incluirse una y sólo una vez

Protección frente a inclusiones múltiples:

```
#ifndef X
#define X
... // Módulo
#endif
```

El símbolo X debe ser único para cada módulo de la aplicación

La primera vez no está definido el símbolo *X*: se incluye y define

Las siguientes veces el símbolo *X* ya está definido: no se incluye

Símbolo *X*: nombre del archivo con _ en lugar de .

`registro_h`, `lista2_h`, ...

Módulo de registros

Cabecera `registrofin.h`

Gestión de una lista ordenada III

```
#ifndef registrofin_h
#define registrofin_h
#include <string>
using namespace std;

typedef struct {
  int codigo;
  string nombre;
  double sueldo;
} tRegistro;

tRegistro nuevo();
bool operator>(tRegistro opIzq, tRegistro opDer);
bool operator<(tRegistro opIzq, tRegistro opDer);
void mostrar(int pos, tRegistro registro);
#endif
```


Módulo de registros

Implementación `registrofin.cpp`

Gestión de una lista ordenada III

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;
#include <iomanip>
#include "registrofin.h"

tRegistro nuevo() {
   tRegistro registro;
   cout << "Introduce el código: ";
   cin >> registro.codigo;
   cout << "Introduce el nombre: ";
   cin >> registro.nombre;
   cout << "Introduce el sueldo: ";
   cin >> registro.sueldo;
   return registro;
}

bool operator>(tRegistro opIzq, tRegistro opDer) {
   return opIzq.nombre > opDer.nombre;
} ...
```


Módulo de lista

Cabecera `listafin.h`

Gestión de una lista ordenada III

```
#ifndef listafin_h
#define listafin_h
#include <string>
using namespace std;
#include "registrofin.h"

const int N = 100;
typedef tRegistro tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;
const string BD = "bd.txt";
void mostrar(const tLista &lista);
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
void eliminar(tLista &lista, int pos, bool &ok); // pos = 1..N
int buscar(tLista lista, string nombre);
void cargar(tLista &lista, bool &ok);
void guardar(tLista lista);
#endif
```


Módulo de lista

Implementación `listafin.cpp`

Gestión de una lista ordenada III

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <fstream>
#include "listafin.h"

void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false; // lista llena
   }
   else {
      int i = 0;
      while ((i < lista.cont) && (lista.registros[i] < registro)) {
         i++;
      }
      // Insertamos en la posición i
      for (int j = lista.cont; j > i; j--) {
         // Desplazamos a la derecha
         lista.registros[j] = lista.registros[j - 1];
      }
      ...
```


Programa principal

`bdfin.cpp`

Gestión de una lista ordenada III

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "registrofin.h"
#include "listafin.h"

int menu();

int main() {
   tLista lista;
   bool ok;
   int op, pos;

   cargar(lista, ok);
   if (!ok) {
      cout << "No se pudo abrir el archivo!" << endl;
   }
   else {
      do {
         mostrar(lista);
         op = menu();
         ...
```

¡Ahora ya puedes compilarlo!

Inclusiones múltiples

Gestión de una lista ordenada III

Preprocesamiento de `#include` en `bdfin.cpp`:

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

#include "registrofin.h"

#include "listafin.h"

int menu();

...
```

```
#ifndef registrofin_h
#define registrofin_h
#include <string>
using namespace std;

typedef struct {
  ...
} tRegistro;
...
```

`registrofin_h` no se ha definido todavía

Inclusiones múltiples

Gestión de una lista ordenada III

Preprocesamiento de `#include` en `bdfin.cpp`:

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

#define registrofin_h
#include <string>
using namespace std;

typedef struct {
  ...
} tRegistro;
...

#include "listafin.h"

int menu();

...
```

```
#ifndef listafin_h
#define listafin_h
#include <string>
using namespace std;
#include "registrofin.h"

const int N = 100;
typedef tRegistro tArray[N];
typedef struct {
  tArray registros;
  int cont;
} tLista;
...
```

`listafin_h` no se ha definido todavía

Inclusiones múltiples

Gestión de una lista ordenada III

Preprocesamiento de `#include` en `bdfin.cpp`:

```
#include <iostream>
using namespace std;
#define registrofin_h
#include <string>
using namespace std;

typedef struct {
  ...
} tRegistro;
...
```

```
#define listafin_h
#include <string>
using namespace std;
#include "registrofin.h"

...
int menu();
...
```

```
#ifndef registrofin_h
#define registrofin_h
#include <string>
using namespace std;

typedef struct {
  ...
} tRegistro;
...
```

¡`registrofin_h` *ya está definido!*

Fundamentos de la programación

Implementaciones alternativas

Implementaciones alternativas

Misma interfaz, implementación alternativa

`lista.h`

```
#include <string>
using namespace std;
#include "registrofin.h"

const int N = 100;
typedef tRegistro tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;

void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
```

Lista ordenada

```
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false; // Lista llena
   }
   else {
      int i = 0;
      while ((i < lista.cont) && (lista.reg
         i++;
      }
      // Insertamos en la posición i
      for (int j = lista.cont; j > i; j--)
      // Desplazamos a la derecha
         lista.registros[j] = lista.registros[j - 1];
         ...
```

Lista no ordenada

```
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false; // Lista llena
   }
   else {
      lista.registros[lista.cont] = registro;
      lista.cont++;
    }
}
```

Luis Hernández Yáñez

Implementaciones alternativas

Misma interfaz, implementación alternativa

`listaDES.cpp`: Lista no ordenada

```
...
#include "lista.h"

void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false; // Lista llena
   }
   else {
      lista.registros[lista.cont] = registro;
      lista.cont++;
    }
}
...
```

`listaORD.cpp`: Lista ordenada

```
...
#include "lista.h"

void insertar(tLista &lista, tRegistro registro,
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false; // Lista llena
   }
   else {
      int i = 0;
      while ((i < lista.cont) && (lista.registros[i] < registro)) {
         i++;
      }
      // Insertamos en la posición i
      for (int j = lista.cont; j > i; j--) {
      // Desplazamos a la derecha
         lista.registros[j] = lista.registros[j - 1];
      }
      lista.registros[i] = registro;
      ...
```

Luis Hernández Yáñez

Implementaciones alternativas

Misma interfaz, implementación alternativa

Al compilar, incluimos un archivo de implementación u otro:
¿Programa con lista ordenada o con lista desordenada?

```
g++ -o programa.exe registrofin.cpp listaORD.cpp ...
```

Incluye la implementación de la lista con ordenación

```
g++ -o programa.exe registrofin.cpp listaDES.cpp ...
```

Incluye la implementación de la lista sin ordenación

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Espacios de nombres

Luis Hernández Yáñez

Espacios de nombres

Agrupaciones lógicas de declaraciones

Espacio de nombres: agrupación de declaraciones (tipos, datos, subprogramas) bajo un nombre distintivo

Forma de un espacio de nombres:

```
namespace nombre {
  // Declaraciones
}
```

Por ejemplo:

```
namespace miEspacio {
   int i;
   double d;
}
```

Variables `i` y `d` declaradas en el espacio de nombres `miEspacio`

Espacios de nombres

Acceso a miembros de un espacio de nombres

Operador de resolución de ámbito (`::`)

Acceso a las variables del espacio de nombres `miEspacio`:

Nombre del espacio y operador de resolución de ámbito

```
miEspacio::i
miEspacio::d
```

Puede haber entidades con el mismo identificador en distintos módulos o en ámbitos distintos de un mismo módulo

Cada declaración en un espacio de nombres distinto:

```
namespace primero {
   int x = 5;
}
```

```
namespace segundo {
   double x = 3.1416;
}
```

Ahora se distingue entre `primero::x` y `segundo::x`

Espacios de nombres

using

Introduce un nombre de un espacio de nombres en el ámbito actual:

```
#include <iostream>
using namespace std;
namespace primero {
   int x = 5;
   int y = 10;
}
namespace segundo {
   double x = 3.1416;
   double y = 2.7183;
}
int main() {
   using primero::x;
   using segundo::y;
   cout << x << endl; // x es primero::x
   cout << y << endl; // y es segundo::y
   cout << primero::y << endl; // espacio explícito
   cout << segundo::x << endl; // espacio explícito
   return 0;
}
```

```
5
2.7183
10
3.1416
```


Espacios de nombres

using namespace

Introduce todos los nombres de un espacio en el ámbito actual:

```
#include <iostream>
using namespace std;
namespace primero {
  int x = 5;
  int y = 10;
}
namespace segundo {
  double x = 3.1416;
  double y = 2.7183;
}
int main() {
  using namespace primero;
  cout << x << endl; // x es primero::x
  cout << y << endl; // y es primero::y
  cout << segundo::x << endl; // espacio explícito
  cout << segundo::y << endl; // espacio explícito
  return 0;
}
```

`using` [`namespace`] sólo tiene efecto en el bloque en que se encuentra

```
5
10
3.1416
2.7183
```


Ejemplo de espacio de nombres

```
#ifndef listaEN_h
#define listaEN_h
#include "registrofin.h"

namespace ord { // Lista ordenada
   const int N = 100;
   typedef tRegistro tArray[N];
   typedef struct {
      tArray registros;
      int cont;
   } tLista;
   const string BD = "bd.txt";
   void mostrar(const tLista &lista);
   void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
   void eliminar(tLista &lista, int pos, bool &ok); // 1..N
   int buscar(tLista lista, string nombre);
   void cargar(tLista &lista, bool &ok);
   void guardar(tLista lista);
} // namespace

#endif
```


Ejemplo de espacio de nombres

Implementación

```
#include <iostream>
#include <fstream>
using namespace std;
#include "listaEN.h"

void ord::insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   // ...
}

void ord::eliminar(tLista &lista, int pos, bool &ok) {
   // ...
}

int ord::buscar(tLista lista, string nombre) {
   // ...
}

...
```


Ejemplo de espacio de nombres

Uso del espacio de nombres

Quien utilice `listaEN.h` debe poner el nombre del espacio:

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "registrofin.h"
#include "listaEN.h"

int menu();

int main() {
   ord::tLista lista;
   bool ok;
   ord::cargar(lista, ok);
   if (!ok) {
      cout << "No se pudo abrir el archivo!" << endl;
   }
   else {
      ord::mostrar(lista);
      ...
```

O usar una instrucción `using namespace ord;`

Ejemplo de espacio de nombres

Uso del espacio de nombres

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "registrofin.h"
#include "listaEN.h"
using namespace ord;

int menu();

int main() {
   tLista lista;
   bool ok;
   cargar(lista, ok);
   if (!ok) {
      cout << "No se pudo abrir el archivo!" << endl;
   }
   else {
      mostrar(lista);
      ...
```


Espacios de nombres

Implementaciones alternativas

Distintos espacios de nombres para distintas implementaciones

¿Lista ordenada o lista desordenada?

```
namespace ord { // Lista ordenada
   const int N = 100;
   typedef tRegistro tArray[N];
   ...
   void mostrar(const tLista &lista);
   void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
   ...
} // namespace

namespace des { // Lista desordenada
   const int N = 100;
   typedef tRegistro tArray[N];
   ...
   void mostrar(const tLista &lista);
   void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
   ...
} // namespace
```


Ejemplo

Cabecera `listaEN.h`

Implementaciones alternativas

Todo lo común puede estar fuera de la estructura `namespace`:

```
#ifndef listaEN_H
#define listaEN_H

#include "registrofin.h"

const int N = 100;

typedef tRegistro tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;

void mostrar(const tLista &lista);
void eliminar(tLista &lista, int pos, bool &ok); // pos = 1..N

...
```


Implementaciones alternativas

```
namespace ord { // Lista ordenada
   const string BD = "bd.txt";
   void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
   int buscar(tLista lista, string nombre);
   void cargar(tLista &lista, bool &ok);
   void guardar(tLista lista);
} // namespace

namespace des { // Lista desordenada
   const string BD = "bddes.txt";
   void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
   int buscar(tLista lista, string nombre);
   void cargar(tLista &lista, bool &ok);
   void guardar(tLista lista);
} // namespace

#endif
```

`cargar()` y `guardar()` se distinguen porque usan su propia BD, pero se implementan exactamente igual

Implementaciones alternativas

`listaEN.cpp`

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <fstream>
#include "listaEN.h"

// IMPLEMENTACIÓN DE LOS SUBPROGRAMAS COMUNES
void eliminar(tLista &lista, int pos, bool &ok) { // ...
}

void mostrar(const tLista &lista) { // ...
}

// IMPLEMENTACIÓN DE LOS SUBPROGRAMAS DEL ESPACIO DE NOMBRES ord
void ord::insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false; // Lista llena
   }
   else {
      int i = 0;
      while ((i < lista.cont) && (lista.registros[i] < registro)) {
         i++;
      } ...
```


Implementaciones alternativas

```
            for (int j = lista.cont; j > i; j--) {
               lista.registros[j] = lista.registros[j - 1];
            }
            lista.registros[i] = registro;
            lista.cont++;
         }
      }

      int ord::buscar(tLista lista, string nombre) {
         int ini = 0, fin = lista.cont - 1, mitad;
         bool encontrado = false;
         while ((ini <= fin) && !encontrado) {
            mitad = (ini + fin) / 2;
            if (nombre == lista.registros[mitad].nombre) {
               encontrado = true;
            }
            else if (nombre < lista.registros[mitad].nombre) {
               fin = mitad - 1;
            }
            else {
               ini = mitad + 1;
            }
         } ...
```


Implementaciones alternativas

```
         if (encontrado) {
            mitad++;
         }
         else {
            mitad = -1;
         }
         return mitad;
      }

      void ord::cargar(tLista &lista, bool &ok) { // ...
      }

      void ord::guardar(tLista lista) { // ...
      }
      ...
```


Implementaciones alternativas

```
// IMPLEMENTACIÓN DE LOS SUBPROGRAMAS DEL ESPACIO DE NOMBRES des

void des::insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false; // Lista llena
   }
   else {
      lista.registros[lista.cont] = registro;
      lista.cont++;
   }
}

int des::buscar(tLista lista, string nombre) {
   int pos = 0;
   bool encontrado = false;
   while ((pos < lista.cont) && !encontrado) {
      if (nombre == lista.registros[pos].nombre) {
         encontrado = true;
      }
      else {
         pos++;
      }
   } ...
```


Implementaciones alternativas

```
   if (encontrado) {
      pos++;
   }
   else {
      pos = -1;
   }
   return pos;
}

void des::cargar(tLista &lista, bool &ok) { // ...
}

void des::guardar(tLista lista) { // ...
}
```


Implementaciones alternativas

bdEN.cpp

Programa principal

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "registrofin.h"
#include "listaEN.h"
using namespace ord;

int menu();

int main() {
   tLista lista;
   bool ok;
   ...
   tRegistro registro = nuevo();
   insertar(lista, registro, ok);
   if (!ok) {
      ...
```

```
 1:      12345            Alvarez   120000.00
 2:      11111            Benitez   100000.00
 3:      21112          Dominguez    90000.00
 4:      11111              Duran   120000.00
 5:      22222          Fernandez   120000.00
 6:      12345              Gomez   100000.00
 7:      10000          Hernandez   150000.00
 8:      21112            Jimenez   100000.00
 9:      54321            Manzano    95000.00
10:      11111              Perez    90000.00
11:      12345            Sanchez    90000.00
12:      10000             Sergei   100000.00
13:      33333           Tarazona   120000.00
14:      12345           Turegano   100000.00
15:      11111            Urpiano    90000.00

1 - Insertar
2 - Eliminar
3 - Buscar
0 - Salir
Opción: 1
Introduce el código: 33333
Introduce el nombre: Calvo
Introduce el sueldo: 95000
 1:      12345            Alvarez   120000.00
 2:      11111            Benitez   100000.00
 3:      33333              Calvo    95000.00
 4:      21112          Dominguez    90000.00
 5:      11111              Duran   120000.00
 6:      22222          Fernandez   120000.00
 7:      12345              Gomez   100000.00
 8:      10000          Hernandez   150000.00
 9:      21112            Jimenez   100000.00
10:      54321            Manzano    95000.00
11:      11111              Perez    90000.00
12:      12345            Sanchez    90000.00
13:      10000             Sergei   100000.00
14:      33333           Tarazona   120000.00
15:      12345           Turegano   100000.00
16:      11111            Urpiano    90000.00
```

Implementaciones alternativas

bdEN.cpp

Programa principal

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "registrofin.h"
#include "listaEN.h"
using namespace des;

int menu();

int main() {
   tLista lista;
   bool ok;
   ...
   tRegistro registro = nuevo();
   insertar(lista, registro, ok);
   if (!ok) {
      ...
```

```
 1:      12345            Alvarez   120000.00
 2:      11111            Benitez   100000.00
 3:      21112          Dominguez    90000.00
 4:      11111              Duran   120000.00
 5:      22222          Fernandez   120000.00
 6:      12345              Gomez   100000.00
 7:      10000          Hernandez   150000.00
 8:      21112            Jimenez   100000.00
 9:      54321            Manzano    95000.00
10:      11111              Perez    90000.00
11:      12345            Sanchez    90000.00
12:      10000             Sergei   100000.00
13:      33333           Tarazona   120000.00
14:      12345           Turegano   100000.00
15:      11111            Urpiano    90000.00

1 - Insertar
2 - Eliminar
3 - Buscar
0 - Salir
Opción: 1
Introduce el código: 33333
Introduce el nombre: Calvo
Introduce el sueldo: 95000
 1:      12345            Alvarez   120000.00
 2:      11111            Benitez   100000.00
 3:      21112          Dominguez    90000.00
 4:      11111              Duran   120000.00
 5:      22222          Fernandez   120000.00
 6:      12345              Gomez   100000.00
 7:      10000          Hernandez   150000.00
 8:      21112            Jimenez   100000.00
 9:      54321            Manzano    95000.00
10:      11111              Perez    90000.00
11:      12345            Sanchez    90000.00
12:      10000             Sergei   100000.00
13:      33333           Tarazona   120000.00
14:      12345           Turegano   100000.00
15:      11111            Urpiano    90000.00
16:      33333              Calvo    95000.00
```


Calidad y reutilización del software

Luis Hernández Yáñez

Calidad del software

Software de calidad

El software debe ser desarrollado con buenas prácticas de ingeniería del software que aseguren un buen nivel de calidad

Los distintos módulos de la aplicación deben ser probados exhaustivamente, tanto de forma independiente como en su relación con los demás módulos

La prueba y depuración es muy importante y todos los equipos deberán seguir buenas pautas para asegurar la calidad

Los módulos deben ser igualmente bien documentados, de forma que otros desarrolladores puedan aprovecharlos

Luis Hernández Yáñez

Prueba y depuración del software

Prueba exhaustiva

El software debe ser probado exhaustivamente

Debemos intentar descubrir todos los errores posible

Los errores deben ser depurados, corrigiendo el código

Pruebas sobre listas:

- ✓ Lista inicialmente vacía
- ✓ Lista inicialmente llena
- ✓ Lista con un número intermedio de elementos
- ✓ Archivo no existente

Etcétera...

Se han de probar todas las opciones/situaciones del programa

En las clases prácticas veremos cómo se depura el software

Reutilización del software

No reinventemos la rueda

Desarrollar el software pensando en su posible reutilización

Un software de calidad debe poder ser fácilmente reutilizado

Nuestros módulos deben ser fácilmente usados y modificados

Por ejemplo: Nueva aplicación que gestione una lista de longitud variable de registros con NIF, nombre, apellidos y edad

Partiremos de los módulos `registro` y `lista` existentes

Las modificaciones básicamente afectarán al módulo `registro`

Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

8A Ejemplo de modularización

ANEXO

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Modularización de un programa

ventas.cpp

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

const int NCLI = 100;
const int NPROD = 200;
const int NVENTAS = 3000;

typedef struct {
   int id_cli;
   string nif;
   string nombre;
   string telefono;
} tCliente;

typedef struct {
   tCliente clientes[NCLI];
   int cont;
} tListaClientes;

typedef struct {
   int id_prod;
   string codigo;
   string nombre;
   double precio;
   int unidades;
} tProducto;

typedef struct {
   tProducto productos[NPROD];
   int cont;
} tListaProductos;

typedef struct {
   int id;
   int id_prod;
   int id_cli;
   int unidades;
} tVenta;

typedef struct {
   tVenta ventas[NVENTAS];
   int cont;
} tListaVentas;

...
```


Modularización de un programa

```
tCliente nuevoCliente();
bool valida(tCliente cliente); // Función interna
bool operator<(tCliente opIzq, tCliente opDer); // Por NIF
void mostrar(tCliente cliente);
void inicializar(tListaClientes &lista);
void cargar(tListaClientes &lista);
void insertar(tListaClientes &lista, tCliente cliente, bool &ok);
void buscar(const tListaClientes &lista, string nif, tCliente &cliente, bool &ok);
void eliminar(tListaClientes &lista, string nif, bool &ok);
void mostrar(const tListaClientes &lista);
tProducto nuevoProducto();
bool valida(tProducto producto); // Función interna
bool operator<(tProducto opIzq, tProducto opDer); // Por código
void mostrar(tProducto producto);
void inicializar(tListaProductos &lista);
void cargar(tListaProductos &lista);
void insertar(tListaProductos &lista, tProducto producto, bool &ok);
void buscar(const tListaProductos &lista, string codigo, tProducto &producto,
            bool &ok);
void eliminar(tListaProductos &lista, string codigo, bool &ok);
...
```


Modularización de un programa

```
void mostrar(const tListaProductos &lista);
tVenta nuevaVenta(int id_prod, int id_cli, int unidades);
bool valida(tVenta venta); // Función interna
void mostrar(tVenta venta, const tListaClientes &clientes,
             const tListaProductos &productos);
void inicializar(tListaVentas &lista);
void cargar(tListaVentas &lista);
void insertar(tListaVentas &lista, tVenta venta, bool &ok);
void buscar(const tListaVentas &lista, int id, tVenta &venta, bool &ok);
void eliminar(tListaVentas &lista, int id, bool &ok);
void ventasPorClientes(const tListaVentas &lista);
void ventasPorProductos(const tListaVentas &lista);
double totalVentas(const tListaVentas &ventas, string nif,
                   const tListaClientes &clientes,
                   const tListaProductos &productos);
void stock(const tListaVentas &ventas, const tListaClientes &clientes,
           const tListaProductos &productos);
int menu();

int main() {
   ...
```


Estructuras de datos

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

const int NCLI = 100;
const int NPROD = 200;
const int NVENTAS = 3000;

typedef struct {
   int id_cli;
   string nif;
   string nombre;
   string telefono;
} tCliente;

typedef struct {
   tCliente clientes[NCLI];
   int cont;
} tListaClientes;

typedef struct {
   int id_prod;
   string codigo;
   string nombre;
   double precio;
   int unidades;
} tProducto;

typedef struct {
   tProducto productos[NPROD];
   int cont;
} tListaProductos;

typedef struct {
   int id;
   int id_prod;
   int id_cli;
   int unidades;
} tVenta;

typedef struct {
   tVenta ventas[NVENTAS];
   int cont;
} tListaVentas;

...
```

Cliente

Lista de clientes

Producto

Lista de productos

Venta

Lista de ventas

Subprogramas de las estructuras de datos

```
tCliente nuevoCliente();
bool valida(tCliente cliente); // Función interna
bool operator<(tCliente opIzq, tCliente opDer); // Por NIF
void mostrar(tCliente cliente);

void inicializar(tListaClientes &lista);
void cargar(tListaClientes &lista);
void insertar(tListaClientes &lista, tCliente cliente, bool &ok);
void buscar(const tListaClientes &lista, string nif, tCliente &cliente,
            bool &ok);
void eliminar(tListaClientes &lista, string nif, bool &ok);
void mostrar(const tListaClientes &lista);

tProducto nuevoProducto();
bool valida(tProducto producto); // Función interna
bool operator<(tProducto opIzq, tProducto opDer); // Por código
void mostrar(tProducto producto);

...
```

Cliente

Lista de clientes

Producto

Subprogramas de las estructuras de datos

Lista de productos

```
void inicializar(tListaProductos &lista);
void cargar(tListaProductos &lista);
void insertar(tListaProductos &lista, tProducto producto, bool &ok);
void buscar(const tListaProductos &lista, string codigo, tProducto &producto,
            bool &ok);
void eliminar(tListaProductos &lista, string codigo, bool &ok);
void mostrar(const tListaProductos &lista);
```

Venta

```
tVenta nuevaVenta(int id_prod, int id_cli, int unidades);
bool valida(tVenta venta); // Función interna
void mostrar(tVenta venta, const tListaClientes &clientes,
             const tListaProductos &productos);
...
```


Subprogramas de las estructuras de datos

Lista de ventas

```
void inicializar(tListaVentas &lista);
void cargar(tListaVentas &lista);
void insertar(tListaVentas &lista, tVenta venta, bool &ok);
void buscar(const tListaVentas &lista, int id, tVenta &venta, bool &ok);
void eliminar(tListaVentas &lista, int id, bool &ok);
void ventasPorClientes(const tListaVentas &lista);
void ventasPorProductos(const tListaVentas &lista);
double totalVentas(const tListaVentas &ventas, string nif,
                   const tListaClientes &clientes,
                   const tListaProductos &productos);
void stock(const tListaVentas &ventas, const tListaClientes &clientes,
           const tListaProductos &productos);
int menu();

int main() {
   ...
```

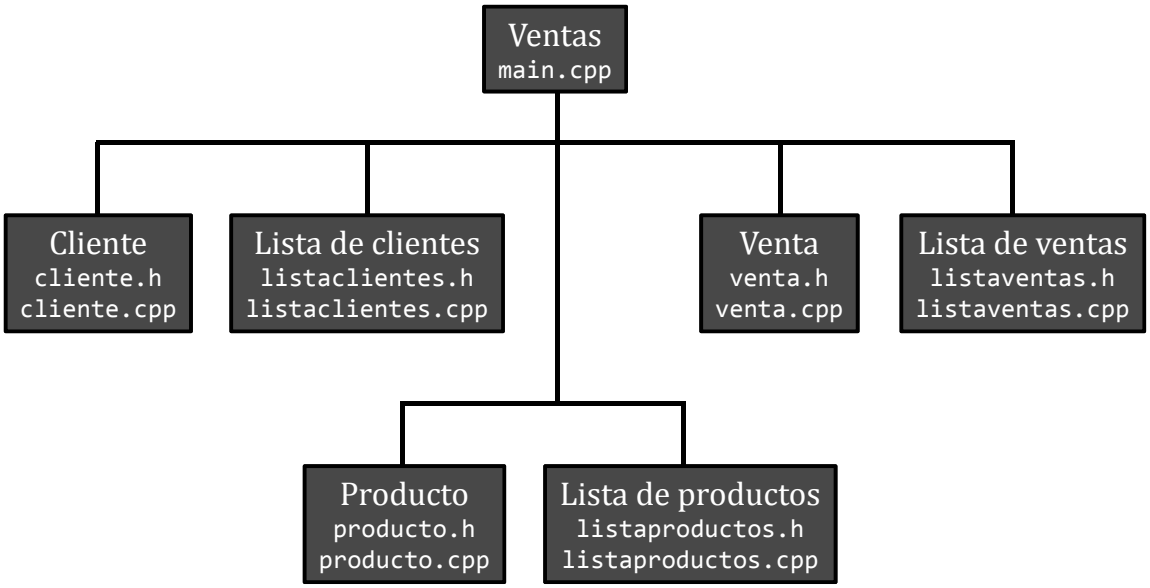

Módulos

- ✓ Cliente: `cliente.h` y `cliente.cpp`
- ✓ Lista de clientes: `listaclientes.h` y `listaclientes.cpp`
- ✓ Producto: `producto.h` y `producto.cpp`
- ✓ Lista de productos: `listaproductos.h` y `listaproductos.cpp`
- ✓ Venta: `venta.h` y `venta.cpp`
- ✓ Lista de ventas: `listaventas.h` y `listaventas.cpp`
- ✓ Programa principal: `main.cpp`

Distribución del código en los módulos:

- ✓ Declaraciones de tipos y datos en el archivo de cabecera (`.h`)
- ✓ Prototipos en el archivo de cabecera (`.h`) (excepto los de los subprogramas privados –internos–, que irán en el `.cpp`)
- ✓ Implementación de los subprogramas en el `.cpp`

Módulos

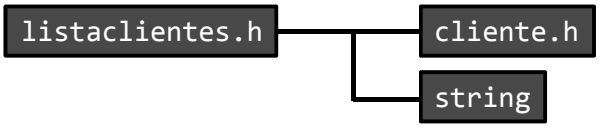


Dependencias entre módulos

Inclusiones (además de otras bibliotecas del sistema)

```
typedef struct {
   int id_cli;
   string nif;
   string nombre;
   string telefono;
} tCliente;
```

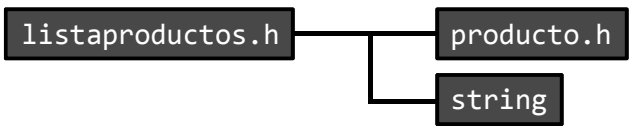

```
const int NCLI = 100;

typedef struct {
   tCliente clientes[NCLI];
   int cont;
} tListaClientes;

void buscar(const tListaClientes &lista, string nif, tCliente
            &cliente, bool &ok);
```



Dependencias entre módulos

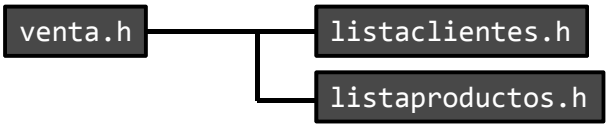
```
typedef struct {
   int id_prod;
   string codigo;
   string nombre;
   double precio;
   int unidades;
} tProducto;
```

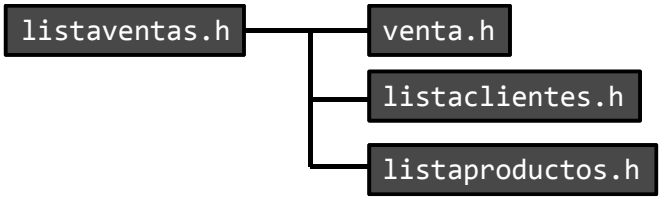

```
const int NPROD = 200;

typedef struct {
   tProducto productos[NPROD];
   int cont;
} tListaProductos;

void buscar(const tListaProductos &lista, string codigo, tProducto
            &producto, bool &ok);
```



Dependencias entre módulos

```
typedef struct {
   int id;
   int id_prod;
   int id_cli;
   int unidades;
} tVenta;

void mostrar(tVenta venta, const tListaClientes &clientes,
             const tListaProductos &productos);


const int NVENTAS = 3000;

typedef struct {
   tVenta ventas[NVENTAS];
   int cont;
} tListaVentas;

double totalVentas(const tListaVentas &ventas, string nif,
                   const tListaClientes &clientes,
                   const tListaProductos &productos);
```





Protección frente a inclusiones múltiples

```
#ifndef cliente_h
#define cliente_h

#include <string>
using namespace std;

typedef struct {
   int id_cli;
   string nif;
   string nombre;
   string telefono;
} tCliente;

tCliente nuevoCliente();
bool operator<(tCliente opIzq, tCliente opDer); // Por NIF
void mostrar(tCliente cliente);

#endif
```


Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

9 Punteros y memoria dinámica

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Direcciones de memoria y punteros

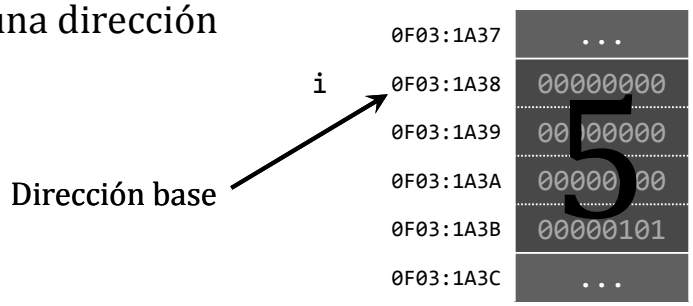
Luis Hernández Yáñez

Direcciones de memoria

Los datos en la memoria

Todo dato se almacena en memoria:
Varios bytes a partir de una dirección

```
int i = 5;
```



El dato (`i`) se accede a partir de su *dirección base* (`0F03:1A38`)
Dirección de la primera celda de memoria utilizada por el dato
El tipo del dato (`int`) indica cuántos bytes (4) requiere el dato:
`00000000 00000000 00000000 00000101` → 5
(La codificación de los datos puede ser diferente; y la de las direcciones también)

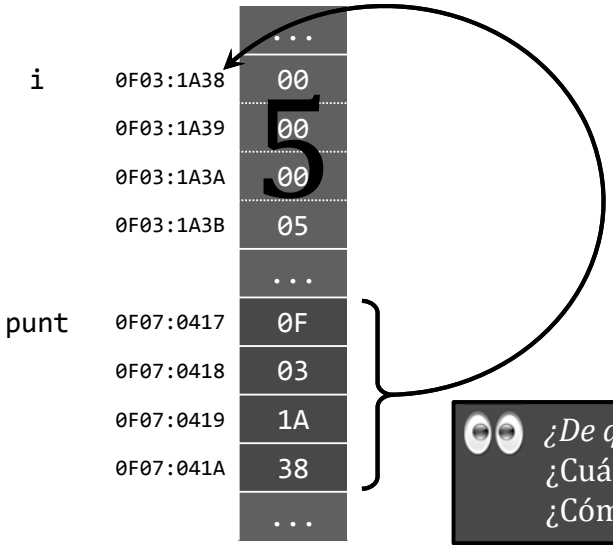
Luis Hernández Yáñez

Variables punteros

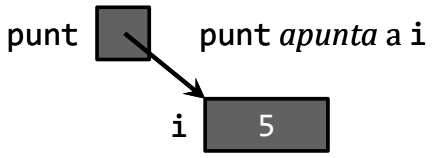
Los punteros contienen direcciones de memoria

Un *puntero* sirve para acceder a través de él a otro dato

El valor del puntero es la dirección de memoria base de otro dato



Indirección:
Acceso indirecto a un dato



¿De qué tipo es el dato apuntado?
¿Cuántas celdas ocupa?
¿Cómo se interpretan los 0/1?

Punteros

Los punteros contienen direcciones de memoria

¿De qué tipo es el dato apuntado?

La variable a la que apunta un puntero será de un tipo concreto

¿Cuánto ocupa? ¿Cómo se interpreta?

El tipo de variable apuntado se establece al declarar el puntero:

`tipo *nombre;`

El puntero *`nombre`* apuntará a una variable del *`tipo`* indicado

El asterisco (*) indica que es un puntero a datos de ese tipo

```
int *punt; // punt inicialmente contiene una dirección
           // que no es válida (no apunta a nada)
```

El puntero `punt` apuntará a una variable entera (`int`)

```
int i; // Dato entero  vs.  int *punt; // Puntero a entero
```

Punteros

Los punteros contienen direcciones de memoria

Las variables puntero tampoco se inicializan automáticamente

Al declararlas sin inicializador contienen direcciones no válidas

```
int *punt; // punt inicialmente contiene una dirección
           // que no es válida (no apunta a nada)
```

Un puntero puede apuntar a cualquier dato de su tipo base

Un puntero no tiene por qué apuntar necesariamente a un dato (puede no apuntar a nada: valor `NULL`)

¿Para qué sirven los punteros?

- ✓ Para implementar el paso de parámetros por referencia
- ✓ Para manejar datos dinámicos
  (Datos que se crean y destruyen durante la ejecución)
- ✓ Para implementar los arrays

Fundamentos de la programación

Operadores de punteros

Operadores de punteros &

Obtener la dirección de memoria de ...

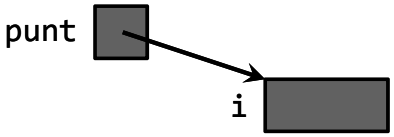
Operador monario y prefijo

& devuelve la dirección de memoria base del dato al que precede

```
int i;
cout << &i; // Muestra la dirección de memoria de i
```

Un puntero puede recibir la dirección de datos de su tipo base

```
int i;
int *punt;
punt = &i; // punt contiene la dirección de i
```



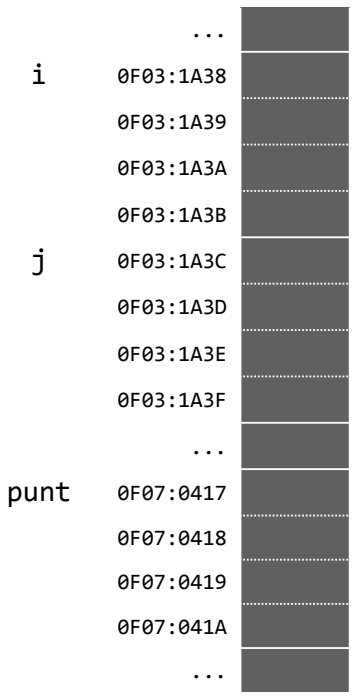
Ahora `punt` ya contiene una dirección de memoria válida

`punt` *apunta* a (contiene la dirección de) la variable `i` (`int`)

Operadores de punteros &

Obtener la dirección de memoria de ...

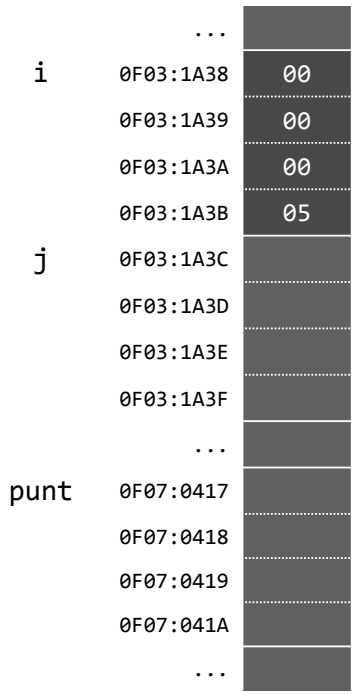
```
int i, j;
...
int *punt;
```



Operadores de punteros &

Obtener la dirección de memoria de ...

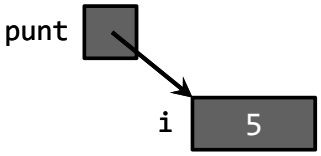
```
int i, j;
...
int *punt;
...
i = 5;
```

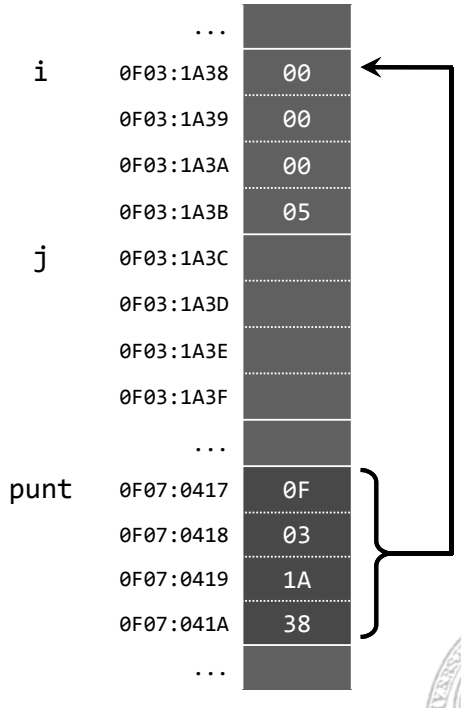


Operadores de punteros &

Obtener la dirección de memoria de ...

```
int i, j;
...
int *punt;
...
i = 5;
punt = &i;
```





Operadores de punteros *

Obtener lo que hay en la dirección ...

Operador monario y prefijo

* accede a lo que hay en la dirección de memoria a la que precede

Permite acceder a un dato a través un puntero que lo apunte:

```
punt = &i;
cout << *punt; // Muestra lo que hay en la dirección punt
```

`*punt`: lo que hay en la dirección que contiene el puntero `punt`

`punt` contiene la dirección de memoria de la variable `i`

`*punt` accede al contenido de esa variable `i`

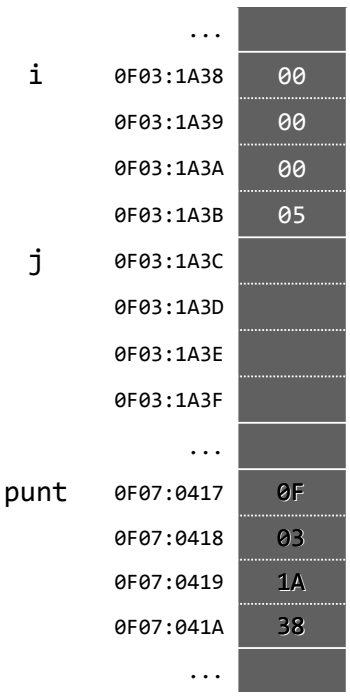
Acceso indirecto al valor de `i`

Luis Hernández Yáñez

Operadores de punteros *

Obtener lo que hay en la dirección ...

```
int i, j;
...
int *punt;
...
i = 5;
punt = &i;
j = *punt;
```



`punt:`

Luis Hernández Yáñez

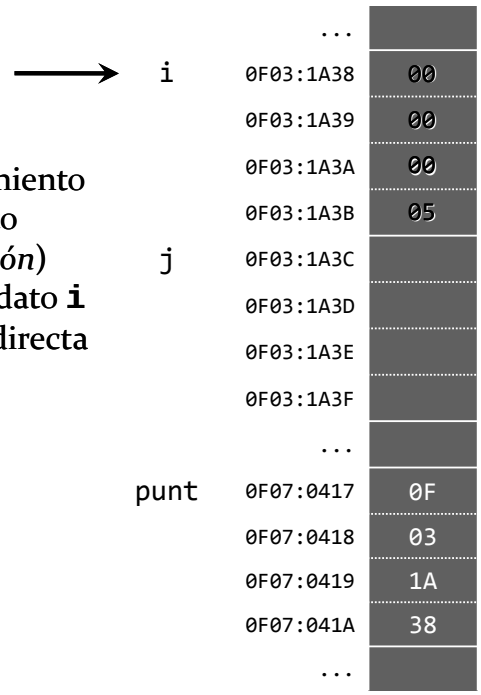
Operadores de punteros *

Obtener lo que hay en la dirección ...

```
int i, j;
...
int *punt;
...
i = 5;
punt = &i;
j = *punt;
```

Direccionamiento indirecto (*indirección*)
Se accede al dato **i** de forma indirecta

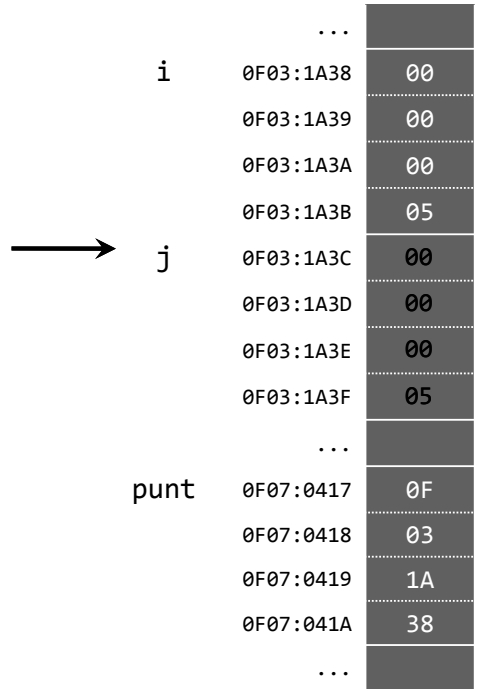
*punt:



Operadores de punteros *

Obtener lo que hay en la dirección ...

```
int i, j;
...
int *punt;
...
i = 5;
punt = &i;
j = *punt;
```



Operadores de punteros

punteros.cpp

Ejemplo de uso de punteros

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

int main() {
   int i = 5;
   int j = 13;
   int *punt;
   punt = &i;
   cout << *punt << endl; // Muestra el valor de i
   punt = &j;
   cout << *punt << endl; // Ahora muestra el valor de j
   int *otro = &i;
   cout << *otro + *punt << endl; // i + j
   int k = *punt;
   cout << k << endl; // Mismo valor que j

   return 0;
}
```

```
5
13
18
13
```


Fundamentos de la programación

Punteros y direcciones válidas

Punteros y direcciones válidas

Todo puntero ha de tener una dirección válida

Un puntero sólo debe ser utilizado si tiene una dirección válida

Un puntero NO contiene una dirección válida tras ser definido

Un puntero obtiene una dirección válida:

- ✓ Asignando la dirección de otro dato (operador **&**)
- ✓ Asignando otro puntero (mismo tipo base) que ya sea válido
- ✓ Asignando el valor `NULL` (puntero nulo, no apunta a nada)

```
int i;
int *q; // q no tiene aún una dirección válida
int *p = &i; // p toma una dirección válida
q = p; // ahora q ya tiene una dirección válida
q = NULL; // otra dirección válida para q
```


Punteros no inicializados

Punteros que apuntan a saber qué...

Un puntero no inicializado contiene una dirección desconocida

```
int *punt; // No inicializado
*punt = 12; // ¿A qué dato se está asignando el valor?
```

¿Dirección de la zona de datos del programa?

¡Podemos modificar inadvertidamente un dato del programa!

¿Dirección de la zona de código del programa?

¡Podemos modificar el código del propio programa!

¿Dirección de la zona de código del sistema operativo?

¡Podemos modificar el código del propio S.O.!

→ Consecuencias imprevisibles (*cuelgue*)

(Los S.O. modernos protegen bien la memoria)

Un valor seguro: NULL

Punteros que no apuntan a nada

Inicializando los punteros a `NULL` podemos detectar errores:

```
int *punt = NULL;
...
*punt = 13;
```

`punt` ha sido inicializado a `NULL`: ¡No apunta a nada!

Si no apunta a nada, ¿¿¿qué significa `*punt`??? No tiene sentido

→ ERROR: *¡Acceso a un dato a través de un puntero nulo!*

Error de ejecución, lo que ciertamente no es bueno
Pero sabemos cuál ha sido el problema, lo que es mucho
Sabemos dónde y qué buscar para depurar

Fundamentos de la programación

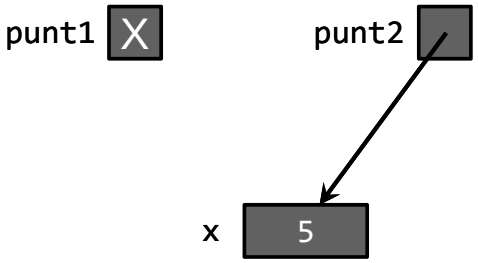
Copia y comparación de punteros

Copia de punteros

Apuntando al mismo dato

Al copiar un puntero en otro, ambos apuntarán al mismo dato:

```
int x = 5;
int *punt1 = NULL; // punt1 no apunta a nada
int *punt2 = &x; // punt2 apunta a la variable x
```



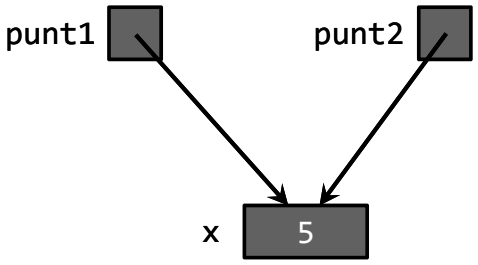
Luis Hernández Yáñez

Copia de punteros

Apuntando al mismo dato

Al copiar un puntero en otro, ambos apuntarán al mismo dato:

```
int x = 5;
int *punt1 = NULL; // punt1 no apunta a nada
int *punt2 = &x; // punt2 apunta a la variable x
punt1 = punt2; // ambos apuntan a la variable x
```



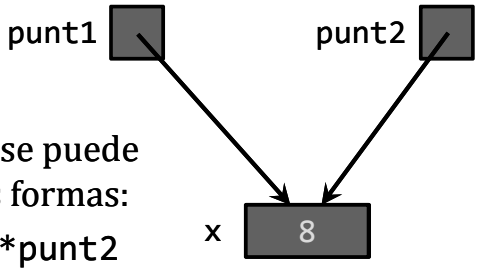
Luis Hernández Yáñez

Copia de punteros

Apuntando al mismo dato

Al copiar un puntero en otro, ambos apuntarán al mismo dato:

```
int x = 5;
int *punt1 = NULL; // punt1 no apunta a nada
int *punt2 = &x; // punt2 apunta a la variable x
punt1 = punt2; // ambos apuntan a la variable x
*punt1 = 8;
```



Al dato x ahora se puede acceder de tres formas:

x *punt1 *punt2

Comparación de punteros

¿Apuntan al mismo dato?

Operadores relacionales == y !=:

```
int x = 5;
int *punt1 = NULL;
int *punt2 = &x;
...
if (punt1 == punt2) {
   cout << "Apuntan al mismo dato" << endl;
}
else {
   cout << "No apuntan al mismo dato" << endl;
}
```

Sólo se pueden comparar punteros con el mismo tipo base

Tipos puntero

Luis Hernández Yáñez

Tipos puntero

tipos.cpp

Declaración de tipos puntero

Declaramos tipos para los punteros con distintos tipos base:

```
typedef int *tIntPtr;
typedef char *tCharPtr;
typedef double *tDoublePtr;
int entero = 5;
tIntPtr puntI = &entero;
char caracter = 'C';
tCharPtr puntC = &caracter;
double real = 5.23;
tDoublePtr puntD = &real;
cout << *puntI << "  " << *puntC << "  " << *puntD << endl;
```

Con **puntero** podemos hacer lo que con otros datos del tipo base

Luis Hernández Yáñez

Punteros a estructuras

Acceso a estructuras a través de punteros

Los punteros pueden apuntar también a estructuras:

```
typedef struct {
   int codigo;
   string nombre;
   double sueldo;
} tRegistro;
tRegistro registro;
typedef tRegistro *tRegistroPtr;
tRegistroPtr puntero = &registro;
```

Operador flecha (`->`):

Acceso a los campos a través de un puntero sin usar el operador *

`puntero->codigo` `puntero->nombre` `puntero->sueldo`

`puntero->… ≡ (*puntero).…`

Punteros a estructuras

`structPtr.cpp`

Acceso a estructuras a través de punteros

```
typedef struct {
   int codigo;
   string nombre;
   double sueldo;
} tRegistro;
tRegistro registro;
typedef tRegistro *tRegistroPtr;
tRegistroPtr puntero = &registro;
registro.codigo = 12345;
registro.nombre = "Javier";
registro.sueldo = 95000;
cout << puntero->codigo << "  " << puntero->nombre
     << "  " << puntero->sueldo << endl;

puntero->codigo ≡ (*puntero).codigo ≠ *puntero.codigo
```

puntero sería una estructura con campo **codigo** de tipo puntero

Punteros y el modificador const

Punteros a constantes y punteros constantes

El efecto del modificador de acceso `const` depende de su sitio:

`const tipo *puntero;` Puntero a una constante

`tipo *const puntero;` Puntero constante

Punteros a constantes:

```
typedef const int *tIntCtePtr; // Puntero a constante
int entero1 = 5, entero2 = 13;
tIntCtePtr punt_a_cte = &entero1;

(*punt_a_cte)++; // ERROR: ¡Dato no modificable!
punt_a_cte = &entero2; // OK: El puntero no es cte.
```


Punteros y el modificador const constPtr.cpp

Punteros a constantes y punteros constantes

El efecto del modificador de acceso `const` depende de su sitio:

`const tipo *puntero;` Puntero a una constante

`tipo *const puntero;` Puntero constante

Punteros constantes:

```
typedef int *const tIntPtrCte; // Puntero constante
int entero1 = 5, entero2 = 13;
tIntPtrCte punt_cte = &entero1;

(*punt_cte)++; // OK: El puntero no apunta a cte.
punt_cte = &entero2; // ERROR: ¡Puntero constante!
```


Punteros y paso de parámetros

Luis Hernández Yáñez

Punteros y paso de parámetros

param.cpp

Paso de parámetros por referencia o variable

En el lenguaje C no hay mecanismo de paso por referencia (&)

Sólo se pueden pasar parámetros por valor

¿Cómo se simula el paso por referencia? Por medio de punteros:

```
void incrementa(int *punt);

void incrementa(int *punt) {
   (*punt)++;
}
...
int entero = 5;
incrementa(&entero);
cout << entero << endl;
```

Mostrará 6 en la consola

Paso por valor:
El argumento (el puntero) no cambia

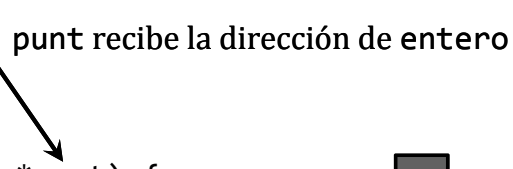
Aquello a lo que apunta (el entero)
SÍ puede cambiar

Luis Hernández Yáñez

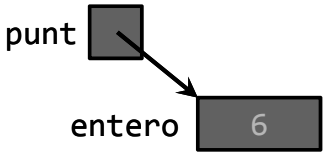
Punteros y paso de parámetros

Paso de parámetros por referencia o variable

```
int entero = 5;
incrementa(&entero);
```




```
void incrementa(int *punt) {
  (*punt)++;
}
```




```
cout << entero << endl;
```

Punteros y paso de parámetros

Paso de parámetros por referencia o variable

¿Cuál es el equivalente en C a este prototipo de C++?

```
void foo(int &param1, double &param2, char &param3);
```

Prototipo equivalente:

```
void foo(int *param1, double *param2, char *param3);

void foo(int *param1, double *param2, char *param3) {
  // Al primer argumento se accede con *param1
  // Al segundo argumento se accede con *param2
  // Al tercer argumento se accede con *param3
}
```

¿Cómo se llamaría?

```
int entero; double real; char caracter;
//...
foo(&entero, &real, &caracter);
```


Punteros y arrays

Luis Hernández Yáñez

Una íntima relación

Variable array ≡ Puntero al primer elemento del array

Así, si tenemos:

```
int dias[12] =
{31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};
```

Entonces:

```
cout << *dias << endl;
```

Muestra `31` en la consola, el primer elemento del array

¡Un nombre de array es un puntero constante!

Siempre apunta al primer elemento (no se puede modificar)

Acceso a los elementos del array:

Por índice o con aritmética de punteros (Anexo)

Luis Hernández Yáñez

Punteros y paso de parámetros arrays

Paso de arrays a subprogramas

¡Esto explica por qué no usamos & con los parámetros array!

El nombre del array es un puntero: ya es un paso por referencia

Prototipos equivalentes para parámetros array:

```
const int N = ...;
void cuadrado(int arr[N]);
void cuadrado(int arr[], int size); // Array no delimitado
void cuadrado(int *arr, int size); // Puntero
```

Arrays no delimitados y punteros: se necesita la dimensión

Elementos: se acceden con índice (`arr[i]`) o con puntero (`*arr`)

Una función sólo puede devolver un array en forma de puntero:

```
intPtr inicializar();
```

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

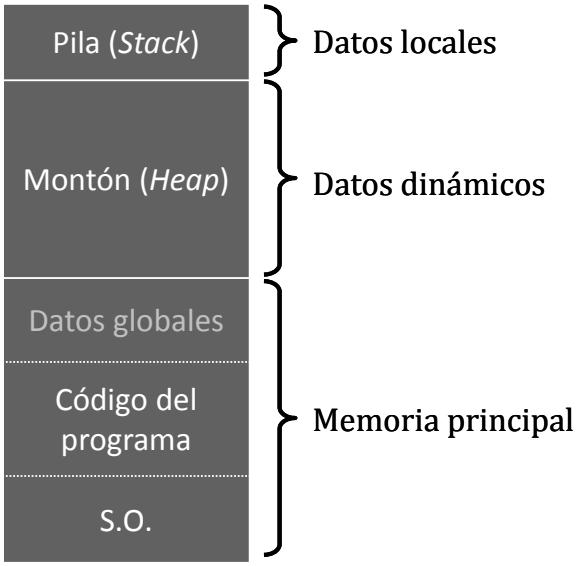
Memoria y datos del programa

Luis Hernández Yáñez

Memoria y datos del programa

Regiones de la memoria

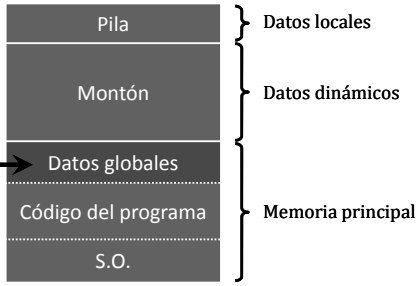
El sistema operativo distingue varias regiones en la memoria:



Memoria y datos del programa

Memoria principal

Datos globales del programa:
Declarados fuera
de los subprogramas

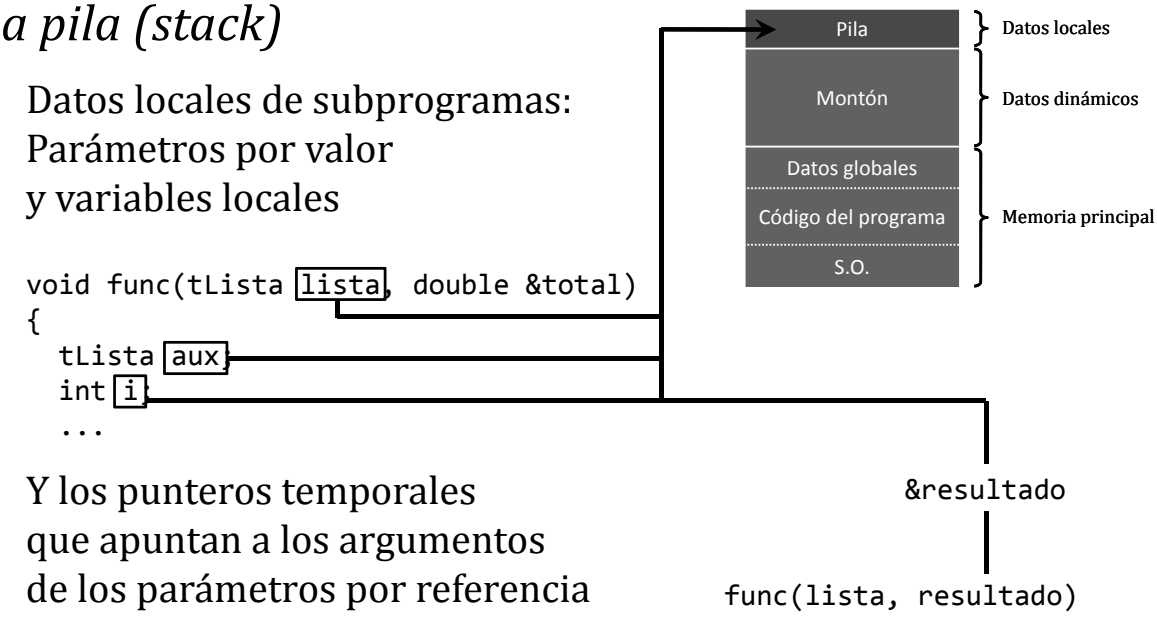



```
typedef struct {
   ...
} tRegistro;
const int N = 1000;
typedef tRegistro tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;

int main() {
  ...
```


Memoria y datos del programa

La pila (stack)

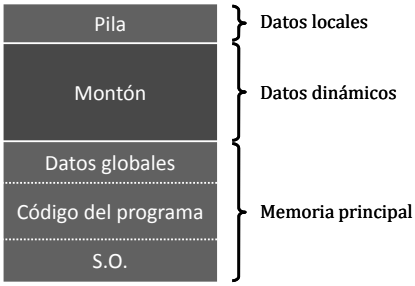
Datos locales de subprogramas:
Parámetros por valor
y variables locales



Y los punteros temporales
que apuntan a los argumentos
de los parámetros por referencia

Memoria y datos del programa

El montón (heap)



Datos dinámicos

Datos que se crean y se destruyen
durante la ejecución del programa,
a medida que se necesita

Sistema de gestión de memoria dinámica (SGMD)

Cuando se necesita memoria para una variable se solicita

El SGMD reserva espacio y devuelve la dirección base

Cuando ya no se necesita más la variable, se destruye

Se libera la memoria y el SGMD cuenta de nuevo con ella

Memoria dinámica

Luis Hernández Yáñez

Datos dinámicos

Se crean y se destruyen durante la ejecución del programa

Se les asigna memoria del montón

¿Por qué utilizar memoria dinámica?

- ✓ Almacén de memoria muy grande: datos o listas de datos que no caben en memoria principal pueden caber en el montón
- ✓ El programa ajusta el uso de la memoria a las necesidades de cada momento: ni le falta ni la desperdicia

Luis Hernández Yáñez

Datos y asignación de memoria

¿Cuándo se asigna memoria a los datos?

- ✓ Datos globales
  En memoria principal al comenzar la ejecución del programa
  Existen durante toda la ejecución del programa
- ✓ Datos locales de un subprograma
  En la pila al ejecutarse el subprograma
  Existen sólo durante la ejecución de su subprograma
- ✓ Datos dinámicos
  En el montón cuando el programa lo solicita
  Existen *a voluntad* del programa

Datos estáticos frente a datos dinámicos

Datos estáticos

- ✓ Datos declarados como de un tipo concreto:
  `int i;`
- ✓ Se acceden directamente a través del identificador:
  `cout << i;`

Datos dinámicos

- ✓ Datos accedidos a través de su dirección de memoria
  Esa dirección de memoria debe estar el algún puntero
  Los punteros son la base del SGMD

Los datos estáticos también se pueden acceder a través de punteros

```
int *p = &i;
```


Punteros y datos dinámicos

Luis Hernández Yáñez

Creación de datos dinámicos

El operador new

Devuelve NULL si no queda memoria suficiente

`new` *`tipo`* Reserva memoria del montón para una variable del *`tipo`* y devuelve la primera dirección de memoria utilizada, que debe ser asignada a un puntero

```
int *p; // Todavía sin una dirección válida
p = new int; // Ya tiene una dirección válida
*p = 12;
```

La variable dinámica se accede exclusivamente por punteros

No tiene identificador asociado

```
int i; // i es una variable estática
int *p1, *p2;
p1 = &i; // Puntero que da acceso a la variable
         // estática i (accesible con i o con *p1)
p2 = new int; // Puntero que da acceso a una variable
              // dinámica (accesible sólo a través de p2)
```

Luis Hernández Yáñez

Inicialización de datos dinámicos registros.cpp

Inicialización con el operador new

El operador new admite un valor inicial para el dato creado:

```
int *p;
p = new int(12);
```

Se crea la variable, de tipo int, y se inicializa con el valor 12

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "registro.h"

int main() {
   tRegistro reg;
   reg = nuevo();
   tRegistro *punt = new tRegistro(reg);
   mostrar(*punt);
   ...
```

Eliminación de datos dinámicos

El operador delete

`delete` *puntero*; Devuelve al montón la memoria usada por la variable dinámica apuntada por *puntero*

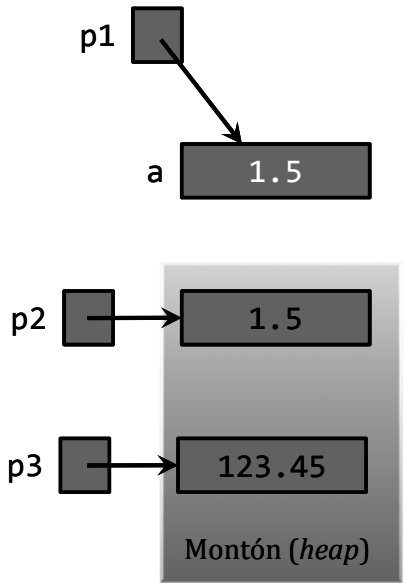
```
int *p;
p = new int;
*p = 12;
...
delete p; // Ya no se necesita el entero apuntado por p
```

 ¡El puntero deja de contener una dirección válida!

Ejemplo de variables dinámicas

dinamicas.cpp

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

int main() {
   double a = 1.5;
   double *p1, *p2, *p3;
   p1 = &a;
   p2 = new double;
   *p2 = *p1;
   p3 = new double;
   *p3 = 123.45;
   cout << *p1 << endl;
   cout << *p2 << endl;
   cout << *p3 << endl;
   delete p2;
   delete p3;

   return 0;
}
```



Identificadores:

4

(a, p1, p2, p3)

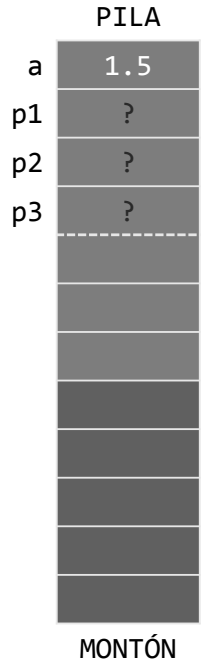
Variables:

6

(+ *p2 y *p3)

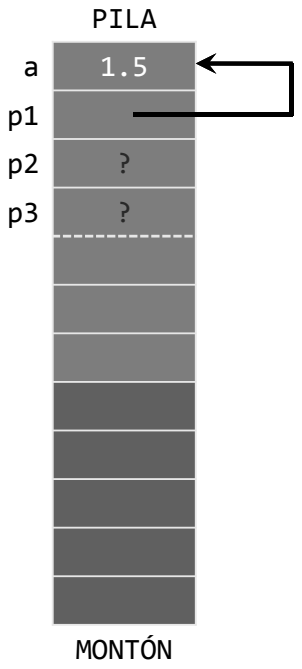
Ejemplo de variables dinámicas

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

int main() {
   double a = 1.5;
   double *p1, *p2, *p3;
```



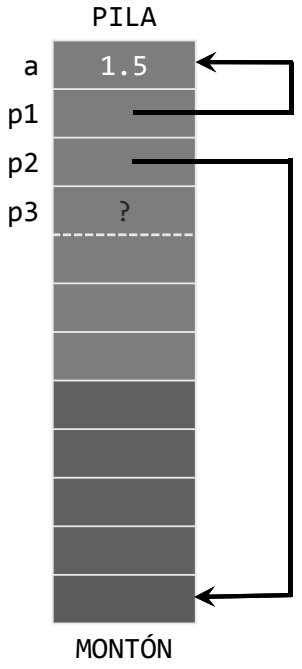
Ejemplo de variables dinámicas

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

int main() {
   double a = 1.5;
   double *p1, *p2, *p3;
   p1 = &a;
```



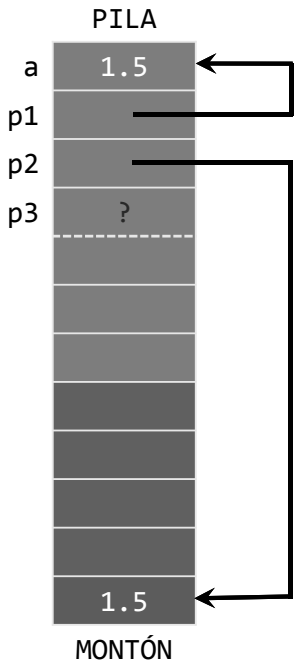
Ejemplo de variables dinámicas

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

int main() {
   double a = 1.5;
   double *p1, *p2, *p3;
   p1 = &a;
   p2 = new double;
```



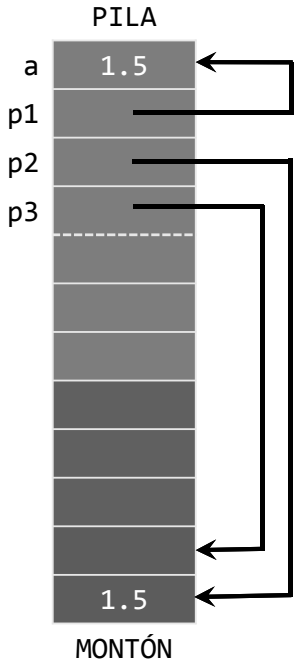
Ejemplo de variables dinámicas

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

int main() {
   double a = 1.5;
   double *p1, *p2, *p3;
   p1 = &a;
   p2 = new double;
   *p2 = *p1;
```



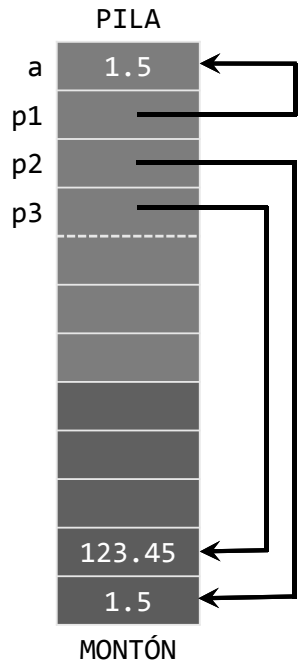
Ejemplo de variables dinámicas

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

int main() {
   double a = 1.5;
   double *p1, *p2, *p3;
   p1 = &a;
   p2 = new double;
   *p2 = *p1;
   p3 = new double;
```



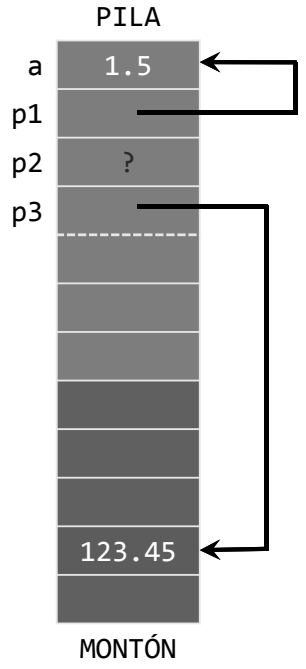
Ejemplo de variables dinámicas

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

int main() {
   double a = 1.5;
   double *p1, *p2, *p3;
   p1 = &a;
   p2 = new double;
   *p2 = *p1;
   p3 = new double;
   *p3 = 123.45;
```



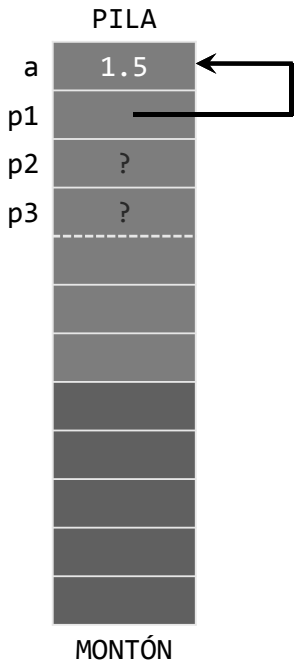
Ejemplo de variables dinámicas

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

int main() {
   double a = 1.5;
   double *p1, *p2, *p3;
   p1 = &a;
   p2 = new double;
   *p2 = *p1;
   p3 = new double;
   *p3 = 123.45;
   cout << *p1 << endl;
   cout << *p2 << endl;
   cout << *p3 << endl;
   delete p2;
```



Ejemplo de variables dinámicas

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

int main() {
   double a = 1.5;
   double *p1, *p2, *p3;
   p1 = &a;
   p2 = new double;
   *p2 = *p1;
   p3 = new double;
   *p3 = 123.45;
   cout << *p1 << endl;
   cout << *p2 << endl;
   cout << *p3 << endl;
   delete p2;
   delete p3;
```



Fundamentos de la programación

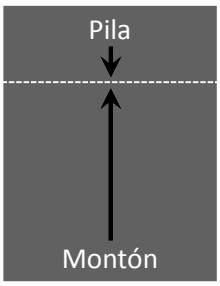
Gestión de la memoria

Errores de asignación de memoria

La memoria se reparte entre la pila y el montón

Crecen en direcciones opuestas

- Al llamar a subprogramas la pila crece
- Al crear datos dinámicos el montón crece



Colisión pila-montón

Los límites de ambas regiones se encuentran

Se agota la memoria

Desbordamiento de la pila

La pila suele tener un tamaño máximo establecido

Si se sobrepasa se agota la pila

Gestión de la memoria dinámica

Gestión del montón

Sistema de Gestión de Memoria Dinámica (SGMD)

Gestiona la asignación de memoria a los datos dinámicos

Localiza secciones adecuadas y sigue la pista de lo disponible

No dispone de un *recolector de basura*, como el lenguaje Java

¡Hay que devolver toda la memoria solicitada!

Deben ejecutarse tantos `delete` como `new` se hayan ejecutado

La memoria disponible en el montón debe ser exactamente la misma antes y después de la ejecución del programa

Y todo dato dinámico debe tener algún acceso (puntero)

Es un grave error *perder* un dato en el montón

Errores comunes

Luis Hernández Yáñez

Mal uso de la memoria dinámica I

Olvido de destrucción de un dato dinámico

```
...
int main() {
   tRegistro *p;
   p = new tRegistro;
   *p = nuevo();
   mostrar(*p);
            <-------- Falta delete p;
   return 0;
}
```

G++ no indicará ningún error y el programa parecerá terminar correctamente, pero dejará memoria desperdiciada

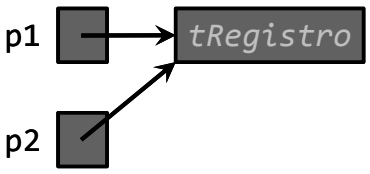
Visual C++ sí comprueba el uso de la memoria dinámica y nos avisa si dejamos memoria sin liberar

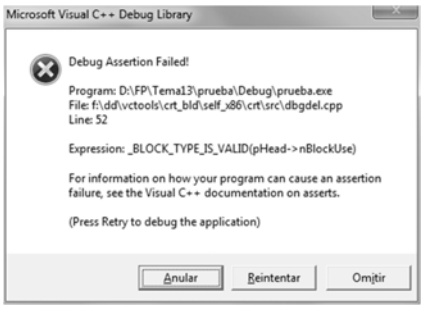
Luis Hernández Yáñez

Mal uso de la memoria dinámica II

Intento de destrucción de un dato inexistente

```
...
int main() {
   tRegistro *p1 = new tRegistro;
   *p1 = nuevo();
   mostrar(*p1);
   tRegistro *p2;
   p2 = p1;
   mostrar(*p2);
   delete p1;
   delete p2;

   return 0;
}
```





Sólo se ha creado una variable

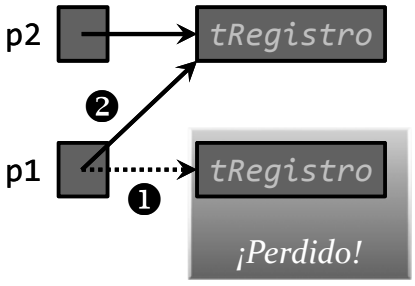
Mal uso de la memoria dinámica III

Pérdida de un dato dinámico

```
...
int main() {
   tRegistro *p1, *p2;
   p1 = new tRegistro(nuevo());
   p2 = new tRegistro(nuevo());

   mostrar(*p1);
   p1 = p2;
   mostrar(*p1);

   delete p1;
   delete p2;

   return 0;
}
```

❶

❷



Se pierde un dato en el montón
Se intenta eliminar un dato ya eliminado

Mal uso de la memoria dinámica IV

Intento de acceso a un dato tras su eliminación

```
...
int main() {
   tRegistro *p;
   p = new tRegistro(nuevo());

   mostrar(*p);
   delete p;
   ...
   mostrar(*p);

   return 0;
}
```

p ha dejado de apuntar al dato dinámico destruido → Acceso a memoria inexistente

Fundamentos de la programación

Arrays de datos dinámicos

Arrays de datos dinámicos

Arrays de punteros a datos dinámicos

```
typedef struct {
   int codigo;
   string nombre;
   double valor;
} tRegistro;
typedef tRegistro *tRegPtr;

const int N = 1000;
// Array de punteros a registros:
typedef tRegPtr tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;
```

Los punteros ocupan muy poco en memoria

Los datos a los que apunten estarán en el montón

Se crean a medida que se insertan

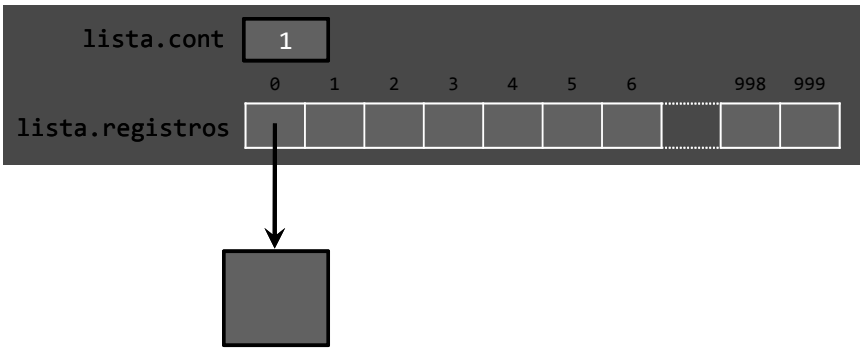
Se destruyen a medida que se eliminan

Arrays de datos dinámicos

```
tLista lista;
lista.cont = 0;
```

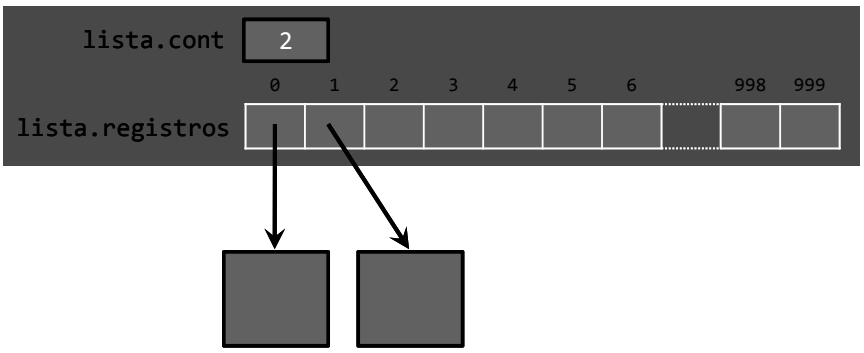
Arrays de datos dinámicos

```
tLista lista;
lista.cont = 0;
lista.registros[lista.cont] = new tRegistro(nuevo());
lista.cont++;
```



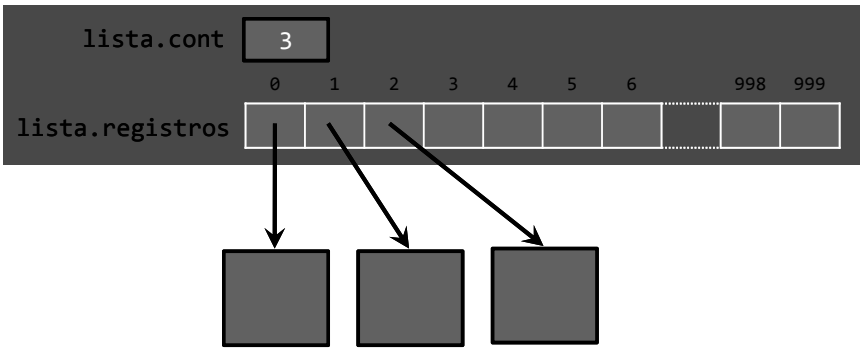
Arrays de datos dinámicos

```
tLista lista;
lista.cont = 0;
lista.registros[lista.cont] = new tRegistro(nuevo());
lista.cont++;
lista.registros[lista.cont] = new tRegistro(nuevo());
lista.cont++;
```



Arrays de datos dinámicos

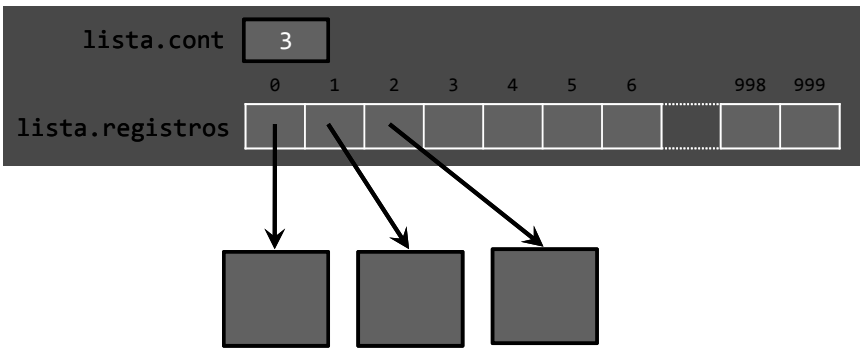
```
tLista lista;
lista.cont = 0;
lista.registros[lista.cont] = new tRegistro(nuevo());
lista.cont++;
lista.registros[lista.cont] = new tRegistro(nuevo());
lista.cont++;
lista.registros[lista.cont] = new tRegistro(nuevo());
lista.cont++;
```



Arrays de datos dinámicos

Los registros se acceden a través de los punteros (operador ->):

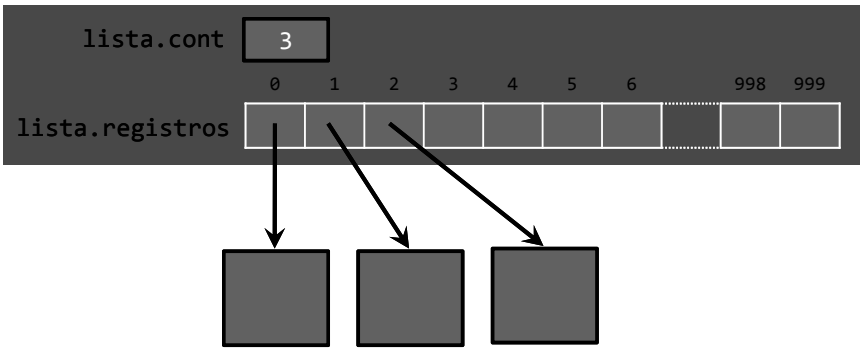
```
cout << lista.registros[0]->nombre;
```



Arrays de datos dinámicos

No hay que olvidarse de devolver la memoria al montón:

```
for (int i = 0; i < lista.cont; i++) {
   delete lista.registros[i];
}
```



Luis Hernández Yáñez

Arrays de datos dinámicos

lista.h

```
#ifndef lista_h
#define lista_h
#include "registro.h"

const int N = 1000;
const string BD = "bd.dat";
typedef tRegPtr tArray[N];
typedef struct {
   tArray registros;
   int cont;
} tLista;

void mostrar(const tLista &lista);
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
void eliminar(tLista &lista, int code, bool &ok);
int buscar(const tLista &lista, int code);
void cargar(tLista &lista, bool &ok);
void guardar(const tLista &lista);
void destruir(tLista &lista);

#endif
```

registro.h con el tipo puntero:

```
typedef tRegistro *tRegPtr;
```

Luis Hernández Yáñez

Arrays de datos dinámicos

lista.cpp

```
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false;
   }
   else {
      lista.registros[lista.cont] = new tRegistro(registro);
      lista.cont++;
   }
}

void eliminar(tLista &lista, int code, bool &ok) {
   ok = true;
   int ind = buscar(lista, code);
   if (ind == -1) {
      ok = false;
   }
   else {
      delete lista.registros[ind];
      for (int i = ind + 1; i < lista.cont; i++) {
         lista.registros[i - 1] = lista.registros[i];
      }
      lista.cont--;
   }
}
```


Arrays de datos dinámicos

```
int buscar(const tLista &lista, int code) {
// Devuelve el índice o -1 si no se ha encontrado
   int ind = 0;
   bool encontrado = false;
   while ((ind < lista.cont) && !encontrado) {
      if (lista.registros[ind]->codigo == code) {
         encontrado = true;
      }
      else {
         ind++;
      }
   if (!encontrado) {
      ind = -1;
   }
   return ind;
}

void destruir(tLista &lista) {
   for (int i = 0; i < lista.cont; i++) {
      delete lista.registros[i];
   }
   lista.cont = 0;
}
...
```


Arrays de datos dinámicos

listadinamica.cpp

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "registro.h"
#include "lista.h"

int main() {
   tLista lista;
   bool ok;
   cargar(lista, ok);
   if (ok) {
      mostrar(lista);
      destruir(lista);
   }

   return 0;
}
```

```
Elementos de la lista:
----------------------
    12345 - Disco duro                -   123.59 euros
   324356 - Placa base core i7        -   234.50 euros
     2121 - Multupuerto USB           -    15.00 euros
    54354 - Disco externo 500 Gb      -    95.00 euros
   112341 - Procesador AMD            -   132.95 euros
 66678325 - Marco digital 2 Gb        -    78.99 euros
   600673 - Monitor 22" Nisu          -   154.50 euros
```


Fundamentos de la programación

Arrays dinámicos

Arrays dinámicos

Creación y destrucción de arrays dinámicos

Array dinámico: array que se ubica en la memoria dinámica

Creación de un array dinámico:

tipo *puntero* = new *tipo*[*dimensión*];

```
int *p = new int[10];
```

Crea un array de 10 `int` en memoria dinámica

Los elementos se acceden a través del puntero: `p[i]`

Destrucción del array:

```
delete [] p;
```

Luis Hernández Yáñez

Arrays dinámicos

```
#include <iostream>
using namespace std;
const int N = 10;

int main() {
   int *p = new int[N];
   for (int i = 0; i < N; i++) {
      p[i] = i;
   }
   for (int i = 0; i < N; i++) {
      cout << p[i] << endl;
   }
   delete [] p;

   return 0;
}
```

¡No olvides destruir el array dinámico!

Luis Hernández Yáñez

Ejemplo de array dinámico

listaAD.h

```
...
#include "registro.h"

const int N = 1000;

// Lista: array dinámico (puntero) y contador
typedef struct {
   tRegPtr registros;
   int cont;
} tLista;

...
```

Luis Hernández Yáñez

Ejemplo de array dinámico

listaAD.cpp

```
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   if (lista.cont == N) {
      ok = false;
   }
   else {
      lista.registros[lista.cont] = registro;
      lista.cont++;
   }
}

void eliminar(tLista &lista, int code, bool &ok) {
   ok = true;
   int ind = buscar(lista, code);
   if (ind == -1) {
      ok = false;
   }
   else {
      for (int i = ind + 1; i < lista.cont; i++) {
         lista.registros[i - 1] = lista.registros[i];
      }
      lista.cont--;
   }
} ...
```

No usamos new

Se han creado todo el array al cargar

No usamos delete

Se destruye todo el array al final

Luis Hernández Yáñez

Ejemplo de array dinámico

```
int buscar(tLista lista, int code) {
   int ind = 0;
   bool encontrado = false;
   while ((ind < lista.cont) && !encontrado) {
      if (lista.registros[ind].codigo == code) {
         encontrado = true;
      }
      else {
         ind++;
      }
   }
   if (!encontrado) {
      ind = -1;
   }
   return ind;
}

void destruir(tLista &lista) {
   delete [] lista.registros;
   lista.cont = 0;
}
...
```


Ejemplo de array dinámico

```
void cargar(tLista &lista, bool &ok) {
   ifstream archivo;
   char aux;
   ok = true;
   archivo.open(BD.c_str());
   if (!archivo.is_open()) {
      ok = false;
   }
   else {
      tRegistro registro;
      lista.cont = 0;
      lista.registros = new tRegistro[N];
      archivo >> registro.codigo;
      while ((registro.codigo != -1) && (lista.cont < N)) {
         archivo >> registro.valor;
         archivo.get(aux); // Saltamos el espacio
         getline(archivo, registro.nombre);
         lista.registros[lista.cont] = registro;
         lista.cont++;
         archivo >> registro.codigo;
      }
      archivo.close();
   }
}
```

Se crean todos a la vez

Ejemplo de array dinámico

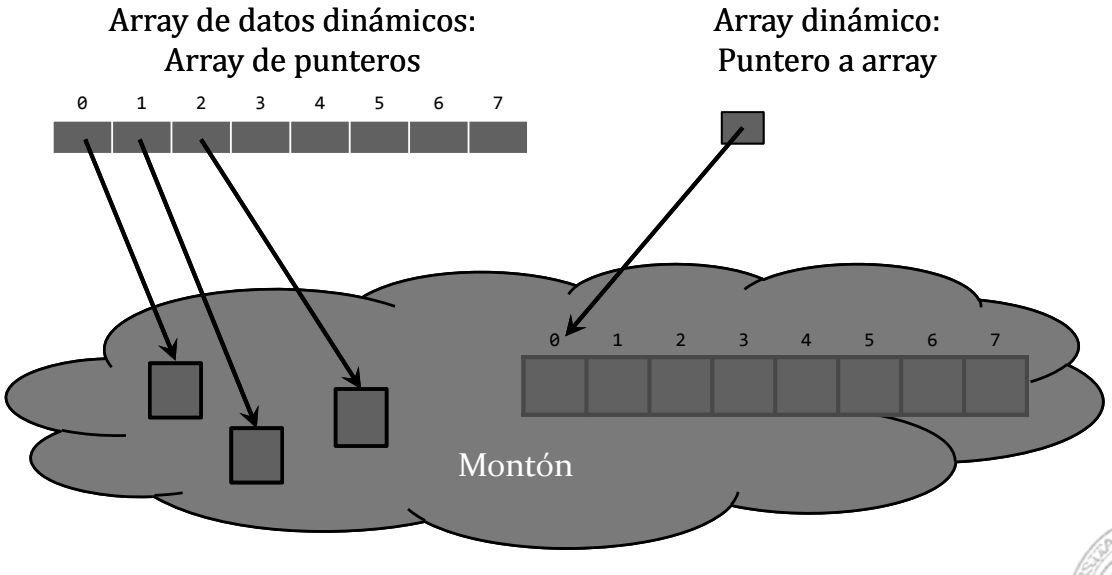
`ejemploAD.cpp`

Mismo programa principal que el del array de datos dinámicos
Pero incluyendo `listaAD.h`, en lugar de `lista.h`

```
Elementos de la lista:
----------------------
    12345 - Disco duro               -   123.59 euros
   324356 - Placa base core i7       -   234.50 euros
     2121 - Multupuerto USB          -    15.00 euros
    54354 - Disco externo 500 Gb     -    95.00 euros
   112341 - Procesador AMD           -   132.95 euros
 66678325 - Marco digital 2 Gb       -    78.99 euros
   600673 - Monitor 22" Nisu         -   154.50 euros
```


Arrays dinámicos *vs.* arrays de dinámicos

Array de datos dinámicos: Array de punteros a datos dinámicos
Array dinámico: Puntero a array en memoria dinámica



Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

9A Punteros y memoria dinámica

ANEXO

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Aritmética de punteros

Luis Hernández Yáñez

Operaciones aritméticas con punteros

La aritmética de punteros es una aritmética un tanto especial...

Trabaja tomando como unidad de cálculo el tamaño del tipo base

```
int dias[12] = { 31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31 };
typedef int* tIntPtr;
tIntPtr punt = dias;
```

`punt` empieza apuntando al primer elemento del array:

```
cout << *punt << endl; // Muestra 31 (primer elemento)
punt++;
```

`punt++` hace que `punt` pase a apuntar al siguiente elemento

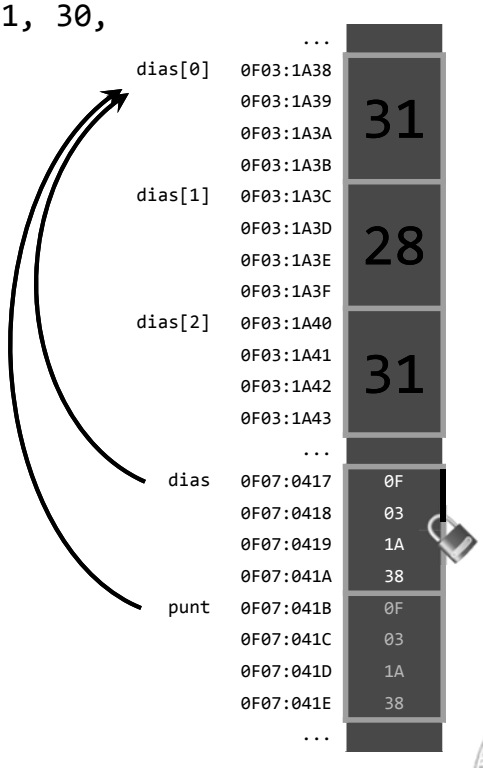
```
cout << *punt << endl; // Muestra 28 (segundo elemento)
```

A la dirección de memoria actual se le suman tantas unidades como bytes (4) ocupe en memoria un dato de ese tipo (`int`)

Luis Hernández Yáñez

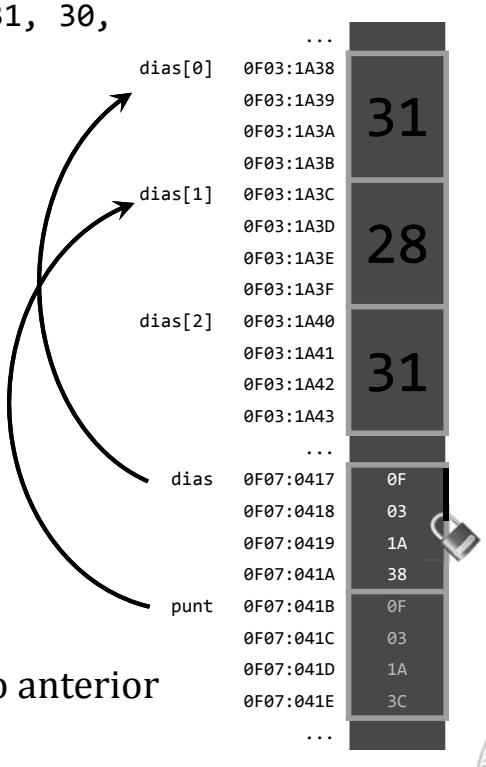
Aritmética de punteros

```
int dias[12] = { 31, 28, 31, 30, 31, 30,
   31, 31, 30, 31, 30, 31 };
typedef int* tIntPtr;
tIntPtr punt = dias;
```



Aritmética de punteros

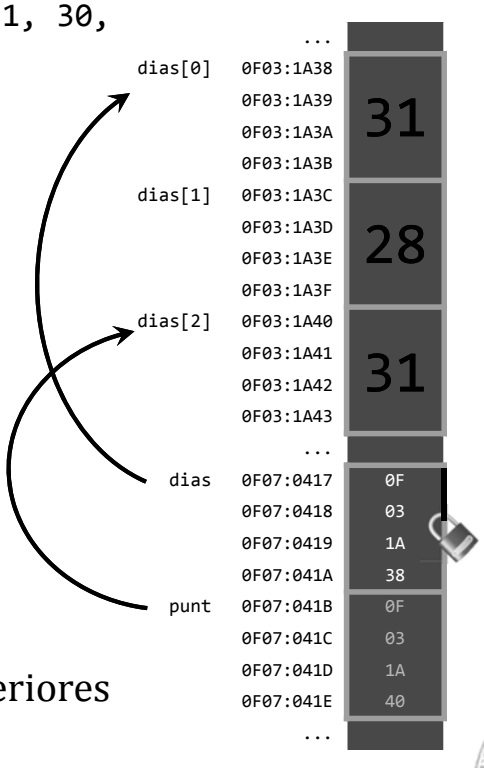
```
int dias[12] = { 31, 28, 31, 30, 31, 30,
   31, 31, 30, 31, 30, 31 };
typedef int* tIntPtr;
tIntPtr punt = dias;
punt++;
```



`punt--` hace que apunte al elemento anterior

Aritmética de punteros

```
int dias[12] = { 31, 28, 31, 30, 31, 30,
   31, 31, 30, 31, 30, 31 };
typedef int* tIntPtr;
tIntPtr punt = dias;
punt = punt + 2;
```



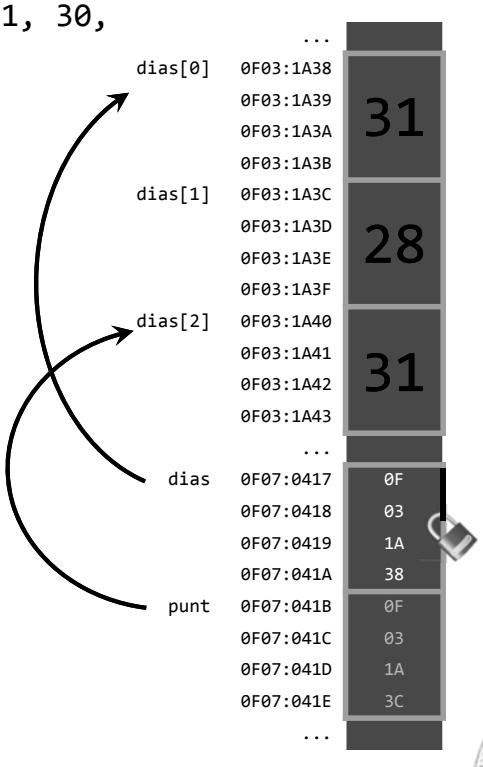
Restando pasamos a elementos anteriores

Luis Hernández Yáñez

Aritmética de punteros

```
int dias[12] = { 31, 28, 31, 30, 31, 30,
   31, 31, 30, 31, 30, 31 };
typedef int* tIntPtr;
tIntPtr punt = dias;
punt = punt + 2;

int num = punt - dias;
```

Nº de elementos entre los punteros



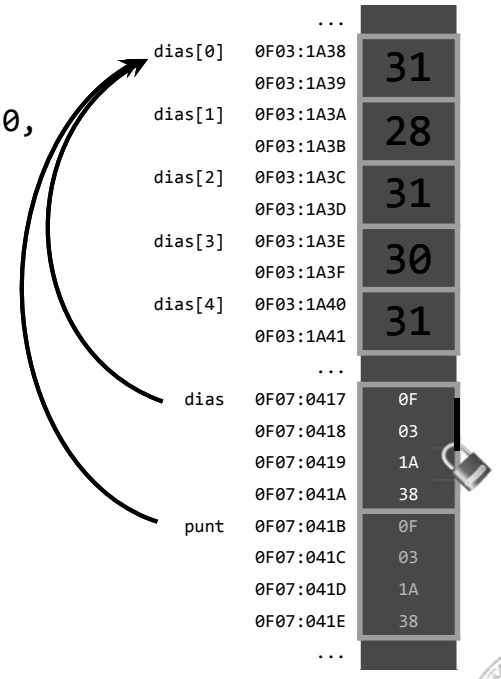
Luis Hernández Yáñez

Aritmética de punteros

Otro tipo base

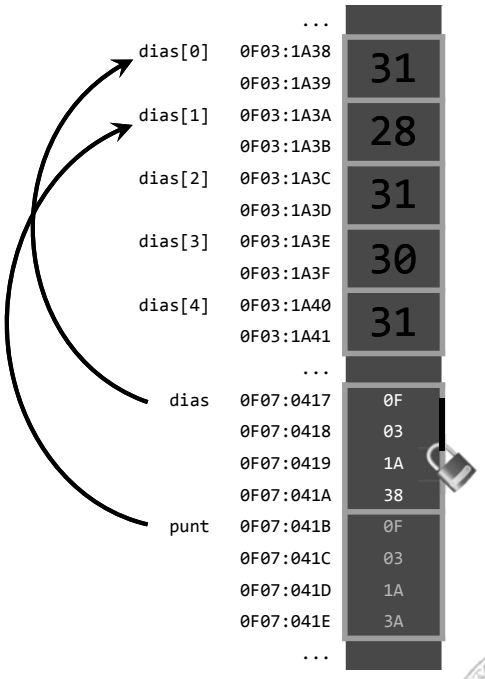
`short int` (2 bytes)

```
short int dias[12] = {31, 28, 31, 30,
   31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};
typedef short int* tSIPtr;
tSIPtr punt = dias;
```



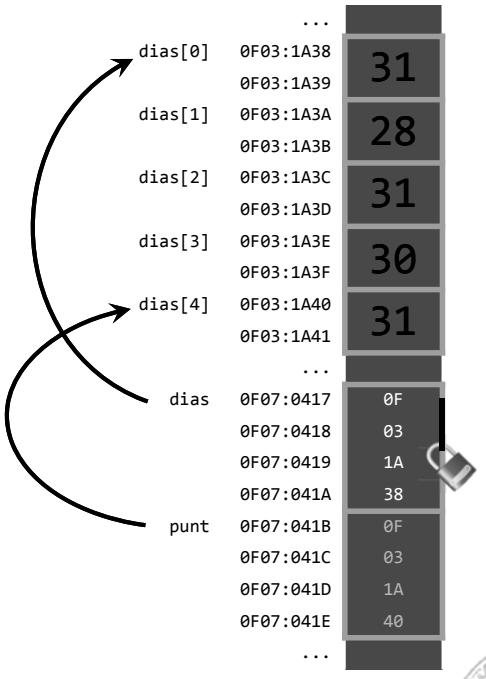
Aritmética de punteros

```
short int dias[12] = {31, 28, 31, 30,
   31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};
typedef short int* tSIPtr;
tSIPtr punt = dias;
punt++;
```



Aritmética de punteros

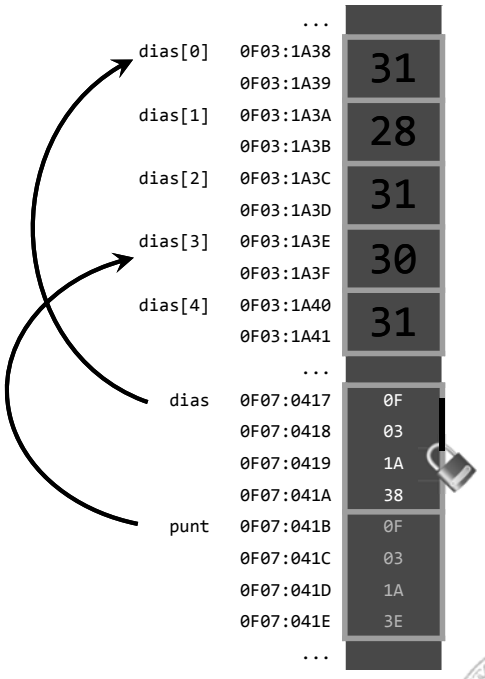
```
short int dias[12] = {31, 28, 31, 30,
   31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};
typedef short int* tSIPtr;
tSIPtr punt = dias;
punt++;
punt = punt + 3;
```



Luis Hernández Yáñez

Aritmética de punteros

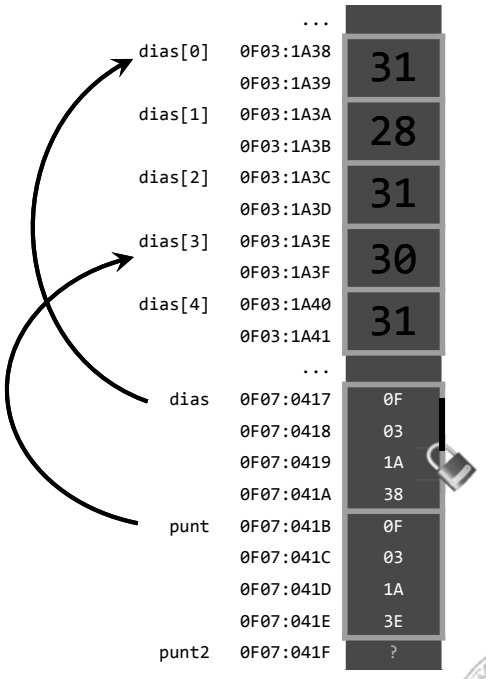
```
short int dias[12] = {31, 28, 31, 30,
   31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};
typedef short int* tSIPtr;
tSIPtr punt = dias;
punt++;
punt = punt + 3;
punt--;
```



Luis Hernández Yáñez

Aritmética de punteros

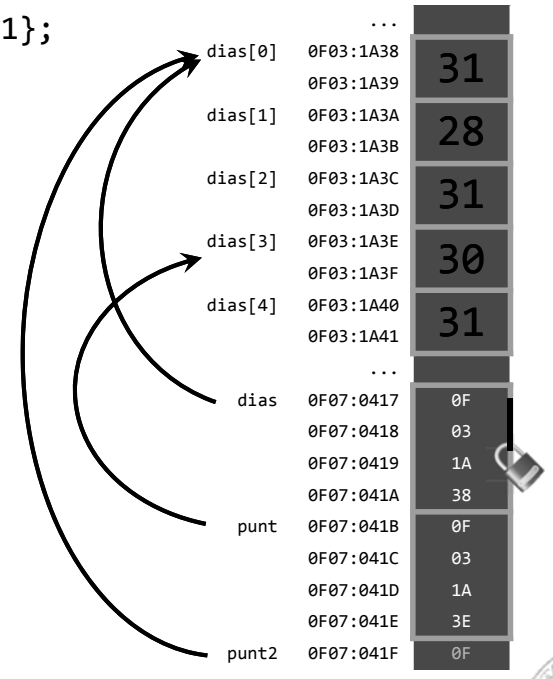
```
short int dias[12] = {31, 28, 31, 30,
   31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};
typedef short int* tSIPtr;
tSIPtr punt = dias;
punt++;
punt = punt + 3;
punt--;
tSIPtr punt2;
```



Luis Hernández Yáñez

Aritmética de punteros

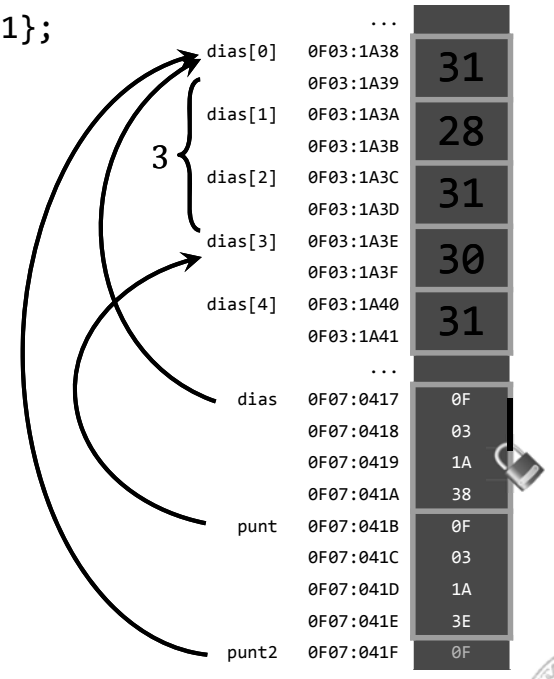
```
short int dias[12] = {31, 28, 31, 30,
   31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};
typedef short int* tSIPtr;
siPtr punt = dias;
punt++;
punt = punt + 3;
punt--;
tSIPtr punt2;
punt2 = dias;
```



Luis Hernández Yáñez

Aritmética de punteros

```
short int dias[12] = {31, 28, 31, 30,
   31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};
typedef short int* tSIPtr;
siPtr punt = dias;
punt++;
punt = punt + 3;
punt--;
tSIPtr punt2;
punt2 = dias;
cout << punt – punt2; // 3
```



Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Recorrido de arrays con punteros

Luis Hernández Yáñez

Recorrido de arrays con punteros `arraypunt.cpp`

Punteros como iteradores para arrays

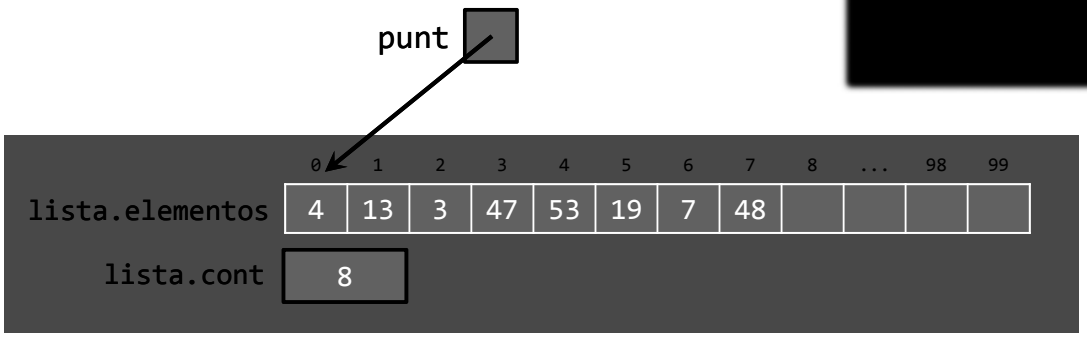
```
const int MAX = 100;
typedef int tArray[MAX];
typedef struct {
   tArray elementos;
   int cont;
} tLista;
typedef int* tIntPtr;
tLista lista;
```

Usamos un puntero como *iterador* para recorrer el array:

```
tIntPtr punt = lista.elementos;
for (int i = 0; i < lista.cont; i++) {
   cout << *punt << endl;
   punt++;
}
```

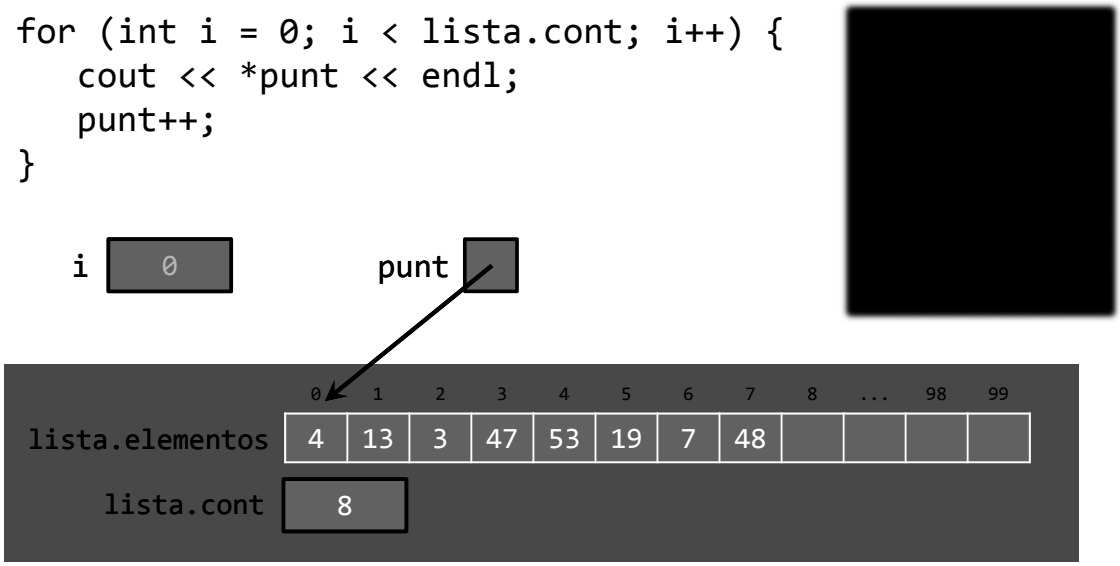

Punteros como iteradores para arrays

```
...
intPtr punt = lista.elementos;
```



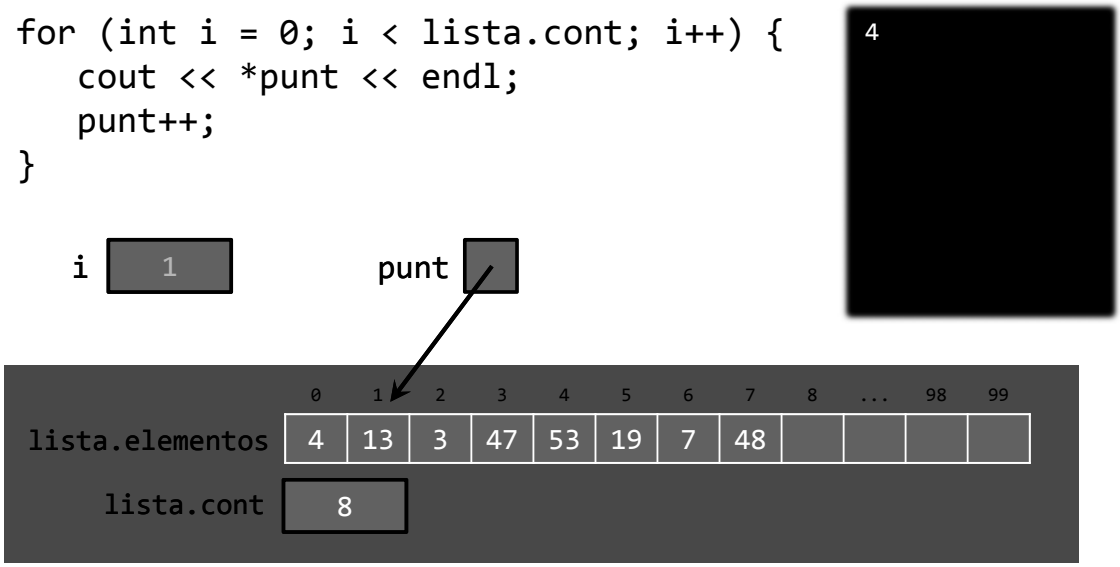
Punteros como iteradores para arrays

```
...
for (int i = 0; i < lista.cont; i++) {
   cout << *punt << endl;
   punt++;
}
```



Punteros como iteradores para arrays

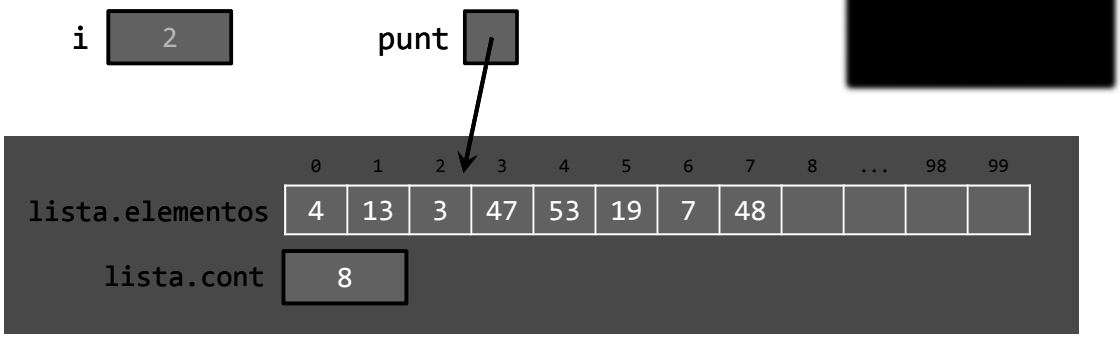
```
...
for (int i = 0; i < lista.cont; i++) {
   cout << *punt << endl;
   punt++;
}
```



Punteros como iteradores para arrays

```
...
for (int i = 0; i < lista.cont; i++) {
   cout << *punt << endl;
   punt++;
}
```

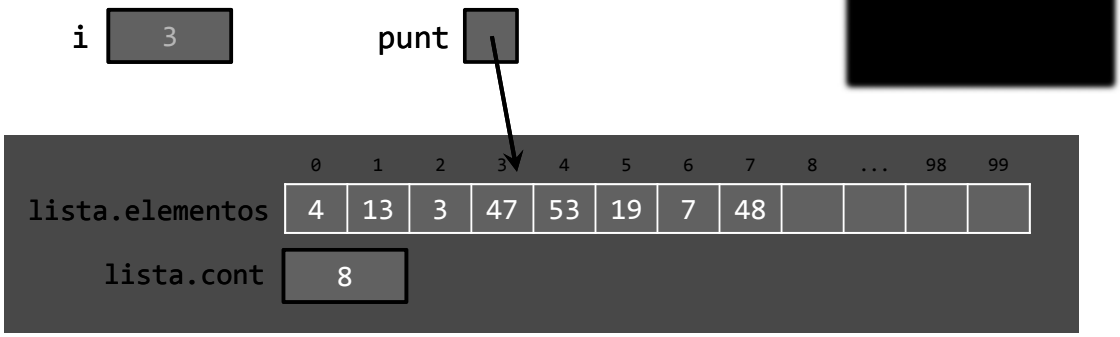
```
4
13
```



Punteros como iteradores para arrays

```
...
for (int i = 0; i < lista.cont; i++) {
   cout << *punt << endl;
   punt++;
}
```

```
4
13
3
```

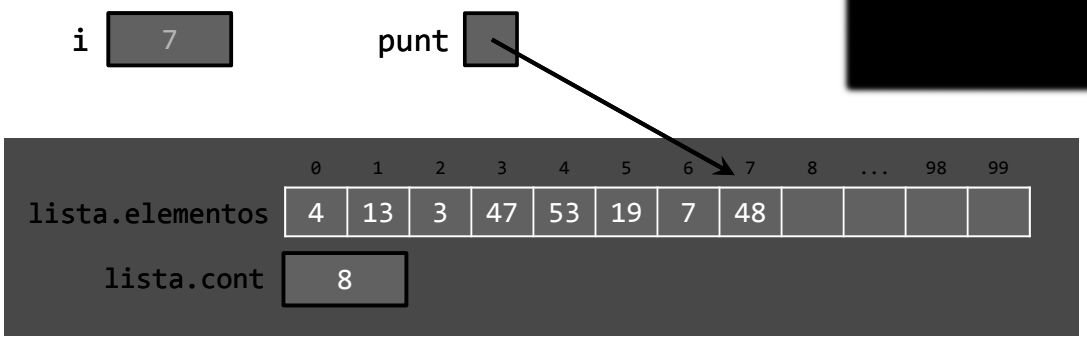


...

Punteros como iteradores para arrays

```
...
for (int i = 0; i < lista.cont; i++) {
   cout << *punt << endl;
   punt++;
}
```

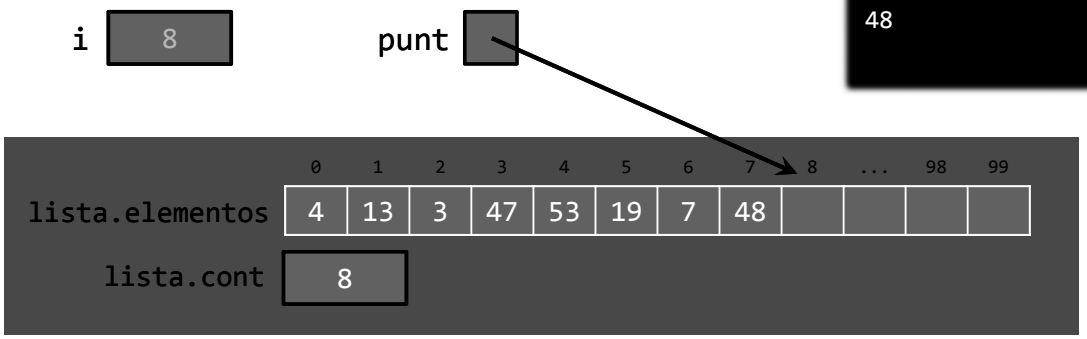
```
4
13
3
47
53
19
7
```



Punteros como iteradores para arrays

```
...
for (int i = 0; i < lista.cont; i++) {
   cout << *punt << endl;
   punt++;
}
```

```
4
13
3
47
53
19
7
48
```



Referencias

Luis Hernández Yáñez

Nombres alternativos para los datos

Una referencia es una nueva forma de llamar a una variable

Nos permiten referirnos a una variable con otro identificador:

```
int x = 10;
int &z = x;
```

`x` y `z` son ahora la misma variable (comparten memoria)

Cualquier cambio en `x` afecta a `z` y cualquier cambio en `z` afecta a `x`

```
z = 30;
cout << x;
```

Las referencias se usan en el paso de parámetros por referencia

Luis Hernández Yáñez

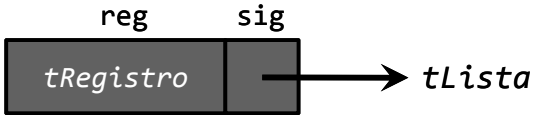
Listas enlazadas

Luis Hernández Yáñez

Una implementación dinámica de listas enlazadas

Cada elemento de la lista apunta al siguiente elemento:

```
struct tNodo; // Declaración anticipada
typedef tNodo *tLista;
struct tNodo {
   tRegistro reg;
   tLista sig;
};
```



Una lista (`tLista`) es un puntero a un nodo

Si el puntero vale `NULL`, no apunta a ningún nodo: lista vacía

Un nodo (`tNodo`) es un elemento seguido de una lista

Lista { *Vacía* / *Elemento seguido de una lista* }

¡Definición recursiva!

Luis Hernández Yáñez

Implementación dinámica de listas enlazadas

Cada elemento de la lista en su nodo

Apuntará al siguiente elemento o a ninguno (NULL)

```
struct tNodo; // Declaración anticipada
typedef tNodo *tLista;
struct tNodo {
   tRegistro reg;
   tLista sig;
};
```

Además, un puntero al primer elemento (nodo) de la lista

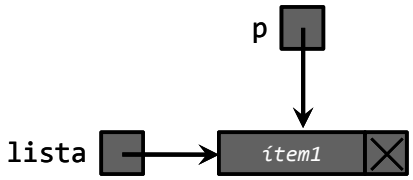
```
tLista lista = NULL; // Lista vacía
```

Implementación dinámica de listas enlazadas

```
struct tNodo;
typedef tNodo *tLista;
struct tNodo {
   tRegistro reg;
   tLista sig;
};
tLista lista = NULL; // Lista vacía
lista = new tNodo;
lista->reg = nuevo();
lista->sig = NULL;
```

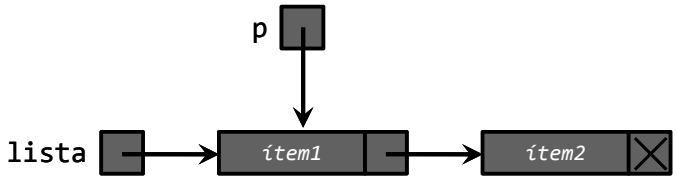
Implementación dinámica de listas enlazadas

```
tLista lista = NULL; // Lista vacía
lista = new tNodo;
lista->reg = nuevo();
lista->sig = NULL;
tLista p;
p = lista;
```



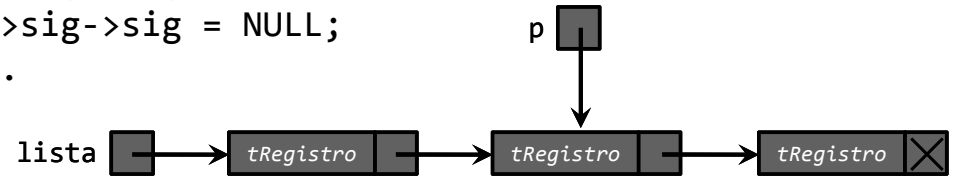
Implementación dinámica de listas enlazadas

```
tLista lista = NULL; // Lista vacía
lista = new tNodo;
lista->reg = nuevo();
lista->sig = NULL;
tLista p;
p = lista;
p->sig = new tNodo;
p->sig->reg = nuevo();
p->sig->sig = NULL;
```



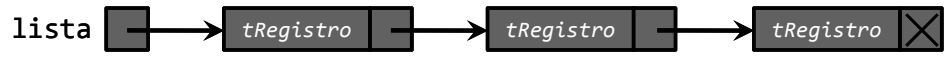
Implementación dinámica de listas enlazadas

```
tLista lista = NULL; // Lista vacía
lista = new tNodo;
lista->reg = nuevo();
lista->sig = NULL;
tLista p;
p = lista;
p->sig = new tNodo;
p->sig->reg = nuevo();
p->sig->sig = NULL;
p = p->sig;
p->sig = new tNodo;
p->sig->reg = nuevo();
p->sig->sig = NULL;
...
```



Implementación dinámica de listas enlazadas

Usamos la memoria que necesitamos, ni más ni menos



Tantos elementos, tantos nodos hay en la lista

¡Pero perdemos el acceso directo!

Algunas operaciones de la lista se complican y otras no

A continuación tienes el módulo de lista implementado como lista enlazada...

Ejemplo de lista enlazada

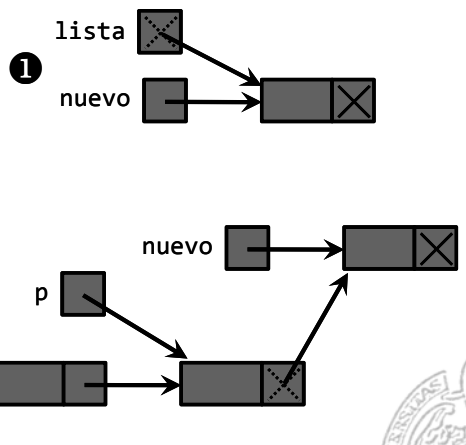
listaenlazada.h

```
struct tNodo;
typedef tNodo *tLista;
struct tNodo {
   tRegistro reg;
   tLista sig;
};

const string BD = "bd.txt";

void mostrar(tLista lista);
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok);
void eliminar(tLista &lista, int code, bool &ok);
tLista buscar(tLista lista, int code); // Devuelve puntero
void cargar(tLista &lista, bool &ok);
void guardar(tLista lista);
void destruir(tLista &lista); // Liberar la memoria dinámica
```


Ejemplo de lista enlazada

listaenlazada.cpp

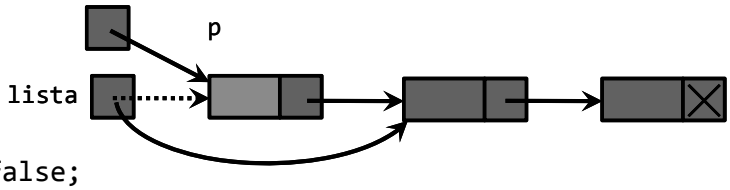
```
void insertar(tLista &lista, tRegistro registro, bool &ok) {
   ok = true;
   tLista nuevo = new tNodo;
   if (nuevo == NULL) {
      ok = false; // No hay más memoria dinámica
   }
   else {
      nuevo->reg = registro;
      nuevo->sig = NULL;
      if (lista == NULL) { // Lista vacía
❶        lista = nuevo;
      }
      else {
         tLista p = lista;
         // Localizamos el último nodo...
         while (p->sig != NULL) {
❷           p = p->sig;
         }
         p->sig = nuevo;
      }
   }
} ...
```



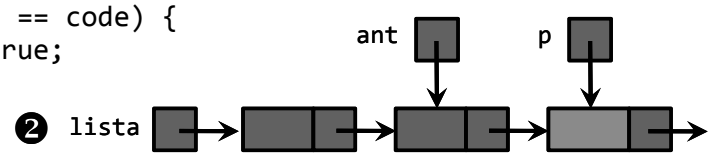
Ejemplo de lista enlazada

```
void eliminar(tLista &lista, int code, bool &ok) {
   ok = true;
   tLista p = lista;
   if (p == NULL) {
      ok = false; // Lista vacía
   }
   else if (p->reg.codigo == code) { // El primero
      lista = p->sig;
      delete p;
   }
   else {
      tLista ant = p;
      p = p->sig;
      bool encontrado = false;
      while ((p != NULL) && !encontrado) {
         if (p->reg.codigo == code) {
            encontrado = true;
         }
         else {
            ant = p;
            p = p->sig;
         }
      } ...
```

❶

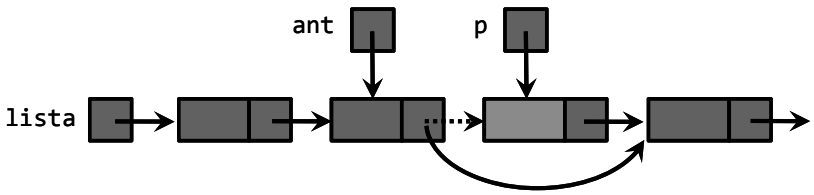


❷



Ejemplo de lista enlazada

```
      if (!encontrado) {
         ok = false; // No existe ese código
      }
      else {
         ant->sig = p->sig;
         delete p;
      }
   }
}
...
```



Ejemplo de lista enlazada

```
tLista buscar(tLista lista, int code) {
// Devuelve un puntero al nodo, o NULL si no se encuentra
   tLista p = lista;
   bool encontrado = false;
   while ((p != NULL) && !encontrado) {
      if (p->reg.codigo == code) {
         encontrado = true;
      }
      else {
         p = p->sig;
      }
   }
   return p;
}

void mostrar(tLista lista) {
   cout << endl << "Elementos de la lista:" << endl
        << "----------------------" << endl;
   tLista p = lista;
   while (p != NULL) {
      mostrar(p->reg);
      p = p->sig;
   }
} ...
```


Ejemplo de lista enlazada

```
void cargar(tLista &lista, bool &ok) {
   ifstream archivo;
   char aux;
   ok = true;
   lista = NULL;
   archivo.open(BD.c_str());
   if (!archivo.is_open()) {
      ok = false;
   }
   else {
      tRegistro registro;
      tLista ult = NULL;
      archivo >> registro.codigo;
      while (registro.codigo != -1) {
         archivo >> registro.valor;
         archivo.get(aux); // Saltamos el espacio
         getline(archivo, registro.nombre);
         ...
```


Ejemplo de lista enlazada

```
            if (lista == NULL) {
               lista = new tNodo;
               ult = lista;
            }
            else {
               ult->sig = new tNodo;
               ult = ult->sig;
            }
            ult->reg = registro;
            ult->sig = NULL;
            archivo >> registro.codigo;
         }
         archivo.close();
      }
      return ok;
   } ...
```

Luis Hernández Yáñez

Ejemplo de lista enlazada

```
void guardar(tLista lista) {
   ofstream archivo;
   archivo.open(BD);
   tLista p = lista;
   while (p != NULL) {
      archivo << p->registro.codigo << " ";
      archivo << p->registro.valor << " ";
      archivo << p->registro.nombre << endl;
      p = p->sig;
   }
   archivo.close();
}

void destruir(tLista &lista) {
   tLista p;
   while (lista != NULL) {
      p = lista;
      lista = lista->sig;
      delete p;
   }
}
```

Luis Hernández Yáñez

Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

10 Introducción a la recursión

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

Fundamentos de la programación

Recursión

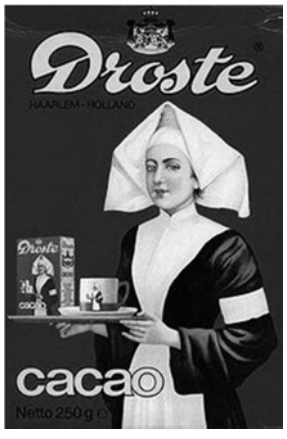
Luis Hernández Yáñez

Concepto de recursión

Recursión (recursividad, recurrencia)

Definición recursiva: En la definición aparece lo que se define

Factorial(N) = N x Factorial(N-1) (N >= 0)



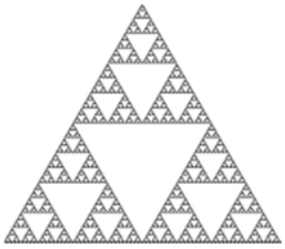
(wikipedia.org)

La cámara graba lo que graba

(http://farm1.static.flickr.com/83/229219543_edf740535b.jpg)

La imagen del paquete aparece dentro del propio paquete,... *¡hasta el infinito!*

Cada triángulo está formado por otros triángulos más pequeños



(wikipedia.org)

Las *matrioskas* rusas

Luis Hernández Yáñez

BY NC SA

Definiciones recursivas

Factorial(N) = N x Factorial(N-1)

El factorial se define en función de sí mismo

Los programas no pueden manejar la recursión infinita

La definición recursiva debe adjuntar uno o más casos base

Caso base: aquel en el que no se utiliza la definición recursiva

Proporcionan puntos finales de cálculo:

$$\text{Factorial}(N) \begin{cases} N \times \text{Factorial}(N-1) & \text{si } N > 0 \quad \textit{Caso recursivo (inducción)} \\ 1 & \text{si } N = 0 \quad \textit{Caso base (o de parada)} \end{cases}$$

El valor de N se va aproximando al valor del caso base (0)

Fundamentos de la programación

Algoritmos recursivos

Algoritmos recursivos

Funciones recursivas

Una función puede implementar un algoritmo recursivo

La función se llamará a sí misma si no se ha llegado al caso base

$$\text{Factorial}(N) \begin{cases} 1 & \text{si } N = 0 \\ N \times \text{Factorial}(N-1) & \text{si } N > 0 \end{cases}$$

```
long long int factorial(int n) {
   long long int resultado;
   if (n == 0) { // Caso base
      resultado = 1;
   }
   else {
      resultado = n * factorial(n - 1);
   }
   return resultado;
}
```


Algoritmos recursivos

factorial.cpp

Funciones recursivas

```
long long int factorial(int n) {
   long long int resultado;
   if (n == 0) { // Caso base
      resultado = 1;
   }
   else {
      resultado = n * factorial(n - 1);
   }
   return resultado;
}
```

factorial(5) → 5 x factorial(4) → 5 x 4 x factorial(3)
→ 5 x 4 x 3 x factorial(2) → 5 x 4 x 3 x 2 x factorial(1)
→ 5 x 4 x 3 x 2 x 1 x factorial(0) → 5 x 4 x 3 x 2 x 1 x 1
→ 120

Caso base

```
1
1
2
6
24
120
720
5040
40320
362880
3628800
39916800
479001600
6227020800
87178291200
1307674368000
20922789888000
355687428096000
6402373705728000
121645100408832000
```


Algoritmos recursivos

Diseño de funciones recursivas

Una función recursiva debe satisfacer tres condiciones:

- ✓ Caso(s) base: Debe haber al menos un caso base de parada
- ✓ Inducción: Paso recursivo que provoca una llamada recursiva
  Debe ser correcto para distintos parámetros de entrada
- ✓ Convergencia: Cada paso recursivo debe acercar a un caso base

Se describe el problema en términos de problemas *más sencillos*

$$\text{Factorial}(N) \begin{cases} 1 & \text{si } N = 0 \\ N \times \text{Factorial}(N-1) & \text{si } N > 0 \end{cases}$$

Función `factorial()`: tiene caso base (N = 0), siendo correcta para N es correcta para N+1 (*inducción*) y se acerca cada vez más al caso base (N-1 está más cerca de 0 que N)

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Modelo de ejecución

Luis Hernández Yáñez

Modelo de ejecución

```
long long int factorial(int n) {
   long long int resultado;
   if (n == 0) { // Caso base
      resultado = 1;
   }
   else {
      resultado = n * factorial(n - 1);
   }
   return resultado;
}
```

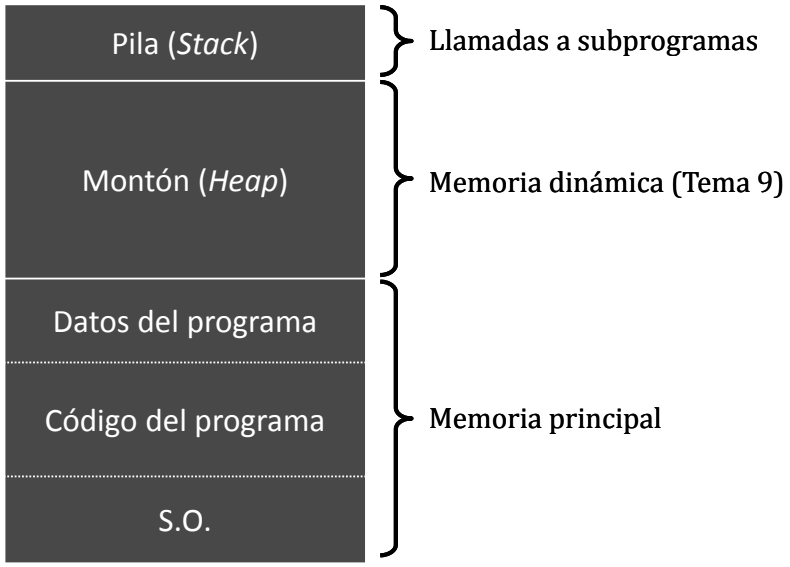
Cada llamada recursiva fuerza una nueva ejecución de la función

Cada llamada utiliza sus propios parámetros por valor y variables locales (`n` y `resultado` en este caso)

En las llamadas a la función se utiliza la pila del sistema para mantener los datos locales y la dirección de vuelta

La pila del sistema (*stack*)

Regiones de memoria que distingue el sistema operativo:

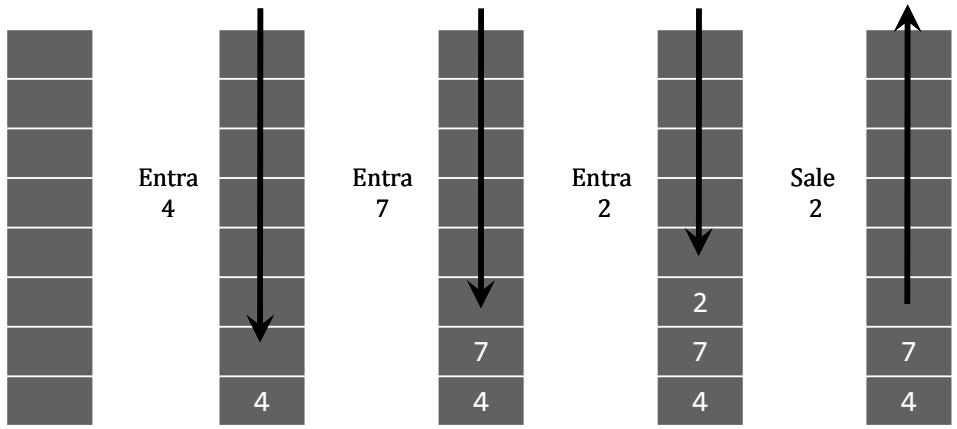


La pila del sistema (*stack*)

Mantiene los datos locales de la función y la dirección de vuelta

Estructura de tipo *pila*: lista LIFO (*last-in first-out*)

El último que entra es el primero que sale:

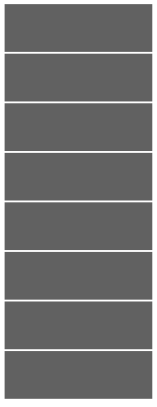


La pila y las llamadas a función

Datos locales y direcciones de vuelta

```
      ...
      int funcB(int x) {
         ...
         return x;
      }
      int funcA(int a) {
         int b;
         ...
<DIR2>   b = funcB(a);
         ...
         return b;
      }
      int main() {
         ...
<DIR1>   cout << funcA(4);
         ...
```

Llamada a función:
Entra la dirección de vuelta



Pila

La pila y las llamadas a función

Datos locales y direcciones de vuelta

```
      ...
      int funcB(int x) {
         ...
         return x;
      }
      int funcA(int a) {
         int b;
         ...
<DIR2>   b = funcB(a);
         ...
         return b;
      }
      int main() {
         ...
<DIR1>   cout << funcA(4);
         ...
```

Entrada en la función:
Se alojan los datos locales

Pila

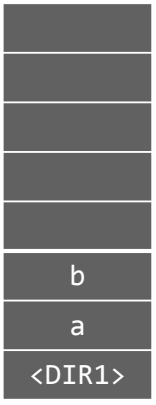
Luis Hernández Yáñez

La pila y las llamadas a función

Datos locales y direcciones de vuelta

```
      ...
      int funcB(int x) {
         ...
         return x;
      }
      int funcA(int a) {
         int b;
         ...
<DIR2>   b = funcB(a);
         ...
         return b;
      }
      int main() {
         ...
<DIR1>   cout << funcA(4);
         ...
```

Llamada a función:
Entra la dirección de vuelta



Pila

Luis Hernández Yáñez

La pila y las llamadas a función

Datos locales y direcciones de vuelta

```
      ...
      int funcB(int x) {
         ...
         return x;
      }
      int funcA(int a) {
         int b;
         ...
<DIR2>   b = funcB(a);
         ...
         return b;
      }
      int main() {
         ...
<DIR1>   cout << funcA(4);
         ...
```

Entrada en la función:
Se alojan los datos locales

Pila

La pila y las llamadas a función

Datos locales y direcciones de vuelta

```
      ...
      int funcB(int x) {
         ...
         return x;
      }
      int funcA(int a) {
         int b;
         ...
<DIR2>   b = funcB(a);
         ...
         return b;
      }
      int main() {
         ...
<DIR1>   cout << funcA(4);
         ...
```

Vuelta de la función:
Se eliminan los datos locales

Pila

La pila y las llamadas a función

Datos locales y direcciones de vuelta

```
      ...
      int funcB(int x) {
         ...
         return x;
      }
      int funcA(int a) {
         int b;
         ...
<DIR2>   b = funcB(a);
         ...
         return b;
      }
      int main() {
         ...
<DIR1>   cout << funcA(4);
         ...
```

Vuelta de la función:
Sale la dirección de vuelta

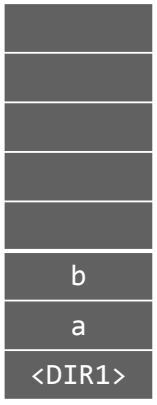
Pila

La pila y las llamadas a función

Datos locales y direcciones de vuelta

```
      ...
      int funcB(int x) {
         ...
         return x;
      }
      int funcA(int a) {
         int b;
         ...
<DIR2>   b = funcB(a);
         ...
         return b;
      }
      int main() {
         ...
<DIR1>   cout << funcA(4);
         ...
```

La ejecución continúa
en esa dirección



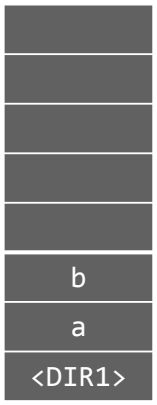
Pila

La pila y las llamadas a función

Datos locales y direcciones de vuelta

```
      ...
      int funcB(int x) {
         ...
         return x;
      }
      int funcA(int a) {
         int b;
         ...
<DIR2>   b = funcB(a);
         ...
         return b;
      }
      int main() {
         ...
<DIR1>   cout << funcA(4);
         ...
```

Vuelta de la función:
Se eliminan los datos locales



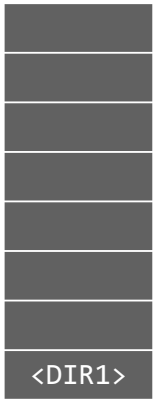
Pila

La pila y las llamadas a función

Datos locales y direcciones de vuelta

```
      ...
      int funcB(int x) {
         ...
         return x;
      }
      int funcA(int a) {
         int b;
         ...
<DIR2>   b = funcB(a);
         ...
         return b;
      }
      int main() {
         ...
<DIR1>   cout << funcA(4);
         ...
```

Vuelta de la función:
Sale la dirección de vuelta



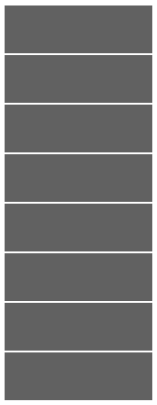
Pila

La pila y las llamadas a función

Datos locales y direcciones de vuelta

```
      ...
      int funcB(int x) {
         ...
         return x;
      }
      int funcA(int a) {
         int b;
         ...
<DIR2>   b = funcB(a);
         ...
         return b;
      }
      int main() {
         ...
<DIR1>   cout << funcA(4);
         ...
```

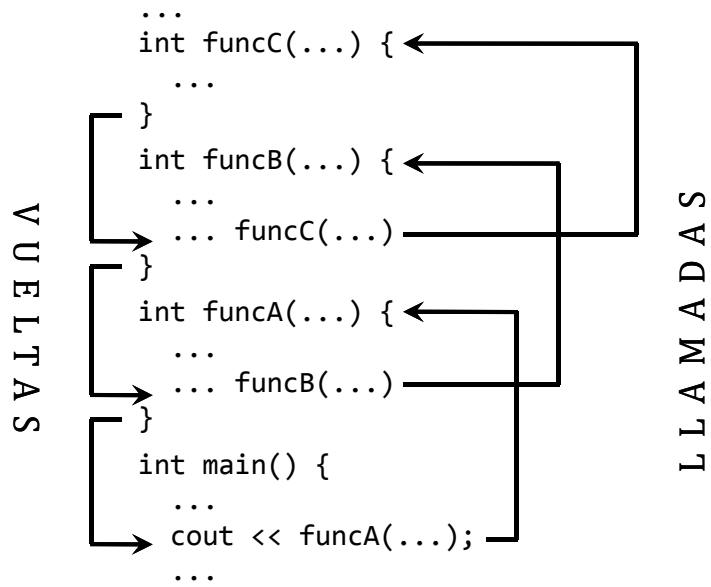
La ejecución continúa en esa dirección



Pila

La pila y las llamadas a función

Mecanismo de pila adecuado para llamadas a funciones anidadas:
Las llamadas terminan en el orden contrario a como se llaman



Pila

Ejecución de la función factorial()

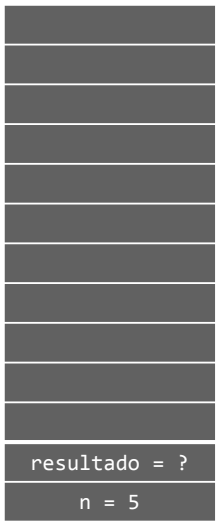
```
long long int factorial(int n) {
   long long int resultado;
   if (n == 0) { // Caso base
      resultado = 1;
   }
   else {
      resultado = n * factorial(n - 1);
   }
   return resultado;
}



cout << factorial(5) << endl;
```

Obviaremos las direcciones de vuelta en la pila

Luis Hernández Yáñez

Ejecución de la función factorial()

```
factorial(5)
```

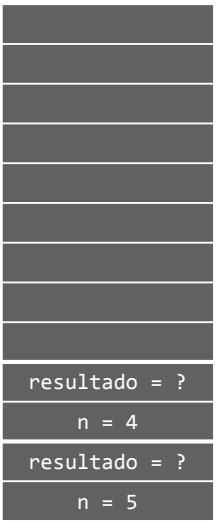


Pila

Luis Hernández Yáñez

Ejecución de la función `factorial()`

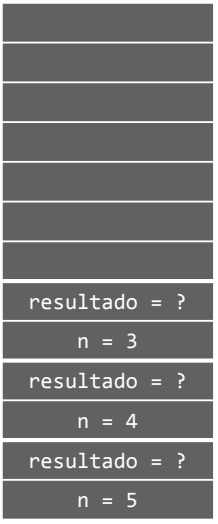
```
factorial(5)
  └→ factorial(4)
```



Pila

Ejecución de la función `factorial()`

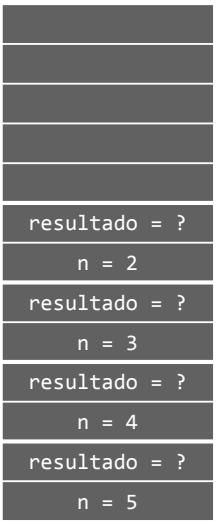
```
factorial(5)
  └→ factorial(4)
       └→ factorial(3)
```



Pila

Ejecución de la función `factorial()`

```
factorial(5)
  ↳ factorial(4)
      ↳ factorial(3)
          ↳ factorial(2)
```

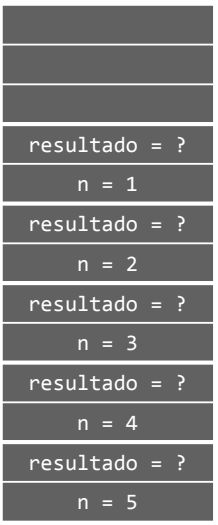


Pila

Luis Hernández Yáñez

Ejecución de la función `factorial()`

```
factorial(5)
  ↳ factorial(4)
      ↳ factorial(3)
          ↳ factorial(2)
              ↳ factorial(1)
```

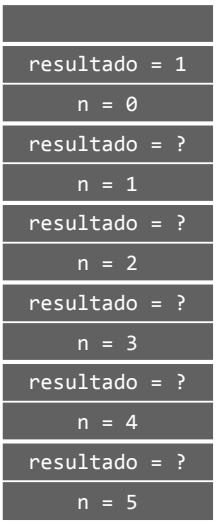


Pila

Luis Hernández Yáñez

Ejecución de la función `factorial()`

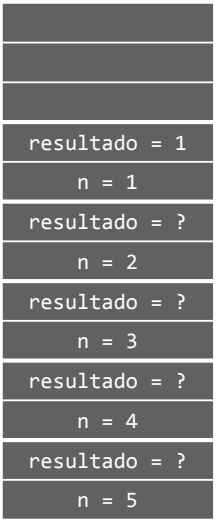
```
factorial(5)
  └→ factorial(4)
       └→ factorial(3)
            └→ factorial(2)
                 └→ factorial(1)
                      └→ factorial(0)
```



Pila

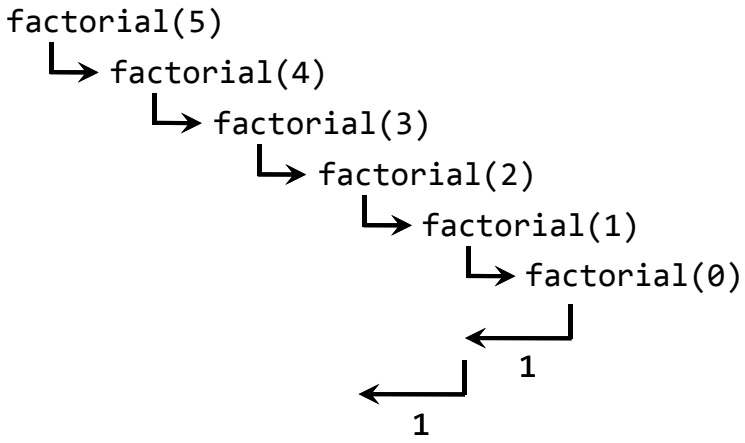
Ejecución de la función `factorial()`

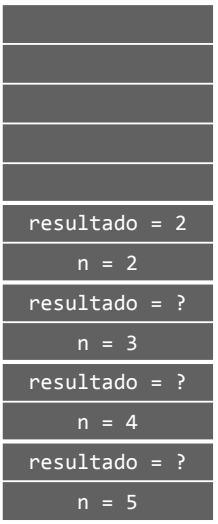
```
factorial(5)
  └→ factorial(4)
       └→ factorial(3)
            └→ factorial(2)
                 └→ factorial(1)
                      └→ factorial(0)
                      ←┘
                      1
```



Pila

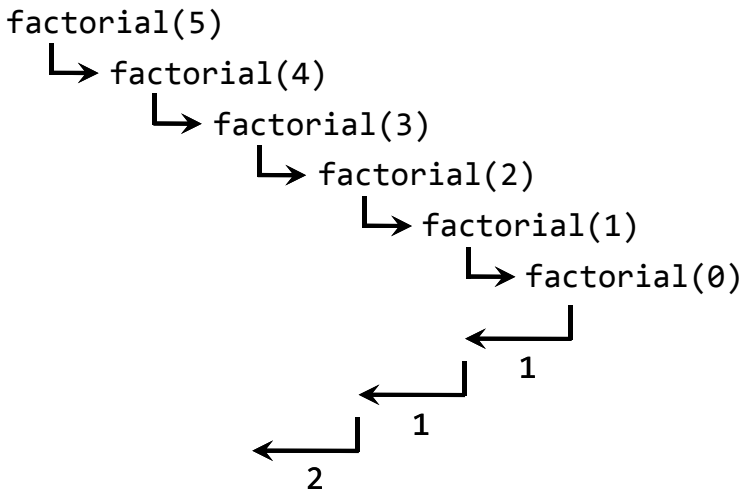
Ejecución de la función `factorial()`

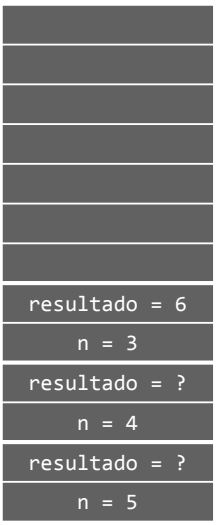




Pila

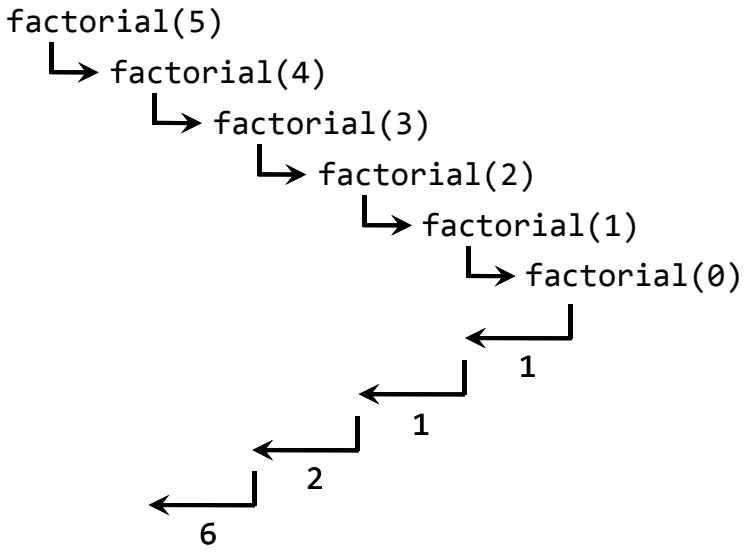
Ejecución de la función `factorial()`

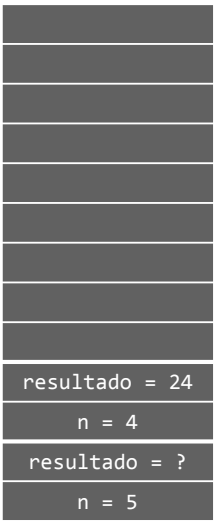




Pila

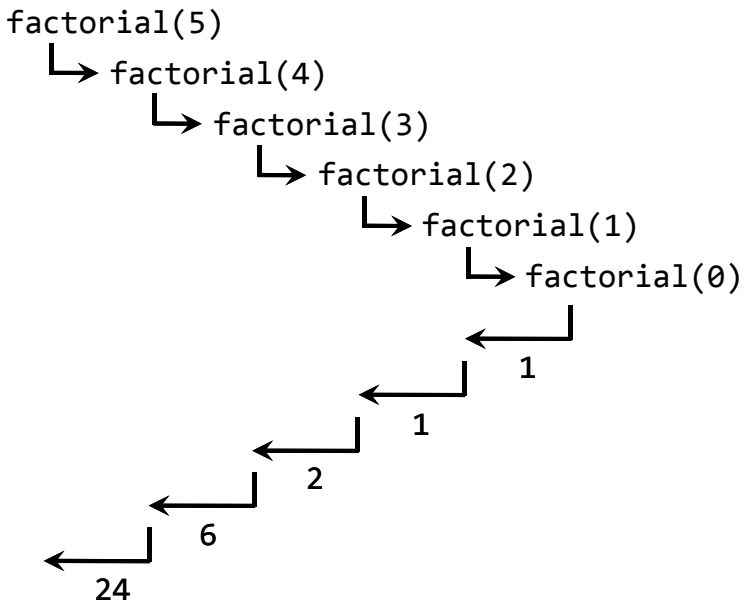
Ejecución de la función `factorial()`

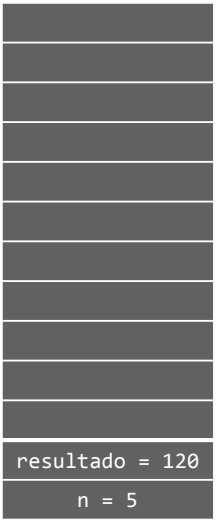




Pila

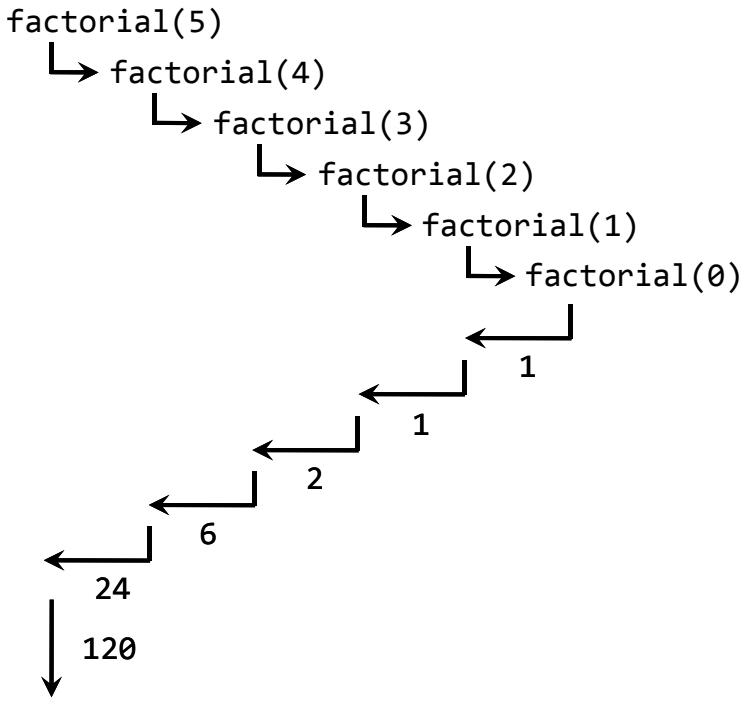
Ejecución de la función `factorial()`

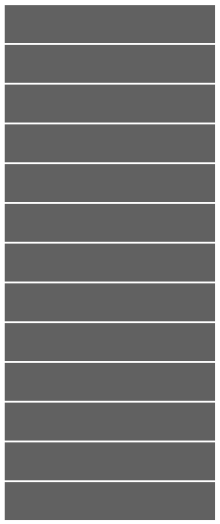




Pila

Ejecución de la función `factorial()`





Pila

Fundamentos de la programación

Tipos de recursión

Recursión simple

Sólo hay una llamada recursiva

Ejemplo: Cálculo del factorial de un número entero positivo

```
long long int factorial(int n) {
   long long int resultado;
   if (n == 0) { // Caso base
      resultado = 1;
   }
   else {
      resultado = n * factorial(n - 1);
   }
   return resultado;
}
```

Una sola llamada recursiva

Luis Hernández Yáñez

Recursión múltiple

Varias llamadas recursivas

Ejemplo: Cálculo de los números de *Fibonacci*

$$Fib(n) \begin{cases} 0 & \text{si } n = 0 \\ 1 & \text{si } n = 1 \\ Fib(n-1) + Fib(n-2) & \text{si } n > 1 \end{cases}$$

Dos llamadas recursivas

Luis Hernández Yáñez

Recursión múltiple

fibonacci.cpp

```
...
int main() {
   for (int i = 0; i < 20; i++) {
      cout << fibonacci(i) << endl;
   }
   return 0;
}

int fibonacci(int n) {
   int resultado;
   if (n == 0) {
      resultado = 0;
   }
   else if (n == 1) {
      resultado = 1;
   }
   else {
      resultado = fibonacci(n - 1) + fibonacci(n - 2);
   }
   return resultado;
}
```

$$Fib(n) \begin{cases} 0 & \text{si } n = 0 \\ 1 & \text{si } n = 1 \\ Fib(n-1) + Fib(n-2) & \text{si } n > 1 \end{cases}$$

```
0
1
1
2
3
5
8
13
21
34
55
89
144
233
377
610
987
1597
2584
4181
```


Recursión anidada

En una llamada recursiva alguno de los argumentos es otra llamada

Ejemplo: Cálculo de los números de Ackermann:

$$Ack(m, n) \begin{cases} n + 1 & \text{si } m = 0 \\ Ack(m-1, 1) & \text{si } m > 0 \text{ y } n = 0 \\ Ack(m-1, Ack(m, n-1)) & \text{si } m > 0 \text{ y } n > 0 \end{cases}$$

Argumento que es una llamada recursiva

Recursión anidada

ackermann.cpp

Números de Ackermann

$$Ack(m, n) \begin{cases} n + 1 & \text{si } m = 0 \\ Ack(m-1, 1) & \text{si } m > 0 \text{ y } n = 0 \\ Ack(m-1, Ack(m, n-1)) & \text{si } m > 0 \text{ y } n > 0 \end{cases}$$

```
...
int ackermann(int m, int n) {
   int resultado;
   if (m == 0) {
      resultado = n + 1;
   }
   else if (n == 0) {
      resultado = ackermann(m - 1, 1);
   }
   else {
      resultado = ackermann(m - 1, ackermann(m, n - 1));
   }
   return resultado;
}
```

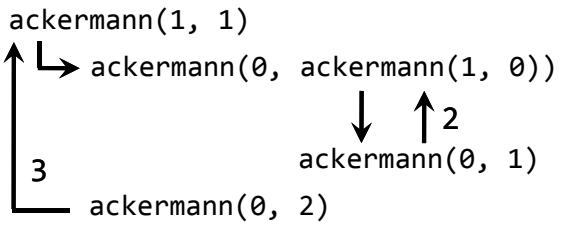
Pruébalo con números muy bajos:
Se generan MUCHAS llamadas recursivas

Luis Hernández Yáñez

Recursión anidada

Números de Ackermann

$$Ack(m, n) \begin{cases} n + 1 & \text{si } m = 0 \\ Ack(m-1, 1) & \text{si } m > 0 \text{ y } n = 0 \\ Ack(m-1, Ack(m, n-1)) & \text{si } m > 0 \text{ y } n > 0 \end{cases}$$

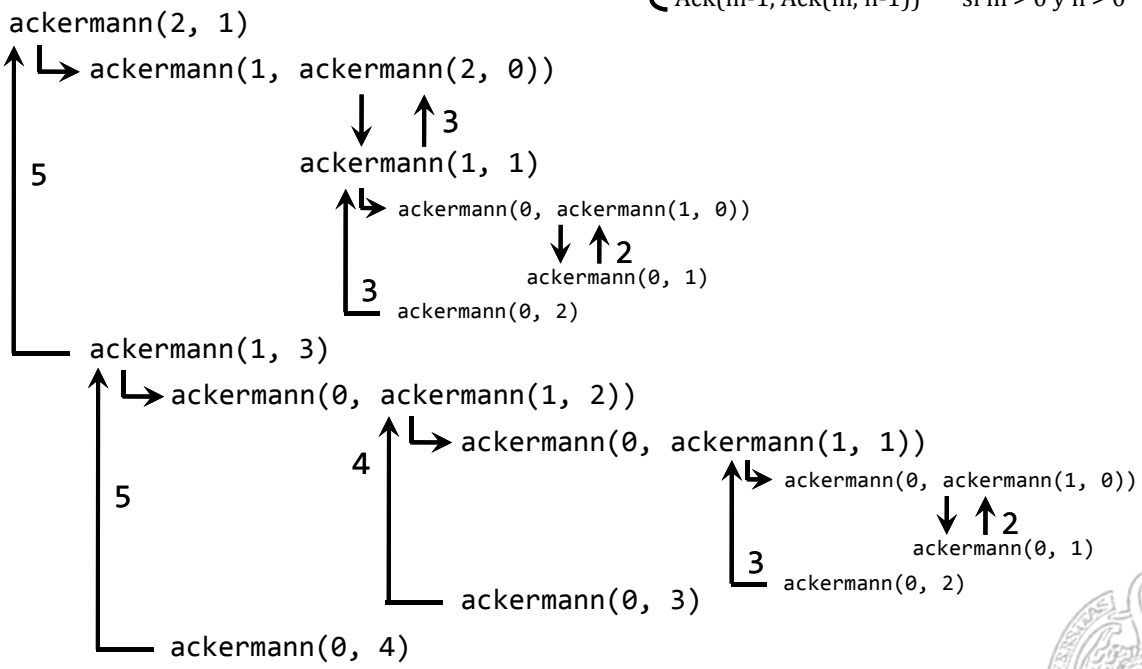


Luis Hernández Yáñez

Recursión anidada

Números de Ackermann

$$Ack(m, n) \begin{cases} n + 1 & \text{si } m = 0 \\ Ack(m-1, 1) & \text{si } m > 0 \text{ y } n = 0 \\ Ack(m-1, Ack(m, n-1)) & \text{si } m > 0 \text{ y } n > 0 \end{cases}$$



Fundamentos de la programación

Código del subprograma recursivo

Código del subprograma recursivo

Código anterior y posterior a la llamada recursiva

{
    Código anterior
    Llamada recursiva
    Código posterior
}

Código anterior

Se ejecuta para las distintas entradas antes que el *código posterior*

Código posterior

Se ejecuta para las distintas entradas tras llegarse al caso base

El código anterior se ejecuta en orden directo para las distintas entradas, mientras que el código posterior lo hace en orden inverso

Si no hay código anterior: *recursión por delante*

Si no hay código posterior: *recursión por detrás*

Código del subprograma recursivo

Código anterior y posterior a la llamada recursiva

```
void func(int n) {
   if (n > 0) { // Caso base: n == 0
      cout << "Entrando (" << n << ")" << endl; // Código anterior
      func(n - 1);                              // Llamada recursiva
      cout << "Saliendo (" << n << ")" << endl; // Código posterior
   }
}
```

→ `func(5);`

```
Entrando (5)
Entrando (4)
Entrando (3)
Entrando (2)
Entrando (1)
Saliendo (1)
Saliendo (2)
Saliendo (3)
Saliendo (4)
Saliendo (5)
```

El código anterior se ejecuta para los sucesivos valores de n (5, 4, 3, ...)

El código posterior al revés (1, 2, 3, ...)

Código del subprograma recursivo `directo.cpp`

Recorrido de los elementos de una lista (directo)

El código anterior a la llamada procesa la lista en su orden:

```
...
void mostrar(tLista lista, int pos);

int main() {
   tLista lista;
   lista.cont = 0;
   // Carga del array...
   mostrar(lista, 0);

   return 0;
}

void mostrar(tLista lista, int pos) {
   if (pos < lista.cont) {
      cout << lista.elementos[pos] << endl;
      mostrar(lista, pos + 1);
   }
}
```

```
1
3
8
13
17
22
23
39
52
55
```


Código del subprograma recursivo `inverso.cpp`

Recorrido de los elementos de una lista (inverso)

El código posterior procesa la lista en el orden inverso:

```
...
void mostrar(tLista lista, int pos);

int main() {
   tLista lista;
   lista.cont = 0;
   // Carga del array...
   mostrar(lista, 0);

   return 0;
}

void mostrar(tLista lista, int pos) {
   if (pos < lista.cont) {
      mostrar(lista, pos + 1);
      cout << lista.elementos[pos] << endl;
   }
}
```

```
55
52
39
23
22
17
13
8
3
1
```


Parámetros y recursión

Luis Hernández Yáñez

Parámetros por valor y por referencia

Parámetros por valor: cada llamada usa los suyos propios

Parámetros por referencia: misma variable en todas las llamadas

Recogen resultados que transmiten entre las llamadas

```
void factorial(int n, int &fact) {
   if (n == 0) {
      fact = 1;
   }
   else {
      factorial(n - 1, fact);
      fact = n * fact;
   }
}
```

Cuando `n` es 0, el argumento de `fact` toma el valor 1

Al volver se le va multiplicando por los demás `n` (distintos)

Luis Hernández Yáñez

Ejemplos de algoritmos recursivos

Luis Hernández Yáñez

Búsqueda binaria

Parte el problema en subproblemas más pequeños

Aplica el mismo proceso a cada subproblema

Naturaleza recursiva (casos base: encontrado o no queda lista)

```
Partimos de la lista completa
    Si no queda lista... terminar (lista vacía: no encontrado)
    En caso contrario...
        Comprobar si el elemento en la mitad es el buscado
        Si es el buscado... terminar (encontrado)
        Si no...
            Si el buscado es menor que el elemento mitad...
                Repetir con la primera mitad de la lista
            Si el buscado es mayor que el elemento mitad...
                Repetir con la segunda mitad de la lista
```

→ La repetición se consigue con las llamadas recursivas

Luis Hernández Yáñez

Búsqueda binaria

Dos índices que indiquen el inicio y el final de la sublista:

```
int buscar(tLista lista, int buscado, int ini, int fin)
// Devuelve el índice (0, 1, ...) o -1 si no está
```

¿Cuáles son los casos base?

- ✓ Que ya no quede sublista (`ini > fin`) → No encontrado
- ✓ Que se encuentre el elemento

Repasa en el Tema 7 cómo funciona y cómo se implementó iterativamente la búsqueda binaria (compárala con esta)

Búsqueda binaria

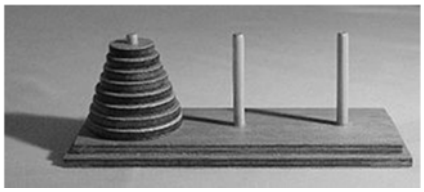
`binaria.cpp`

```
int buscar(tLista lista, int buscado, int ini, int fin) {
   int pos = -1;
   if (ini <= fin) {
      int mitad = (ini + fin) / 2;
      if (buscado == lista.elementos[mitad]) {
         pos = mitad;
      }
      else if (buscado < lista.elementos[mitad]) {
         pos = buscar(lista, buscado, ini, mitad - 1);
      }
      else {
         pos = buscar(lista, buscado, mitad + 1, fin);
      }
   }
   return pos;
}
```

Llamada: `pos = buscar(lista, valor, 0, lista.cont - 1);`

Las *Torres de Hanoi*

Cuenta una leyenda que en un templo de Hanoi se dispusieron tres pilares de diamante y en uno de ellos 64 discos de oro, de distintos tamaños y colocados por orden de tamaño con el mayor debajo



Torre de ocho discos (wikipedia.org)

Cada monje, en su turno, debía mover un único disco de un pilar a otro, para con el tiempo conseguir entre todos llevar la torre del pilar inicial a uno de los otros dos; respetando una única regla: nunca poner un disco sobre otro de menor tamaño

Cuando lo hayan conseguido, ¡se acabará el mundo!

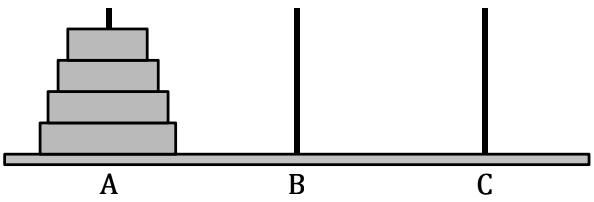
[Se requieren al menos 2^{64}-1 movimientos; si se hiciera uno por segundo, se terminaría en más de 500 mil millones de años]

Las *Torres de Hanoi*

Queremos resolver el *juego* en el menor número de pasos posible

¿Qué disco hay que mover en cada paso y a dónde?

Identifiquemos los elementos (torre de cuatro discos):



Cada pilar se identifica con una letra

Mover del pilar X al pilar Y:

Coger el disco superior de X y ponerlo encima de los que haya en Y

Las *Torres de Hanoi*

Resolución del problema en base a problemas más pequeños

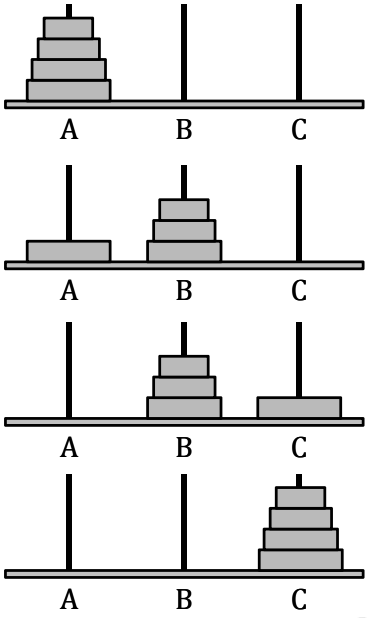
Mover N discos del pilar A al pilar C:

- Mover N-1 discos del pilar A al pilar B
- Mover el disco del pilar A al pilar C
- Mover N-1 discos del pilar B al pilar C

Para llevar N discos de un pilar *origen* a otro *destino* se usa el tercero como *auxiliar*

- Mover N-1 discos del *origen* al *auxiliar*
- Mover el disco del *origen* al *destino*
- Mover N-1 discos del *auxiliar* al *destino*

Mover 4 discos de A a C



Las *Torres de Hanoi*

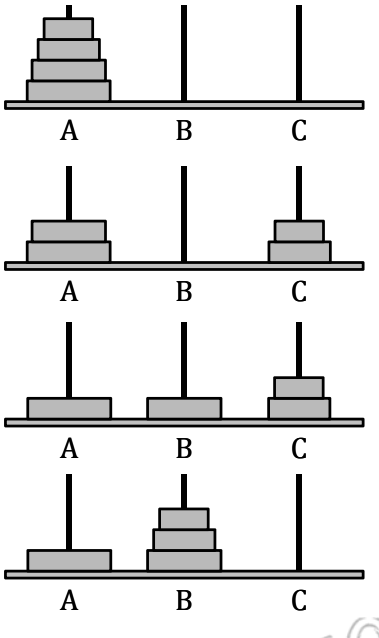
Mover N-1 discos se hace igual, pero usando ahora otros origen y destino

Mover N-1 discos del pilar A al pilar B:

- Mover N-2 discos del pilar A al pilar C
- Mover el disco del pilar A al pilar B
- Mover N-2 discos del pilar C al pilar B

Naturaleza recursiva de la solución

Mover 3 discos de A a B



Simulación para 4 discos (wikipedia.org)

Las *Torres de Hanoi*

hanoi.cpp

Caso base: no quedan discos que mover

```
...
void hanoi(int n, char origen, char destino, char auxiliar) {
   if (n > 0) {
      hanoi(n - 1, origen, auxiliar, destino);
      cout << origen << " --> " << destino << endl;
      hanoi(n - 1, auxiliar, destino, origen);
   }
}

int main() {
   int n;
   cout << "Número de torres: ";
   cin >> n;
   hanoi(n, 'A', 'C', 'B');

   return 0;
}
```

```
Número de torres: 4
A --> C
A --> B
C --> B
A --> C
B --> A
B --> C
A --> C
A --> B
C --> B
C --> A
B --> A
C --> B
A --> C
A --> B
C --> B
```

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Recursión frente a iteración

Luis Hernández Yáñez

Recursión frente a iteración

```
long long int factorial(int n) {
   long long int fact;

   assert(n >= 0);

   if (n == 0) {
      fact = 1;
   }
   else {
      fact = n * factorial(n - 1);
   }

   return fact;
}
```

```
long long int factorial(int n) {
   long long int fact = 1;

   assert(n >= 0);

   for (int i = 1; i <= n; i++) {
      fact = fact * i;
   }

   return fact;
}
```


Recursión frente a iteración

¿Qué es preferible?

Cualquier algoritmo recursivo tiene uno iterativo equivalente

Los recursivos son menos eficientes que los iterativos:

Sobrecarga de las llamadas a subprograma

Si hay una versión iterativa sencilla, será preferible a la recursiva

En ocasiones la versión recursiva es mucho más simple

Será preferible si no hay requisitos de rendimiento

Compara las versiones recursivas del factorial o de los números de Fibonacci con sus equivalentes iterativas

¿Y qué tal una versión iterativa para los números de Ackermann?

Estructuras de datos recursivas

Luis Hernández Yáñez

Definición recursiva de listas

Ya hemos definido de forma recursiva alguna estructura de datos:

Secuencia { elemento seguido de una secuencia
secuencia vacía (ningún elemento)

Las listas son secuencias:

Lista { elemento seguido de una lista
lista vacía (ningún elemento) (Caso base)

La lista 1, 2, 3 consiste en el elemento 1 seguido de la lista 2, 3, que, a su vez, consiste en el elemento 2 seguido de la lista 3, que, a su vez, consiste en el elemento 3 seguido de la lista vacía (caso base)

Hay otras estructuras con naturaleza recursiva (p.e., los árboles) que estudiarás en posteriores cursos

Luis Hernández Yáñez

Estructuras de datos recursivas

Procesamiento de estructuras de datos recursivas

Naturaleza recursiva de las estructuras: procesamiento recursivo

Procesar (lista):

Si lista no vacía (caso base):

Procesar el primer elemento de la lista // Código anterior

Procesar (resto(lista))

Procesar el primer elemento de la lista // Código posterior

resto(lista): sublista tras quitar el primer elemento

Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Fundamentos de la programación

AP Apéndice: Archivos binarios

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Ingeniería del Software
Grado en Ingeniería de Computadores

Luis Hernández Yáñez
Facultad de Informática
Universidad Complutense

Índice

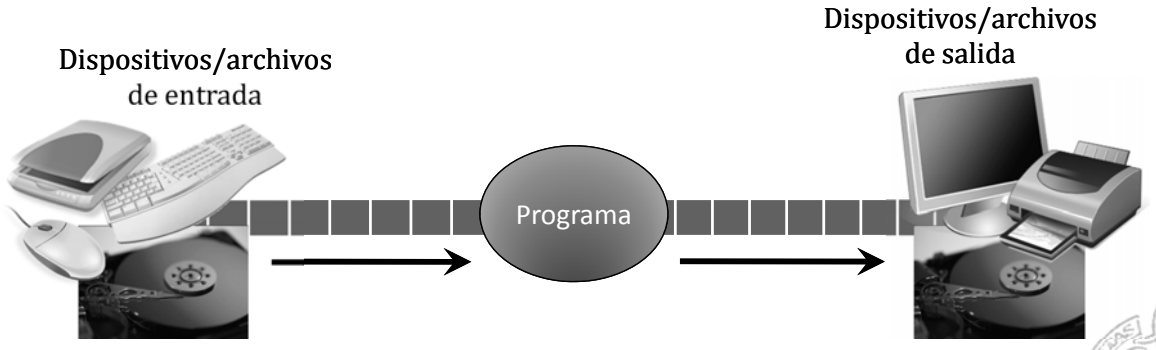
Flujos

Luis Hernández Yáñez

Entrada/salida

Flujos

- Canalizan la E/S entre los dispositivos y el programa
- En forma de secuencias de caracteres
- La entrada puede proceder de un dispositivo o de un archivo
- La salida puede dirigirse a un dispositivo o a un archivo
- Siempre por medio de flujos



Luis Hernández Yáñez

Flujos

Flujos de texto y binarios

- ✓ Flujo de texto: contiene una secuencia de caracteres

T	o	t	a	l	:		1	2	3	.	4	↵	A	…

- ✓ Flujo binario: contiene una secuencia de códigos binarios.

A0	25	2F	04	D6	FF	00	27	6C	CA	49	07	5F	A4	…

(Códigos representados en notación hexadecimal.)

Lo que signifiquen los códigos dependerá del programa que use el archivo

En ambos casos se trata de una secuencia de caracteres

En el segundo caso se interpretan como códigos binarios

Sin contemplar caracteres especiales como `\n` o `\t`

Ya hemos usado flujos de texto para E/S por consola/archivos

Fundamentos de la programación

Archivos binarios

Archivos

Codificación textual y binaria

Datos numéricos: se pueden guardar en forma textual o binaria

```
int dato = 124567894;
```

Representación como texto: caracteres `'1' '2' '4' '5' '6' ...`

Flujo de texto

9 caracteres (se guarda el código ASCII de cada uno)

Representación binaria:

`00000111 01101100 11000001 01010110` Hex: `07 6C C1 56`

Flujo binario

4 *caracteres* interpretados como códigos binarios

Archivos binarios

El operador `sizeof()`

En los archivos binarios se manejan códigos binarios (bytes)

`sizeof()` (palabra clave): bytes que ocupa en memoria algo

Se aplica a un dato o a un tipo char ≡ byte

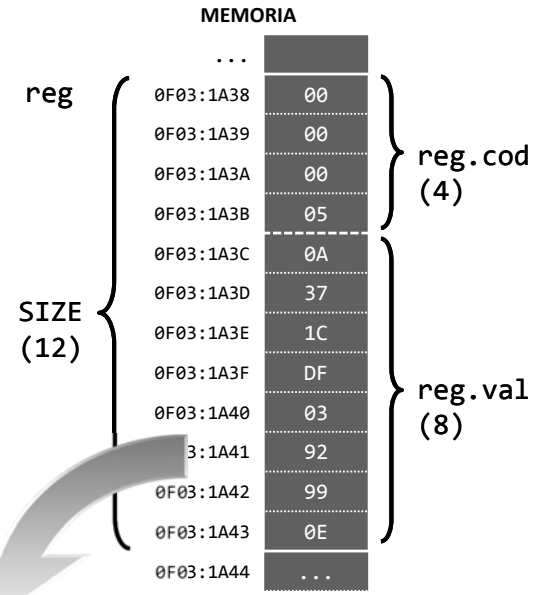
```
const int Max = 80;
typedef char tCadena[Max];
typedef struct {
   int codigo;
   tCadena item;
   double valor;
} tRegistro;
const int SIZE = sizeof(tRegistro);
```

En un archivo binario un dato del tipo `tRegistro` ocupará exactamente `SIZE` *caracteres*

El operador sizeof()

```
typedef struct {
   int cod;
   double val;
} tRegistro;
tRegistro reg;
const int SIZE = sizeof(reg);
...
```

Posiciones de memoria usadas →



Se guardan los SIZE bytes:

Flujo binario

00	00	00	05	0A	37	1C	DF	03	92	99	0E		

Alineamiento a tamaño de palabra

Por eficiencia, algunos campos de una estructura se pueden forzar a ocupar un múltiplo del tamaño de palabra del sistema

Tamaño de palabra (4, 8, 16, ... bytes): dato más pequeño que se lee de la memoria (aunque se usen sólo algunos de los bytes)

Así, el tamaño real de las estructuras puede ser mayor que la simple suma de los tamaños de cada tipo

Por ejemplo:

```
typedef struct {
   char c;
   int i;
} tRegistro;
const int SIZE = sizeof(tRegistro);
```

char (1 byte) + int (4 bytes) SIZE toma el valor 8 (4 + 4), no 5

char + int + double → 24 bytes (8 + 8 + 8)

NOTA: El tamaño de palabra y los tamaños de los tipos dependen del sistema concreto

Apertura de archivos binarios

Luis Hernández Yáñez

Apertura de archivos binarios

Biblioteca `fstream`

Archivos binarios: tipo `fstream`

Apertura: función `open(`*`nombre, modo`*`)`

Nombre: `char[]` (función `c_str()` para cadenas de tipo `string`)

Modos de apertura del archivo:

Modo	Significado
`ios::app`	*Añadir*: permite seguir escribiendo a partir del final
`ios::binary`	*Binario*: tratar el archivo como archivo binario
`ios::in`	*Entrada*: archivo para leer de él
`ios::out`	*Salida*: archivo para escribir en él
`ios::trunc`	*Truncar*: borrar todo lo que haya y empezar de nuevo

Concatenación de modos: operador | (O binaria: *suma bit a bit*)

```
archivo.open("entrada.dat", ios::in | ios::binary);
```

Luis Hernández Yáñez

Lectura de archivos binarios (acceso secuencial)

Luis Hernández Yáñez

Lectura de archivos binarios

archivo.read(*puntero_al_búfer, número*)

búfer: variable destino de los caracteres leídos

Pasado como puntero a secuencia de caracteres

Referencia (&) a la variable destino

Molde de puntero a carácter (`char *`)

número: cantidad de caracteres a extraer del archivo

→ Operador `sizeof()`

Archivo abierto con los modos `ios::in` e `ios::binary`

```
archivo.read( (char *) &registro, sizeof(tRegistro));
```

Los caracteres leídos se interpretan como códigos binarios

Luis Hernández Yáñez

Lectura de archivos binarios

Éxito o fallo de la lectura

Función `gcount()`

Nº de caracteres realmente leídos en la última operación

Si coincide con el número que se solicitaron leer: OK

Si son menos, se ha alcanzado el final del archivo: Fallo

```
tRegistro registro;
fstream archivo;
archivo.open("entrada.dat", ios::in | ios::binary);
archivo.read( (char *) &registro, sizeof(tRegistro));
if (archivo.gcount() < sizeof(tRegistro)) {
   // Fallo en la lectura
}
else {
   // Lectura OK
   ...
```


Lectura de archivos binarios

`leer.cpp`

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <fstream>
#include "registro.h"

int main() {
   tRegistro registro;
   fstream archivo;
   archivo.open("bd.dat", ios::in | ios::binary);
   archivo.read( (char *) &registro, SIZE);
   int cuantos = archivo.gcount();
   while (cuantos == SIZE) {
      mostrar(registro);
      archivo.read( (char *) &registro, SIZE);
      cuantos = archivo.gcount();
   }
   archivo.close();
   return 0;
}
```

```
   12345 - Disco duro                    -   123.59 euros
  324356 - Placa base core i7            -   234.50 euros
    2121 - Multipuerto USB               -    15.00 euros
   54354 - Disco externo 500 Gb          -    97.80 euros
  112341 - Procesador AMD                -   132.95 euros
66678325 - Marco digital 2 Gb            -    78.99 euros
  600673 - Monitor 22" Nisu              -   154.50 euros
   11111 - Disco externo 1 Tb            -   125.95 euros
```

¡No olvides cerrar el archivo!

Lectura de archivos binarios

registro.h

El tipo `tRegistro`

```
const int Max = 80;
typedef char tCadena[Max];
typedef struct {
   int codigo;
   tCadena item;
   double valor;
} tRegistro;
const int SIZE = sizeof(tRegistro);
```

¿Por qué usamos cadenas al estilo de C?

`string`: tamaño variable en memoria

Requieren un proceso de *serialización*

Las cadenas al estilo de C siempre ocupan lo mismo en memoria

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Escritura en archivos binarios (acceso secuencial)

Luis Hernández Yáñez

Escritura en archivos binarios

archivo.write(*puntero_al_búfer, número*)

búfer: origen de los caracteres a escribir en el archivo

Pasado como puntero a secuencia de caracteres

Referencia (&) a la variable destino

Molde de puntero a carácter (`char *`)

número: cantidad de caracteres a escribir en el archivo

→ Operador `sizeof()`

Archivo abierto con los modos `ios::out` e `ios::binary`

```
archivo.write( (char *) &registro, sizeof(tRegistro));
```

Se escriben tantos caracteres como celdas de memoria ocupe la variable `registro`

Escritura en archivos binarios

escribir.cpp

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <fstream>
#include "registro.h"

int main() {
   tRegistro registro;
   fstream archivo;
   archivo.open("bd2.dat", ios::out | ios::binary);
   bool seguir = true;
   while (seguir) {
      cout << "Código: ";
      cin.sync();
      cin >> registro.codigo;
      cout << "Nombre: ";
      cin.sync();
      cin.getline(registro.item, Max); // Máx: 80
      ...
```


Escritura en archivos binarios

```
            cout << "Precio: ";
            cin.sync();
            cin >> registro.valor;
            archivo.write( (char *) &registro, SIZE);
            cout << "Otro [S/N]? ";
            char c;
            cin >> c;
            if ((c == 'n') || (c == 'N')) {
               seguir = false;
            }
         }
         archivo.close();

         return 0;
      }
```

¡No olvides cerrar el archivo!
(¡pérdida de datos!)

Fundamentos de la programación

Acceso directo o aleatorio

Archivos binarios: acceso directo

Acceso secuencial: empezando en el primero pasando a siguiente

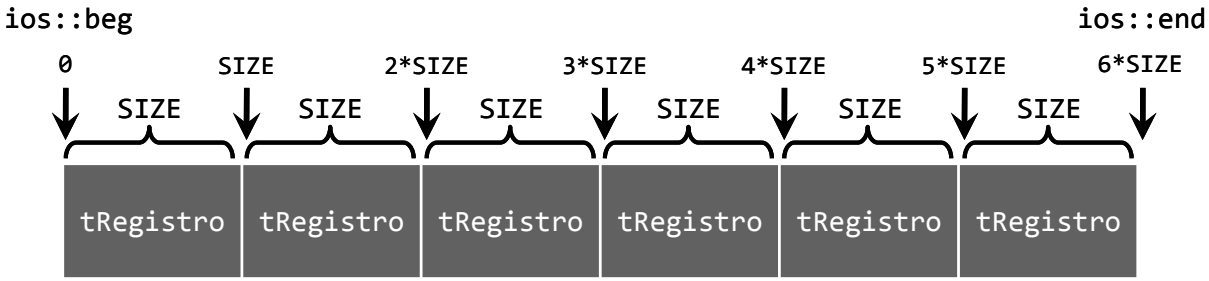
Acceso directo (también llamado aleatorio):

Para localizar registros individuales necesitamos otras rutinas:

- ✓ `tellg()`: lugar donde se encuentra el puntero del archivo
  Siguiente posición donde se realizará una lectura o escritura
- ✓ `seekg(`*`desplazamiento, origen`*`)`:
  Lleva el puntero del archivo a una posición concreta:
  desplazamiento caracteres desde el *origen* indicado
  Origen:
  `ios::beg`: principio del archivo
  `ios::cur`: posición actual
  `ios::end`: final del archivo

Luis Hernández Yáñez

Archivos binarios: acceso directo




```
const int SIZE = sizeof(tRegistro);
```

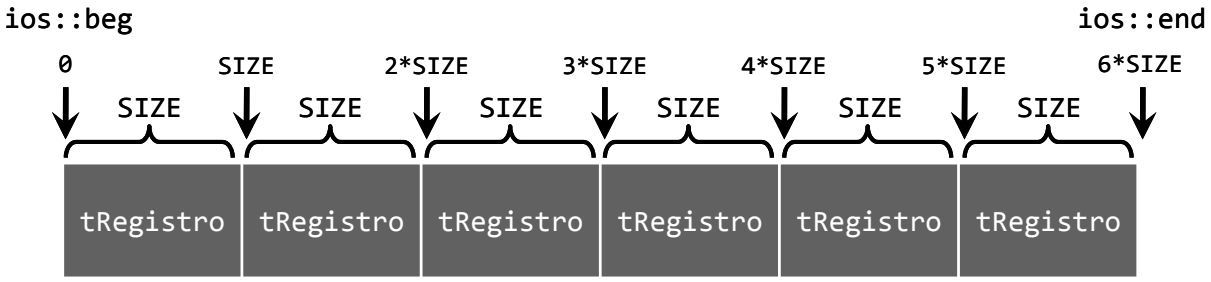
Cada registro ocupa `SIZE` caracteres en el archivo

¿Cuántos registros hay en el archivo?

```
archivo.seekg(0, ios::end); // 0 car. desde el final -> final
int pos = archivo.tellg(); // Total de caracteres del archivo
int numReg = pos / SIZE;
```

Luis Hernández Yáñez

Archivos binarios: acceso directo




```
const int SIZE = sizeof(tRegistro);
```

Poner el puntero del archivo en un nº de registro:

```
archivo.seekg((num - 1) * SIZE, ios::beg);
```

Luis Hernández Yáñez

Archivos binarios: acceso directo

Lecturas y escrituras

Una vez ubicado el puntero al principio de un registro,
se puede leer el registro o actualizar (escribir) el registro

Si se ubica al final, se puede añadir (escribir) un nuevo registro

Archivos binarios de lectura/escritura:

Se han de abrir con los modos `ios::in`, `ios::out` e `ios::binary`

```
archivo.open("bd.dat", ios::in | ios::out | ios::binary);
```

Ahora podemos tanto leer como escribir

Luis Hernández Yáñez

Acceso directo

actualizar.cpp

```
// Actualización de un registro
#include <iostream>
using namespace std;
#include <fstream>
#include "registro.h"

int main() {
   tRegistro registro;
   fstream archivo;

   archivo.open("bd.dat", ios::in | ios::out | ios::binary);
   archivo.seekg(0, ios::end);
   int pos = archivo.tellg();
   int numReg = pos / SIZE;
   cout << "Número de registros: " << numReg << endl;
   int num;
   cout << "Registro número? ";
   cin >> num;
   ...
```


Acceso directo

```
   if ((num > 0) && (num <= numReg)) {
      archivo.seekg((num - 1) * SIZE, ios::beg);
      archivo.read( (char *) &registro, SIZE);
      mostrar(registro);
      cout << endl << "Cambiar nombre [S/N]? ";
      char c;
      cin.sync();
      cin >> c;
      if ((c == 's') || (c == 'S')) {
         cout << "Nombre: ";
         cin.sync();
         cin.getline(registro.item, 80);
      }
      cout << endl << "Cambiar precio [S/N]? ";
      cin.sync();
      cin >> c;
      if ((c == 's') || (c == 'S')) {
         cout << "Precio: ";
         cin >> registro.valor;
      }
      ...
```


Acceso directo

```
            archivo.seekg((num - 1) * SIZE, ios::beg);
            archivo.write( (char *) &registro, SIZE);
            cout << endl << "Registro actualizado:" << endl;
            archivo.seekg((num - 1) * SIZE, ios::beg);
            archivo.read( (char *) &registro, SIZE);
            mostrar(registro);
        }
        archivo.close();
        return 0;
    }
```

```
Número de registros: 8
Registro número? 4
    54354 - Disco externo 500 Gb          -    97.80 euros

Cambiar nombre [S/N]? n

Cambiar precio [S/N]? s
Precio: 98.5

Registro actualizado:
    54354 - Disco externo 500 Gb          -    98.50 euros
```

Luis Hernández Yáñez

Fundamentos de la programación

Ejemplos de uso de archivos binarios

Luis Hernández Yáñez

Ordenación de los registros

ordenar.cpp

Mediante un acceso directo a los registros del archivo

Ordenaremos por el campo `item`

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <fstream>
#include <iomanip>
#include <cstring>
#include "registro.h"

const char BD[] = "lista.dat";

void mostrar();

...
```

Luis Hernández Yáñez

Ordenación de los registros

```
void mostrar() {
   fstream archivo;
   tRegistro registro;
   int cuantos;

   archivo.open(BD, ios::in | ios::binary);
   archivo.read( (char *) &registro, SIZE);
   cuantos = archivo.gcount();
   while (cuantos == SIZE) {
      mostrar(registro);
      archivo.read( (char *) &registro, SIZE);
      cuantos = archivo.gcount();
   }
   archivo.close();
}
...
```

Luis Hernández Yáñez

Ordenación de los registros

```
int main() {

   mostrar();
```

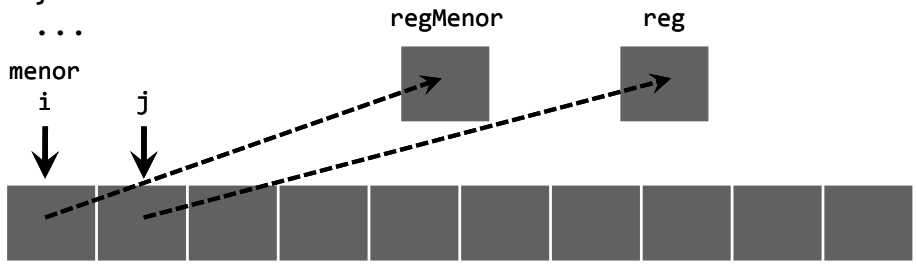
Orden inicial

```
12345 - Memoria 4Gb                    -   120.95 euros
13427 - Memoria USB 2Gb                -    32.50 euros
21115 - Multipuerto USB 4x1            -    12.95 euros
33241 - Memoria 8Gb                    -   243.99 euros
37253 - Placa base core i7             -   178.95 euros
52236 - Multidrive DVD-X10             -    39.50 euros
57890 - Conversor VGA-DVI              -    19.95 euros
66638 - Unidad Blue-Ray                -    54.95 euros
71934 - Placa base core i3             -   125.00 euros
84956 - Memoria 2Gb                    -    76.96 euros
```

```
   fstream archivo;
   archivo.open(BD, ios::in | ios::out | ios::binary);
   archivo.seekg(0, ios::end);
   int pos = archivo.tellg();
   int numReg = pos / SIZE;
   ...
```

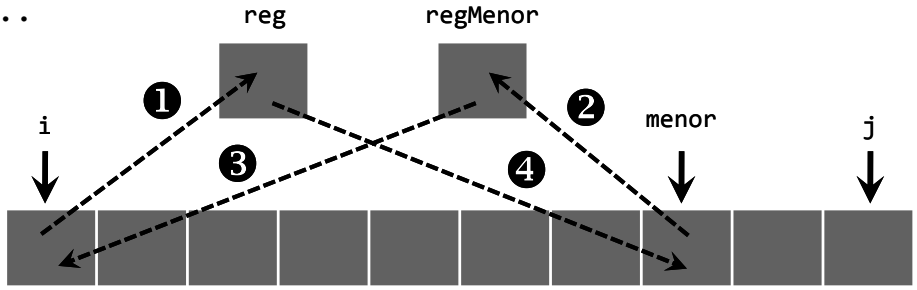

Ordenación de los registros

```
// Ordenamos con el método de selección directa
tRegistro regMenor, reg;
for (int i = 0; i < numReg - 1; i++) {
   int menor = i;
   for (int j = i + 1; j < numReg; j++) {
      archivo.seekg(menor * SIZE, ios::beg);
      archivo.read( (char *) &regMenor, SIZE);
      archivo.seekg(j * SIZE, ios::beg);
      archivo.read( (char *) &reg, SIZE);
      if (strcmp(reg.item, regMenor.item) < 0) {
         menor = j;
      }
   }
   ...
```



Ordenación de los registros

```
            if (menor > i) { // Intercambiamos
               archivo.seekg(i * SIZE, ios::beg);
               archivo.read( (char *) &reg, SIZE);          ❶
               archivo.seekg(menor * SIZE, ios::beg);
               archivo.read( (char *) &regMenor, SIZE);     ❷
               archivo.seekg(i * SIZE, ios::beg);
               archivo.write( (char *) &regMenor, SIZE);    ❸
               archivo.seekg(menor * SIZE, ios::beg);
               archivo.write( (char *) &reg, SIZE);         ❹
            }
         }
         ...
```



Ordenación de los registros

```
      archivo.close();

      cout << endl << "Tras ordenar:" << endl << endl;
      mostrar();

      return 0;
   }
```

```
Tras ordenar:
    57890 - Conversor VGA-DVI              -    19.95 euros
    84956 - Memoria 2Gb                    -    76.96 euros
    12345 - Memoria 4Gb                    -   120.95 euros
    33241 - Memoria 8Gb                    -   243.99 euros
    13427 - Memoria USB 2Gb                -    32.50 euros
    52236 - Multidrive DVD-X10             -    39.50 euros
    21115 - Multipuerto USB 4x1            -    12.95 euros
    71934 - Placa base core i3             -   125.00 euros
    37253 - Placa base core i7             -   178.95 euros
    66638 - Unidad Blue-Ray                -    54.95 euros
```


Búsqueda binaria

buscar.cpp

Archivo binario ordenado; por código

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <fstream>
#include "registro.h"

const char BD[] = "ord.dat";

void mostrar();

int main() {
   mostrar();
   tRegistro registro;
   fstream archivo;
   ...
```


Búsqueda binaria

```
   archivo.open(BD, ios::in | ios::binary);
   archivo.seekg(0, ios::end);
   int pos = archivo.tellg();
   int numReg = pos / SIZE;
   int buscado;
   cout << "Código a buscar: ";
   cin >> buscado;
   int ini = 0, fin = numReg - 1, mitad;
   bool encontrado = false;
   while ((ini <= fin) && !encontrado) {
      mitad = (ini + fin) / 2;
      archivo.seekg(mitad * SIZE, ios::beg);
      archivo.read( (char *) &registro, SIZE);
      if (buscado == registro.codigo) {
         encontrado = true;
      }
      else if (buscado < registro.codigo) {
         fin = mitad - 1;
      }
      ...
```


Búsqueda binaria

```
            else {
               ini = mitad + 1;
            }
         }
         if (encontrado) {
            int pos = mitad + 1;
            cout << "Encontrado en la posición " << pos << endl;
            mostrar(registro);
         }
         else {
            cout << "No encontrado!" << endl;
         }
         archivo.close();

         return 0;
      }

      ...
```


Inserción en un archivo ordenado `insertar.cpp`

Ordenado por el campo `codigo`

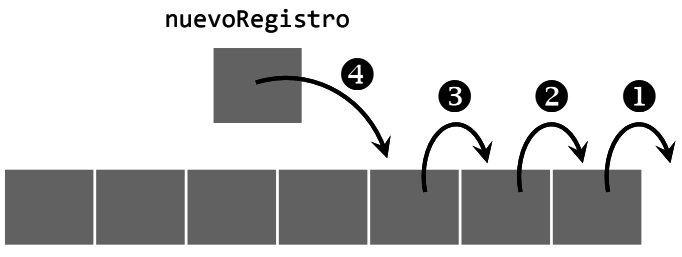
```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <fstream>
#include "registro.h"

const char BD[] = "ord2.dat";

void mostrar();

int main() {
   mostrar();
   tRegistro nuevoRegistro = nuevo(), registro;
   fstream archivo;
   archivo.open(BD, ios::in | ios::out | ios::binary);
   archivo.seekg(0, ios::end);
   int pos = archivo.tellg();
   int numReg = pos / SIZE;
   ...
```


Inserción en un archivo ordenado

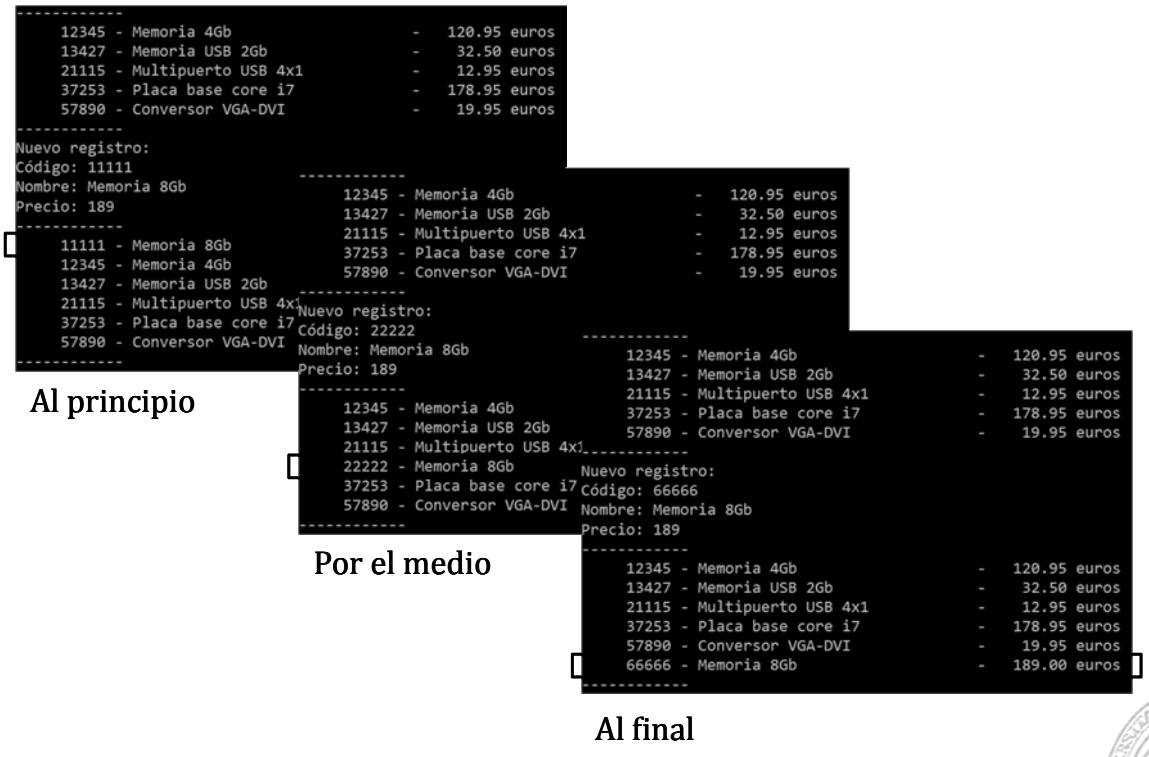
```
pos = 0;
bool encontrado = false;
archivo.seekg(0, ios::beg);
while ((pos < numReg) && !encontrado) {
   archivo.read( (char *) &registro, SIZE);
   if (registro.codigo > nuevoRegistro.codigo) {
      encontrado = true;
   }
   else {
      pos++;
   }
}
if (pos == numReg) { // Debe ir al final
   archivo.seekg(0, ios::end);
   archivo.write( (char *) &nuevoRegistro, SIZE);
}
...
```


Inserción en un archivo ordenado

```
else { // Hay que hacer hueco
   for (int i = numReg - 1; i >= pos; i--) {
      archivo.seekg(i * SIZE, ios::beg);
      archivo.read( (char *) &registro, SIZE);
      archivo.seekg((i + 1) * SIZE, ios::beg);
      archivo.write( (char *) &registro, SIZE);
   }
   archivo.seekg(pos * SIZE, ios::beg);
   archivo.write( (char *) &nuevoRegistro, SIZE);
}
archivo.close();

mostrar();

return 0;
}
```



Inserción en un archivo ordenado



Carga de los registros en una tabla

tabla.cpp

```
void cargar(tTabla &tabla, bool &ok) {
   ok = true;
   fstream archivo;
   archivo.open(BD, ios::in | ios::binary);
   if (!archivo.is_open()) {
      ok = false;
   }
   else {
      archivo.seekg(0, ios::end);
      int pos = archivo.tellg();
      int numReg = pos / SIZE;
      tabla.cont = 0;
      tRegistro registro;
      archivo.seekg(0, ios::beg);
      for (int i = 0; i < numReg; i++) {
         archivo.read( (char *) &registro, SIZE);
         tabla.registros[tabla.cont] = registro;
         tabla.cont++;
      }
      archivo.close();
   }
```


Almacenamiento de la tabla

tabla.cpp

```
void guardar(tTabla tabla) {
   fstream archivo;
   archivo.open(BD, ios::out | ios::binary | ios::trunc);
   for (int i = 0; i < tabla.cont; i++) {
      archivo.write( (char *) &tabla.registros[i], SIZE);
   }
   archivo.close();
}
```


Carga y almacenamiento

bd.cpp

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "registro.h"
#include "tabla.h"

int main() {
   tTabla tabla;
   tTabla ok;
   cargar(tabla, ok);
   if (!ok) {
      cout << "Error al abrir el archivo!" << endl;
   }
   else {
      mostrar(tabla);
      insertar(tabla, nuevo(), ok);
      mostrar(tabla);
      guardar(tabla);
   }
   return 0;
}
```


Acerca de *Creative Commons*

Licencia CC (Creative Commons)

Este tipo de licencias ofrecen algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones.

Este documento tiene establecidas las siguientes:

- Reconocimiento (*Attribution*):
  En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
- No comercial (*Non commercial*):
  La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- Compartir igual (*Share alike*):
  La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Pulsa en la imagen de arriba a la derecha para saber más.

Luis Hernández Yáñez