TEMA 5

POLIMORFISMO

Cristina Cachero, Pedro J. Ponce de León

4 Sesiones (6 horas)

Versión 1.1

Tema 4. Polimorfismo
Objetivos básicos

- Comprender el concepto de polimorfismo
- Conocer y saber utilizar los diferentes tipos de polimorfismo.
- Comprender el concepto de enlazado estático y dinámico en los lenguajes OO.
- Comprender la relación entre polimorfismo y herencia en los lenguajes fuertemente tipados.
- Apreciar la manera en que el polimorfismo hace que los sistemas sean extensibles y mantenibles.

Indice

1. Motivación

- Objetivo de la POO
  - Aproximarse al modo de resolver problemas en el mundo real.

- El polimorfismo es el modo en que los lenguajes OO implementan el concepto de **polisemia** del mundo real:
  - Un único nombre para muchos significados, según el contexto.

1. Conceptos previos
Signatura

- **Signatura de tipo** de un método:
  - Descripción de los tipos de sus argumentos, su orden y el tipo devuelto por el método.
    - Notación: ***<argumentos> → <tipo devuelto>***
    - Omitimos el nombre del método y de la clase a la que pertenece
  - Ejemplos

```
double power (double base, int exp)
```

      - ***double * int → double***

```
double Posicion::distanciaA(const Posicion& p)
```

      - ***Posicion → double***

1. Conceptos previos: **Ámbito**

- **Ámbito de un nombre**:
  - Porción del programa en la cual un nombre puede ser utilizado de una determinada manera.
  - Ejemplo:

    `double power (double base, int exp)`
    - La variable *`base`* sólo puede ser utilizada dentro del método `power`
  - **Ámbitos activos**: puede haber varios simultáneamente
    - Las clases, los cuerpos de métodos, cualquier bloque de código define un ámbito:

```
class A {
  int x,y;
  public:
    void f() {
      // Ámbitos activos:
      // GLOBAL
      // CLASE (atribs. de clase y de instancia)
      // METODO (argumentos, var. locales)
      if (…) {
        string s;
        // ámbito LOCAL (var. locales)
      }
}
```

1. Conceptos previos: Ámbito: **Espacio de nombres**

- Un **espacio de nombres** es un ámbito con nombre
  - Agrupa declaraciones (clases, métodos, objetos…) que forman una unidad lógica.
    - C++: `namespace`

Graficos.h
(declaraciones agrupadas)

```
namespace Graficos {
  class Circulo {…};
  class Rectangulo {…};
  class Lienzo {…};
  …
}
```

Circulo.h
(cada clase en su .h)

```
namespace Graficos {
  class Circulo {…};
}
```

Rectangulo.h

```
namespace Graficos {
  class Rectangulo {…};
}
```

1. Conceptos previos: Ámbito: **Espacio de nombres**

- Un **espacio de nombres** es un ámbito con nombre
  - Agrupa declaraciones (clases, métodos, objetos…) que forman una unidad lógica.
    - Java: paquetes (package)

Circulo.java

```
package Graficos;

class Circulo {…}
```

Rectangulo.java

```
package Graficos;

class Rectangulo {…}
```

1. Conceptos previos: Ámbito: **Espacio de nombres**

- C++: cláusula **`using`**

```
#include "Graficos.h"
int main() {
  Graficos::Circulo c;
  Graficos::Rectangulo r;
  c.setRadio(4);
  double a = r.getArea();
}
```

```
#include "Graficos.h"
using Graficos::Circulo;
int main() {
  Circulo c;
  Graficos::Rectangulo r;
  c.setRadio(4);
  double a = r.getArea();
}
```

1. Conceptos previos: Ámbito: **Espacio de nombres**

- C++ : cláusula **`using namespace`**

```
#include “Graficos.h”
int main() {
  Graficos::Circulo c;
  Graficos::Rectangulo r;
  c.setRadio(4);
  double a = r.getArea();
}
```

```
#include “Graficos.h”
using namespace Graficos;
int main() {
  Circulo c;
  Rectangulo r;
  c.setRadio(4);
  double a = r.getArea();
}
```

1. Conceptos previos: Ámbito: **Espacio de nombres**

- Java : instrucción **`import`**

```
class Main {
  public static void main(String args[]) {
    Graficos.Circulo c;
    c.pintar(System.out);
  }
}
```

```
import Graficos.*;
class Main {
  public static void main(String args[]) {
    Circulo c;
    c.pintar(System.out);
  }
}
```

1. Conceptos previos:
Sistema de tipos

- Un sistema de tipos de un lenguaje asocia un tipo a cada expresión, con el objetivo de evitar errores en el código. Para ello proporciona
  - Un mecanismo para definir tipos y asociarlos a las expresiones.

```
class A {}; // definición de un tipo en C++
A objeto; // objeto es de tipo A
```

  - Un conjunto de reglas para determinar la equivalencia o compatibilidad entre tipos.

```
string s = “una cadena”;
int a = 10;
long b = 100;
a = s; // ERROR en C++, los tipos ‘string’ e ‘int’ no son compatibles
b = a; // OK en C++
```

1. Conceptos previos:
Sistema de tipos

- Según sea el mecanismo que asocia (enlaza) tipos y expresiones, tendremos:

  - Sistema de tipos **estático**
    - El enlace se realiza en tiempo de compilación. Las variables tienen siempre asociado un tipo.

```
string s; // (C++) 's' se define como una cadena.
```

  - Sistema de tipos **dinámico**
    - El enlace se realiza en tiempo de ejecución. El tipo se asocia a los valores, no a las variables.

```
my $a; //(Perl) 'a' es una variable
$a = 1; //  'a' hace referencia a un entero…
$a = "POO"; // … y ahora a una cadena
```

1. Conceptos previos:
Sistema de tipos

- Según las reglas de compatibilidad entre tipos, tendremos:
  - Sistema de tipos **fuerte**
    - Las reglas de conversión implícita entre tipos del lenguaje son muy estrictas:

```
int a=1;
bool b=true;
a+b; // ERROR
```

  - Sistema de tipos **débil**
    - El lenguaje permite la conversión implícita entre tipos

```
int a=1;
bool b=true;
a+b; // OK
```

Nota: 'fuerte' y 'débil' son términos relativos: un lenguaje puede tener un sistema de tipos más fuerte/débil que otro.

1. Conceptos previos:
Sistema de tipos

- El **sistema de tipos** de un lenguaje determina su soporte al enlace dinámico:
  - **Lenguajes Procedimentales**: habitualmente tiene sistemas de tipos estáticos y fuertes y en general no soportan enlace dinámico: el *tipo* de toda expresión (identificador o fragmento de código) se conoce en tiempo de compilación.
    - C, Fortran, BASIC
  - **Lenguajes orientados a objetos**:
    - Con sistema de tipos estático (C++, Java, C#, Objective-C, Pascal…)
      - Sólo soportan enlace dinámico dentro de la *jerarquía de tipos* a la que pertenece una expresión (identificador o fragmento de código).
    - Con sistema de tipos dinámico (Javascript, PHP, Python, Ruby,…)
      - soportan enlace dinámico (obviamente)

Indice

2. Polimorfismo
Definición

- **Capacidad de una entidad de referenciar distintos elementos en distintos instantes de tiempo.**

  - Estudiaremos cuatro formas de polimorfismo, cada una de las cuales permite una forma distinta de **reutilización de software**:

    - Sobrecarga
    - Sobreescritura
    - Variables polimórficas
    - Genericidad

Tipos de polimorfismo

- **Sobrecarga (*Overloading*, Polimorfismo ad-hoc)**
  - Un sólo nombre de método y muchas implementaciones distintas.
  - Las funciones sobrecargadas normalmente se distinguen en tiempo de compilación por tener distintos parámetros de entrada y/o salida.

```
Factura::imprimir()
Factura::imprimir(int numCopias)
ListaCompra::imprimir()
```

- **Sobreescritura (*Overriding*, Polimorfismo de inclusión)**
  - Tipo especial de sobrecarga que ocurre dentro de relaciones de herencia en métodos con enlace dinamico.
  - Dichos métodos, definidos en clases base, son refinados o reemplazados en las clases derivadas.

Tipos de polimorfismo

- **Variables polimórficas** (Polimorfismo de asignación)
  - Variable que se declara con un tipo pero que referencia en realidad un valor de un tipo distinto (normalmente relacionado mediante herencia).

```
Recurso *pr = new Imagen;
```

- **Genericidad** (plantillas o *templates*)
  - Clases o métodos parametrizados (algunos elementos se dejan sin definir).
  - Forma de crear herramientas de propósito general (clases, métodos) y especializarlas para situaciones específicas.

```
Lista<Cliente> clientes;
Lista<Articulo> articulos;
Lista<Alumno> alumnos;
```

Indice

3. Sobrecarga (*Overloading*, polimorfismo *ad-hoc*)

- Un mismo nombre de mensaje está asociado a varias implementaciones
- La sobrecarga se realiza en **tiempo de compilación** (enlace estático) en función de la signatura completa del mensaje.

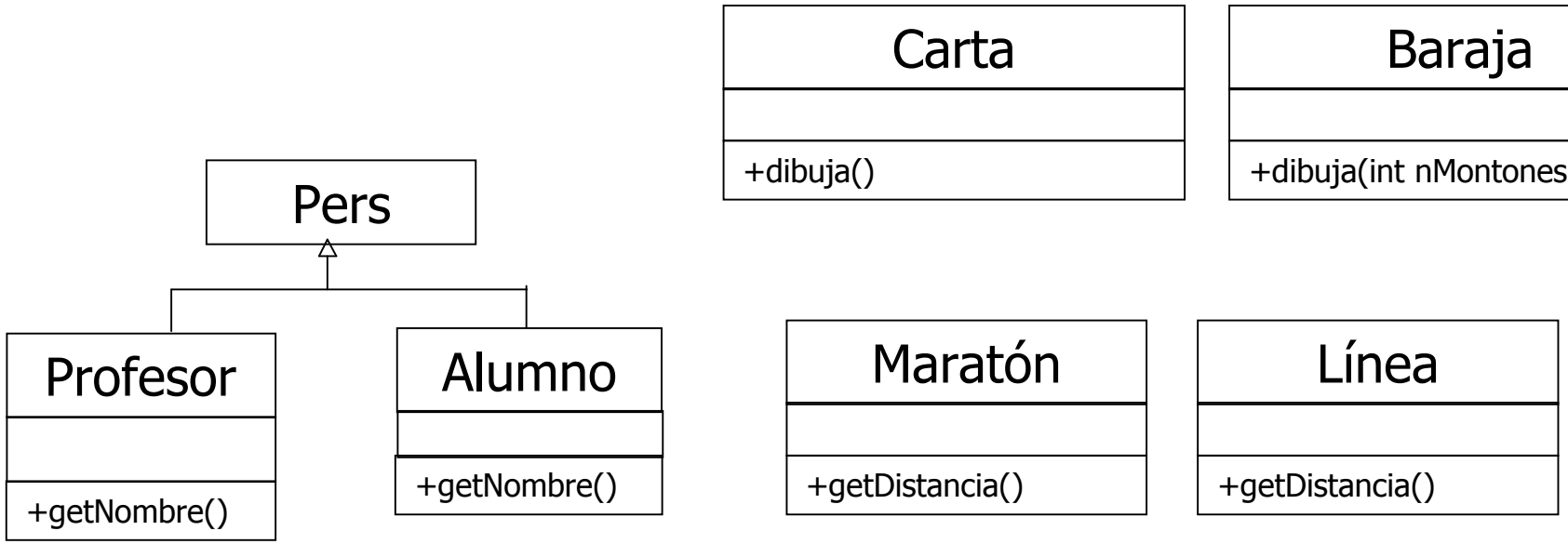
- Dos tipos de sobrecarga:

  - **Basada en ámbito**: Métodos con **diferentes ámbitos de definición**, independientemente de sus signaturas de tipo.
    - P. ej. Sobrecarga de operadores como funciones miembro.

  - **Basada en signatura**: Métodos con **diferentes signaturas de tipo en el mismo ámbito de definición.**

Sobrecarga basada en **ámbito**

- Distintos ámbitos implican que el mismo nombre de método puede aparecer en ellos sin ambigüedad.
- La signatura de tipo puede ser la misma.

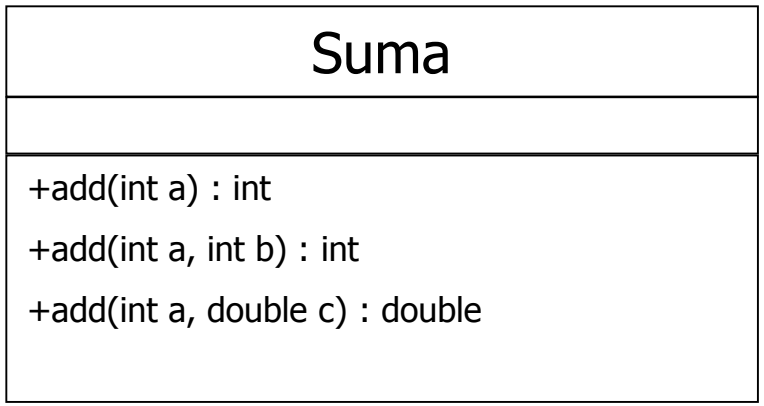


- ¿Son Profesor y Alumno ámbitos distintos?
- ¿Y Pers y Profesor?

Sobrecarga basada en **signaturas de tipo**

- Métodos en el mismo ámbito pueden compartir el mismo nombre siempre que difieran en número, orden y tipo de los argumentos que requieren (el tipo devuelto no se tiene en cuenta).
  - C++ y Java permiten esta sobrecarga de manera implícita siempre que la selección del método requerido por el usuario pueda establecerse de manera no ambigua en tiempo de compilación.
    - Esto implica que la signatura no puede distinguirse sólo por el tipo de retorno

```
int f() {}
string f() {}
cout << f(); // ???
```



Sobrecarga basada en signaturas de tipo

- Ejercicio: Si usamos sobrecarga basada en signatura de tipos, ¿qué ocurre cuando los tipos son diferentes pero relacionados por herencia?

```
class Padre{…};
class Hijo: public Padre{…};
void Test (Padre *p) {cout << "padre";};
void Test (Hijo *h) {cout << "hijo";}; //sobrecarga
int main(){
    Padre *obj;
    int tipo;cin>>tipo;
    if (tipo==1) obj=new Padre();
    else obj=new Hijo(); //ppio de sustitución
    Test (obj); //¿a quién invoco?
}
```

Sobrecarga basada en signaturas de tipo

- **No todos los LOO permiten la sobrecarga:**
  - Permiten sobrecarga de métodos y operadores: C++
  - Permiten sobrecarga de métodos pero no de operadores: Java, Python, Perl
  - Permiten sobrecarga de operadores pero no de métodos: Eiffel

Sobrecarga de operadores en C++

- Dentro de la sobrecarga basada en signaturas de tipo, tiene especial relevancia la **sobrecarga de operadores**
- **Uso**: Utilizar operadores tradicionales con tipos definidos por el usuario.
- Forma de sobrecargar un operador @:

```
<tipo devuelto> operator@(<args>)
```

- Para utilizar un operador con un objeto de tipo definido por usuario, éste debe ser sobrecargado.
  - Definidos por defecto: operador de asignación (=) y el operador de dirección (&)
    - El operador dirección (&) por defecto devuelve la dirección del objeto.
    - El operador asignación por defecto asigna campo a campo.

Sobrecarga de operadores en C++

- En la sobrecarga de operadores no se puede cambiar
  - *Precedencia* (qué operador se evalúa antes)
  - *Asociatividad* `a=b=c` ➔ `a=(b=c)`
  - *Aridad* (operadores binarios para que actúen como unarios o viceversa)

- No se pueden crear nuevos operadores

- No se pueden sobrecargar operadores para tipos predefinidos.

- Se pueden sobrecargar todos los operadores definidos en C++ como unarios y binarios excepto "**.**", "**.***", "**::**", **sizeof, "? :"**.

Sobrecarga de operadores en C++

- La sobrecarga de operadores se puede realizar mediante funciones miembro o no miembro de la clase.
  - Como función miembro: el operando de la izquierda (en un operador binario) debe ser un objeto (o referencia a un objeto) de la clase.
    - Ejemplo: sobrecarga de + para la clase Complejo:

```
Complejo Complejo::operator+(const Complejo&)
…
Complejo c1(1,2), c2(2,-1);
c1+c2; // c1.operator+(c2);
c1+c2+c3; // c1.operator+(c2).operator+(c3)
```

Sobrecarga de operadores en C++

- Como función no miembro:
  - Útil cuando el operando de la izquierda no es miembro de la clase

Ejemplo: sobrecarga de operadores << y >> para la clase Complejo:

```
ostream& operator<<(ostream&, const Complejo&);
istream& operator>>(istream&, Complejo&);
…
Complejo c;
cout << c; // operator<<(cout,c)
cin >> c; //  operator>>(cin,c)
```

Sobrecarga de operadores en C++
Valor izquierdo, valor derecho

Valor-izquierdo (*L-value*)
Modificable, se puede poner a la izquierda de una asignación
Valor-derecho (*R-value*)
No modificable, no se puede asignar (expresiones, constantes, ...)

```
int a; // valor-izquierdo (se puede modificar)
const int x=1; // valor-derecho, (no se puede modificar)

int v[10];
v[3] = 7; //valor-izquierdo

int j,k;
j+k; // valor-derecho
j+k = 10; //ERROR, valor-derecho
```

Sobrecarga de operadores en C++
Ejemplo: operador [] en clase Vector

- Signatura operador corchete ([])
  - **<tipo>& operator[] (int índice)**
- Devuelve un valor-izquierdo

```
class Vector
{
  public:
    Vector(int ne=1) {
      num = ne;
      pV = new int[num];
    };
    ~Vector(){ delete [] pV; pV=NULL; }
    int& operator[](int i) {return pV[i];}

  private:
    int *pV; // array dinámico
    int num; // capacidad
};
```

Sobrecarga de operadores en C++
Ejemplo: operador [] en clase Vector

```
int main(){
    int num=10,i;
    Vector v(num);

    for (i=0; i<num; i++)
       v[i] = . . .; // v[i] como valor izquierdo

    for (i= 0; i< num; i++)
       cout << v[i] << endl;
       // v[i] como valor derecho
}
```

Alternativas a sobrecarga: Funciones con número variable de argumentos

- **Funciones poliádicas**
  - Funciones con número variable de argumentos
  - Se encuentran en distintos lenguajes
    - P. ej. printf de C y C++

- Si el número máximo de argumentos es conocido, en C++ podemos acudir a la definición de valores por defecto:

```
int sum (int e1, int e2, int e3=0, int e4=0);
```

Alternativas a sobrecarga: Coerción y Conversión

- En algunas ocasiones la sobrecarga puede sustituirse por una operación semánticamente diferente: **La COERCIÓN**
  - Un valor de un tipo se convierte DE MANERA IMPLÍCITA en un valor de otro tipo distinto
    - P.ej. Coerción implícita entre reales y enteros en C++.

```
double f(double);
f(3); // coerción de entero a real
```

    - El principio de sustitución en los LOO introduce además una forma de coerción que no se encuentra en los lenguajes convencionales

```
class B : A {…}
B* pb = new B();
A* pa = pb; // ppio. sustitución (coerción entre punteros)
```

Alternativas a sobrecarga: Coerción y Conversión

- Cuando el cambio en tipo es solicitado de manera explícita por el programador hablamos de **CONVERSIÓN**
  - El operador utilizado para solicitar esta conversión se denomina CAST
    - Ejemplo:
      - `double  x; int i;`
      - `x= i + x; // COERCION`
      - `x= (double)i + x; // CONVERSION`
    - En C++, dentro de una clase podemos definir el *cast*:
      - De un tipo externo al tipo definido por la clase:
        - Constructor con un solo parámetro del tipo desde el cual queremos convertir.
      - Del tipo definido por la clase a otro tipo distinto:
        - Implementación de un operador de conversión.

Alternativas a sobrecarga: Coerción y Conversión

```
class Fraccion{
    public:
      Fraccion(int n,int d):num(n),den(d){};
      int numerador(){return num;};
      int denominador(){return den;};
      Fraccion operator*(Fraccion &dcha){…};
    private: int num, den;
};
```

- Para poder realizar la conversión:

```
Fracción f=(Fraccion) 3; // f=Fraccion(3);
//pasar de entero a fracción
```

Sería necesario añadir a la clase fracción el constructor:

```
Fracción (int i) {num=i;den=1;};
```

Esto a su vez permitiría operaciones como

```
Fracción f(2,3),f2;
f2=f*3; // daría 6/3
```

Alternativas a sobrecarga: Coerción y Conversión

- Si además deseamos realizar la conversión:

```
double d = f * 3.14;
```

Sería necesario añadir a la clase fracción un operador de conversión a double:

```
operator double() { //SIN TIPO RETORNO
  return (numerador()/(double)denominador());
};
```

De forma que

```
double d=f*3.14;
double d= (double)f  * 3.14;
double d= double(f)  * 3.14;
```

invoca a `Fraccion::operator double()`

Indice

Sobrecarga en jerarquías de herencia

- **Shadowing**: Métodos con el mismo nombre, la misma signatura de tipo y enlace estático:
  - Refinamiento/reemplazo en clase derivada: las signaturas de tipo son las misma en clases base y derivadas. El método a invocar se decide en tiempo de compilación.
    - En C++ implica que el método no se declaró como virtual en clase base.
- **Redefinición**: Métodos con el mismo nombre y distinta signatura de tipo y enlace estático:
  - La clase derivada define un método con el mismo nombre que en la base pero con **distinta signatura de tipos**.

Sobrecarga en jerarquías de herencia

- Dos formas de resolver la **redefinición** en LOO:
  - Modelo ***merge*** (Java):
    - Los diferentes significados que se encuentran en todos los ámbitos actualmente activos se unen para formar una sola colección de métodos.
  - Modelo **jerárquico** (C++):
    - Una redefinición en clase derivada oculta el acceso directo a otras definiciones en la clase base:

```
class Padre{
  public: void ejemplo(int a){cout<<"Padre";};
};
class Hija: public Padre{
  public: void ejemplo (int a, int b){cout<<"Hija";};
};

int main(){
  Hija h;
  h.ejemplo(3); // OK en Java
                //pero ERROR DE COMPILACIÓN EN C++
  h.Padre::ejemplo(3); // OK (C++)
}
```

Sobrecarga en jerarquías de herencia
Sobreescritura

- Decimos que un método en una clase derivada sobreescribe un método en la clase base si los dos métodos tienen el mismo nombre, la misma signatura de tipos y enlace dinámico.
  - El método en la clase base tiene enlace dinámico (método virtual o abstracto).
  - Los métodos sobreescritos en clase derivada pueden suponer un reemplazo del comportamiento o un refinamiento del método base.
  - La resolución del método a invocar se produce en **tiempo de ejecución** (enlace dinámico) en función del tipo dinámico del receptor del mensaje.

Sobrecarga en jerarquías de herencia
Sobreescritura

- En C++ es la clase base la que debe indicar explícitamente que un método tiene enlace dinámico, y que por tanto puede ser sobreescrito (aunque no obliga a que lo sea).

  - Palabra reservada **`virtual`**.

```
class Padre{
    public: virtual int ejemplo(int a){cout<<"padre";};
};
class Hija : public Padre{
    public: int ejemplo (int a){cout<<"hija"};
};
```

```
Padre* p = new Hija();
p->ejemplo(10); // Hija::ejemplo(10)
```

Sobrecarga en jerarquías de herencia
Sobreescritura

- En otros lenguajes:
  - Java, Smalltalk:
    - la simple existencia de un método con el mismo nombre y signatura de tipos en clase base y derivada indica sobreescritura.
  - Object Pascal:
    - la clase derivada debe indicar que sobreescribe un método:

```
procedure setAncho(Ancho: single); override;
```

  - C#, Delphi Pascal:
    - exigen que tanto la clase base como la derivada lo indiquen.

Sobrecarga en jerarquías de herencia
Resumen

- Es importante distinguir entre **Sobreescritura, Shadowing y Redefinición**
  - **Sobreescritura**: la signatura de tipo para el mensaje es la misma en clase base y derivada, pero el método se enlaza con la llamada en función del tipo real del objeto receptor en tiempo de ejecución (métodos virtuales).
  - **Shadowing**: la signatura de tipo para el mensaje es la misma en clase base y derivada, pero el método se enlaza en tiempo de compilación (en función del tipo declarado de la variable receptora).
  - **Redefinición**: La clase derivada define un método con el mismo nombre que en la clase base y con **distinta signatura de tipos**.

Indice

Variables Polimórficas (Polimorfismo de asignación)

- Una variable polimórfica es aquélla que puede referenciar más de un tipo de objeto
  - Puede mantener valores de distintos tipos en distintos momentos de ejecución del programa.
- En un lenguaje con sistema de tipos dinámico todas las variables son potencialmente polimórficas
- En un lenguaje con sistema de tipos estático la variable polimórfica es la materialización del principio de sustitución.
  - En C++: punteros o referencias a clases polimórficas

Variables Polimórficas.

- **Clase polimórfica**
  - En C++, clase con al menos un método virtual
- **Variables polimórficas simples**
  - `Recurso *recurso;` // Puntero a clase base polimórfica que en realidad apuntará a // objetos de clases derivadas.
- **Variable receptora: `this`**
  - En un método, hace referencia al receptor del mensaje
  - En cada clase representa un objeto de un tipo distinto.
  - En C++, se define como **`X* const this;`**

(en otros lenguajes recibe otros nombres, como 'self')

Variables Polimórficas.

- **Run Time Type Information (RTTI)**
  - Información acerca de tipos polimórficos que el compilador genera en el programa y que puede usarse durante su ejecución para identificar el tipo dinámico de una referencia o pùntero.
- **`typeid (C++)`**

```
#include <typeinfo>
class Persona { public: virtual ~Persona() {} /* clase polimórfica */ };
class Empleado : public Persona {...};
…
Empleado e;
Persona& pr = e;
Persona* pp = &e;

typeid(pr); // tipo del objeto referenciado por 'pr'
typeid(*pp); // tipo del objeto apuntado por 'pp'

if (typeid(pr) == typeid(Empleado)) { /* sabemos que 'pr' es un empleado */ }
if (typeid(*pp) == typeid(Empleado)) { /* sabemos que 'pp' apunta a un Empleado */ }
```

Variables Polimórficas

- **Downcasting** (polimorfismo inverso):
  - Conversión de una referencia a clase base a referencia a clase derivada.
  - Implica 'deshacer' el ppio. de sustitución.
  - Tipos
    - **Estático** (en tiempo de compilación)
    - **Dinámico** (en tiempo de ejecución)

    (C++ soporta ambos tipos)

Variables Polimórficas

- Downcasting **estático** (en tiempo de compilación)

```
Base* obj = new Derivada();
// El objeto se manipula mediante la interfaz de Base

Derivada* obj2 = (Derivada*) obj; // Downcasting estático
// Ahora puedo manipularlo usando la interfaz de Derivada
```

  - Pero… ¿y si `obj` no apunta a un objeto de tipo Derivada?
    - El resultado es impredecible si uso la interfaz de la clase Derivada…
    - El downcasting estático no es seguro. Sólo se debe usar si estamos seguros de que la conversión funcionará.

Variables Polimórficas

- Downcasting **estático**
  - C++ proporciona una nueva forma de casting estático (algo más segura)

```
static_cast<Tipo>(puntero)
```

    - Conversión entre punteros de clases relacionadas por herencia (upcasting o downcasting).
    - Comprueba la compatibilidad de tipos en tiempo de compilación.

```
Base* obj = new Derivada();
Derivada* obj2 = static_cast<Derivada*> obj; // Downcasting
obj = static_cast<Base*> obj2; //Upcasting
```

  - Ventajas sobre el cast 'tradicional':
    - Sólo permitido entre clases relacionadas.
    - Más fácil de localizar en el código (p. ej., con 'grep')

Variables Polimórficas.

- Downcasting **dinámico**
  - Downcasting que comprueba el tipo de un objeto en tiempo de ejecución.

dynamic_cast<Tipo*>(puntero)

```
Base* obj = new ...; // Base polimórfica
Derivada *obj2;
obj2 = dynamic_cast<Derivada *>(obj);
if (obj2 != NULL) {
 //OK el objeto apuntado es de tipo compatible con
  Derivada. Puedo usar la interfaz de Derivada aquí
  para manipularlo.
} else {
  // El puntero no se puede convertir a Derivada*
}
```

Variables Polimórficas.

- Downcasting **dinámico**
  - Entre referencias

`dynamic_cast<Tipo&>(referencia)`

```
Derivada d;
try {
  Base& rb = dynamic_cast<Base&>(d);
  Derivada& rd = dynamic_cast<Derivada&>(rb);
  // a continuación, podemos manipular 'd' usando
  // 1) únicamente la interfaz de Base con 'rb'
  // 2) Usando la interfaz de Derivada con 'rd'
} catch (bad_cast& ex) {
  // No se puede realizar la conversión
}
```

Variables Polimórficas.

- Crítica al uso de RTTI en C++ (1/2)

```
class A {
  void mostrarA() { cout << “A” << endl; }
  virtual ~A() {} };
class B : public A {
  void mostrarB() { cout << “B” << endl; } };
…
A* a = new B;
…
// Código cliente (debe conocer B)
B* b;
if ((b=dynamic_cast<B*>(a))==NULL)
  b->mostrarB();
else
 a->mostrarA();
```

Variables Polimórficas.

- Crítica al uso de RTTI en C++ (2/2)

```
class A {
  void mostrarA() { cout << “A” << endl; }
  virtual ~A() {} };
class B : public A {
  void mostrarB() { cout << “B” << endl; } };
…
A* a = new B;
…
// Código cliente, ¡¡no necesita conocer B!!
  a->mostrar();
}
```

Un buen diseño minimizará el uso de instrucciones RTTI en C++

Variables Polimórficas. Polimorfismo puro

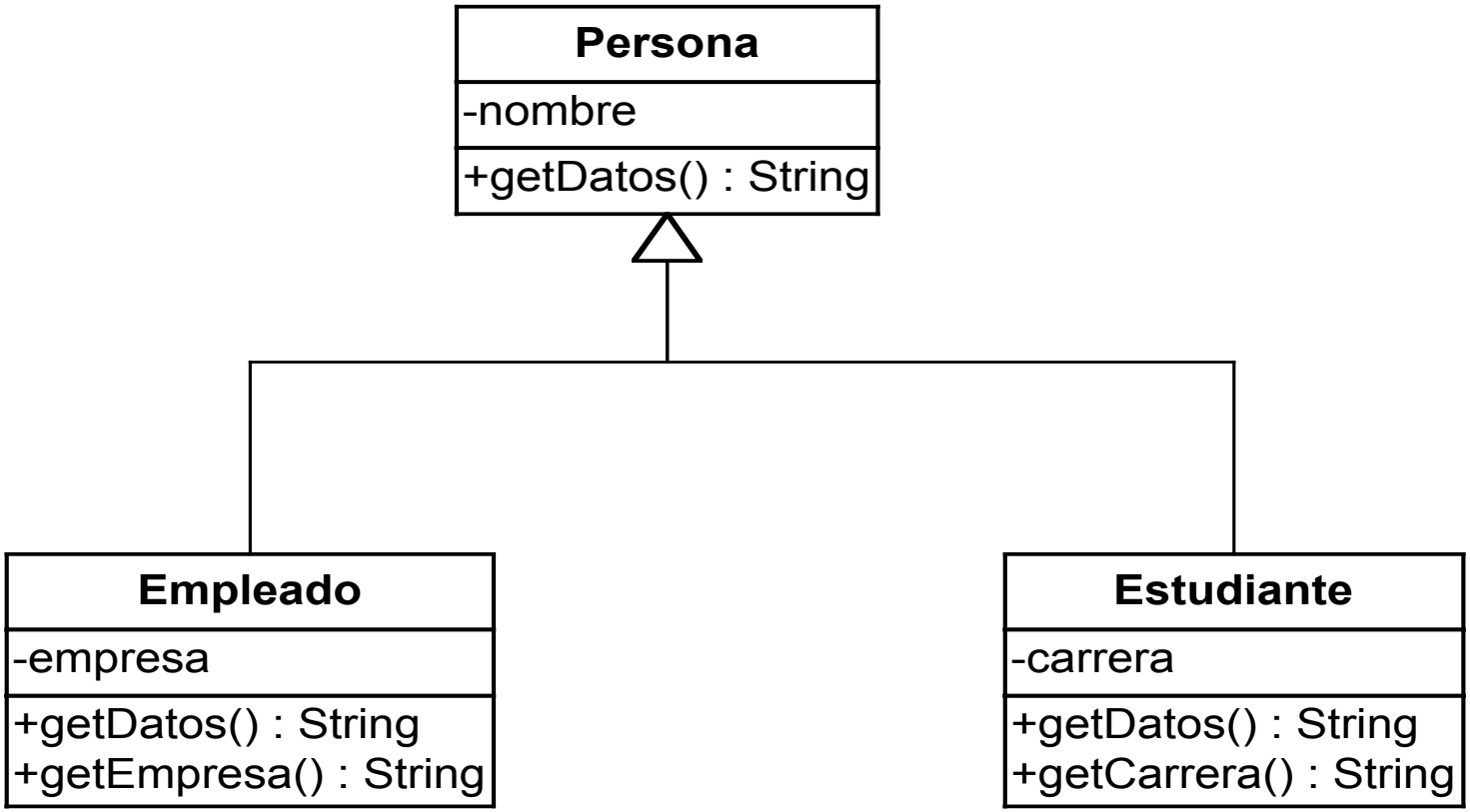
- Método con **polimorfismo puro** o **método polimórfico**
  - Alguno de sus argumentos es una variable polimórfica:
    - Un solo método puede ser utilizado con un número potencialmente ilimitado de tipos distintos de argumento.
- Ejemplo de polimorfismo puro

```
class Base { virtual ~Base(); … };
class Derivada1 : public Base { … };
class Derivada2 : public Base { … };

void f(Base* obj) { // Método polimórfico
  // Aquí puedo usar sólo la interfaz de Base para manipular obj
  // Pero obj puede ser de tipo Base, Derivada1, Derivada2,…
}

int main() {
  Derivada1* objeto = new Derivada1();
  f(objeto); // OK
}
```

Ejemplo: Uso de polimorfismo y jerarquía de tipos



Ejemplo: Uso de polimorfismo y jerarquía de tipos

```
class Persona {
  public:
     Persona(string n)    {nombre=n;}
     ~Persona() {}
     string getDatos() {return (nombre);}
    ...
  private:
     string nombre;
};
```

Ejemplo: Uso de polimorfismo y jerarquía de tipos

```
class Empleado: public Persona {
  public:
        Empleado(string n,string e): Persona(n){empresa=e;};
        ~Empleado(){};
        string getDatos(){
         return Persona::getDatos()+"trabaja en " + empresa);
        };
        ...
  private:
        string empresa;
};
class Estudiante: public Persona {
  public:
        Estudiante(string n,string c): Persona (n){carrera=c;};
        ~Estudiante(){};
        string getDatos(){
         return(Persona::getDatos() + " estudia " + carrera);
        };
        ...
  private:
        string carrera;
};
```

Refinamiento

Refinamiento

Ejemplo: Uso de polimorfismo y jerarquía de tipos

```
int main(){

   Empleado empleado("Carlos","Lavandería");
   Persona pers("Juan");
   empleado = pers;
   cout << empleado.getDatos() << endl;

}
```

¿Qué salida dará este programa?

Ejemplo: Uso de polimorfismo y jerarquía de tipos

```
int main(){
   Empleado *empleado = NULL;
   Estudiante *estudiante = NULL;
   Persona *pers = new Persona("José");
   empleado = pers;
   estudiante = pers;
   cout << empleado->getDatos() << endl;
   cout << estudiante->getDatos() << endl;
   estudiante = NULL;
   empleado = NULL;
   delete pers;
   pers = NULL;
}
```

¿Qué salida dará este programa?
¿Se produce un enlazado estático o dinámico?

Ejemplo: Uso de polimorfismo y jerarquía de tipos

```
int main(){
  Empleado uno("Carlos", "lavanderia");
  Estudiante dos("Juan", "empresariales");
  Persona desc("desconocida");
  desc = uno; //le asigno empleado
  cout << desc.getDatos() << endl;
}
```

¿Qué salida dará este programa?
¿Se produce un enlazado estático o dinámico?

Ejemplo: Uso de polimorfismo y jerarquía de tipos

```
int main(){
  Empleado *emp = new Empleado("Carlos", "lavanderia");
  Estudiante *est = new Estudiante("Juan",”Derecho");
  Persona *pers;
  pers = emp;
  cout << emp->getDatos() << endl;
  cout << est->getDatos() << endl;
  cout << pers->getDatos() << endl;
  //Aquí habría que liberar memoria: cómo?
}
```

¿Qué salida dará este programa?
¿Se produce un enlazado estático o dinámico?

Ejemplo: Uso de polimorfismo y jerarquía de tipos

```
class Persona {
  public:
     Persona(string n)    {nombre=n;}
     virtual ~Persona() {}
     virtual string getDatos() {
       return (nombre);
     }
    ...
  private:
     string nombre;
};
```

Puede ser resuelto dinámicamente

Ejemplo: Uso de polimorfismo y jerarquía de tipos

```
int main(){
  Empleado uno("Carlos", "lavanderia");
  Estudiante dos("Juan", Derecho”);
  Persona desc("desconocida");
  desc=uno; //un empleado es una persona
  cout << desc.getDatos() << endl;
}
```

¿Qué salida dará este programa?
¿Se produce un enlazado estático o dinámico?

Ejemplo: Uso de polimorfismo y jerarquía de tipos

```
int main(){
   Empleado *uno= new Empleado("Carlos", "lavanderia");
   Estudiante *dos= new Estudiante("Juan", "Derecho");
   Persona *desc;
   desc = uno;
   cout << uno->getDatos()<<endl;
   cout << dos->getDatos()<<endl;
   cout << desc->getDatos() << endl;
   desc=NULL;
    delete uno; uno=NULL;
    delete dos; dos=NULL;

}
```

¿Qué salida dará este programa?
¿Se produce un enlazado estático o dinámico?

Ejemplo: Uso de polimorfismo y jerarquía de tipos

```
int main1(){
    Empleado *uno= new Empleado("Carlos", "lavanderia");
    Persona *desc = uno;
    cout << desc->getEmpresa() << endl;
    desc=NULL;  delete uno; uno=NULL;
}

int main2(){
    Persona *desc = new Persona("Carlos");
    Empleado *emp = static_cast<Empleado*>(desc);
    cout << emp->getEmpresa() << endl;
    emp=NULL;  delete desc ; desc=NULL;
}
```

¿Qué salida dará main1? ¿Y main2?
¿Se produce un enlazado estático o dinámico?

Polimorfismo

Downcasting

```
int main(){
   Persona *uno= new Empleado("Carlos", "lavanderia");
   Estudiante *dos= new Estudiante("Juan", ”Derecho");
   Empleado *tres;
   tres = dinamic_cast<Empleado*>(uno);
   if (tres != NULL)
      tres->getEmpresa();
   delete uno; uno=NULL;
   delete dos; dos=NULL;
   tres = NULL;
}
```

Polimorfismo

Consecuencias para la definición de destructores en jerarquías

```
int main(){
   Persona *uno= new Empleado("Carlos", "lavanderia");
   Estudiante *dos= new Estudiante("Juan", ”Derecho");
   Empleado *tres;
   tres = dinamic_cast<Empleado*>(uno);
   if (tres != NULL)
      tres->getEmpresa();
   delete uno; uno=NULL;
   delete dos; dos=NULL;
   tres = NULL;
}
```

¿Se destruirán correctamente los objetos?

Polimorfismo
Implementación interna en C++

- Las funciones virtuales son algo menos eficientes que las funciones normales.
  - Cada clase con funciones virtuales dispone de un vector de punteros llamado *v_table*. Cada puntero corresponde a una función virtual, y apunta a su implementación más conveniente (la de la propia clase o, en caso de no existir, la del ancestro más cercano que la tenga definida)
  - Cada objeto de la clase tiene un puntero oculto a esa *v_table*.

Polimorfismo
Ventajas

- El polimorfismo hace posible que un usuario pueda añadir nuevas clases a una jerarquía sin modificar o recompilar el código escrito en términos de la clase base.

- Permite programar a nivel de clase base utilizando objetos de clases derivadas (posiblemente no definidas aún): Técnica base de las librerías/frameworks

Indice

Genericidad
Motivación

- La genericidad es otro tipo de polimorfismo
- Para ilustrar la idea de la genericidad se propone un ejemplo:
  - Suponed que queremos implementar una función *máximo,* donde los parámetros pueden ser de distinto tipo (int, double, float)

Genericidad
Motivación

- Solución:

```
double maximo(double a, double b){
    if (a > b)
        return a;
    else
        return b;
};
int main (void){
  int y,z;
  float b,c;
  double t,u;
  double s= maximo(t,u);
  double a= maximo((double)b,(double)c);
  double x= maximo((double)y,(double)z);
}
```

Genericidad
Motivación

- Ahora suponed que creamos una clase Cuenta, y también queremos poder comparar objetos de esa clase con la función `maximo()`.

Genericidad
Motivación

1º Sobrecargar el operador > para TCuenta
2º Sobrecargar la función máximo para TCuenta

```
TCuenta maximo(TCuenta a, TCuenta b){
    if (a>b)
        return a;
    else
        return b;
}
void main (void){
   double s,t,u;
   TCuenta T1,T2,T3;
   s= maximo(t,u);
   T1= maximo(T2,T3);
}
```

Conclusión: Tenemos dos funciones máximo definidas, una para double y otra para TCuenta, pero el código es el mismo. La única diferencia son los parámetros de la función y el valor devuelto por ésta.

Genericidad
Motivación

- ¿Y si no sabemos a priori los tipos que otros van a crear para ser comparados?
  - Necesitaríamos una función genérica que nos sirviera para cualquier tipo sin necesidad de tener la función duplicada.

Genericidad
DEFINICION

- *Propiedad que permite definir una clase o una función sin tener que especificar el tipo de todos o algunos de sus miembros o argumentos.*

  - Su utilidad principal es la de agrupar variables cuyo tipo base no está predeterminado (p. ej., listas, colas, pilas etc. de objetos genéricos: STL).

  - Es el usuario el que indica el tipo de la variable cuando crea un objeto de esa clase.

  - En C++ esta característica apareció a finales de los 80. En Java, existe desde la versión 1.5.

Genericidad en C++:
Templates

- Utilizan la palabra clave ***template*** (plantilla)

- Dos tipos de plantillas:

  - **Plantillas de funciones (o funciones genéricas)**: son útiles para implementar funciones que aceptan argumentos de tipo arbitrario.

  - **Plantillas de clase (o clases genéricas**: su utilidad principal consiste en agrupar variables cuyo tipo no está predeterminado (*clases contenedoras*)

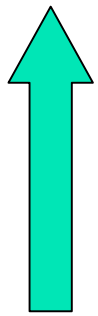
Genericidad
Ejemplo de **función genérica**

Un argumento genérico

```
template <class T>
T maximo(T a, T b){
    if (a > b)
        return a;
    else
        return b;
};
```

```
int main (void){

TCuenta a,b,c;
int x,y,z;
z= maximo(x,y);   //OK
c= maximo(a,y);   //INCORRECTO
c= maximo(a,b);   //?
}
```



¿Qué tendría que hacer para, aplicando la función *máximo*, poder obtener la cuenta con más saldo?

Más de un argumento genérico

```
template <class T1, class T2>
T1 sumar (T1 a, T2 b){
   return (a+b);
};
```

```
int main (void){

    int euno=1;
    int edos=2;
    char cuno='a';
    char cdos='d';

    cout<<sumar(euno,cuno);
    cout<<sumar(cuno,euno);

    TCuenta c;
    cout<<sumar(euno,c);

}
```

Genericidad
Clases genéricas en C++

- Utilizan la palabra clave *template*
- Dos tipos de plantillas:
  - **Plantillas de funciones**: son útiles para implementar funciones que aceptan argumentos de tipo arbitrario.
  - **Plantillas de clase**: su utilidad principal consiste en agrupar variables cuyo tipo no está predeterminado

Genericidad
Ejemplo **Clase Genérica en C++**

- A continuación se plantea un ejemplo de una clase genérica *vector,* este vector va a contener elementos de tipo genérico, no se conocen a priori.

Genericidad

Ejemplo **Clase Genérica en C++**

```
template <class T>
class vector {
    private:
        T *v;
      int tam;
    public:
        vector(int);
     T& operator[](int);
};

void main (void){
    vector<int> vi(10);
    vector<float> vf(20);
    vector<double> vd(50);
}
```

Genericidad

Ejemplo **definición de métodos** de una clase genérica

```
template <class T> // ¡obligatorio!
vector<T>::vector(int size) {
  tam=size;
  v=new T[size];
};

template <class T>
T& vector<T>::operator[](int i) {
  return(v[i]);
};
```

Genericidad
Ejemplo de uso de una Clase Genérica

- Creación de objeto:

```
vector<double> d(30);

vector<char> *p=new vector<char>(50);
```

Cada vez que se instancia una clase o método genérico, el compilador crea una nueva clase o método, reemplazando los argumentos genéricos por los que indica el programador.

Genericidad
Ejemplo: Pila de Objetos Genérica

- El siguiente ejemplo es una pila que contendrá objetos de cualquier tipo, para ello la vamos a definir como una clase genérica o plantilla. En esta pila podremos introducir nuevos elementos e imprimir el contenido de la misma.

Genericidad
Ejemplo: Pila de Objetos Genérica

```
template <class T>
class Pila{
    public:
        Pila(int nelem=10);
        void apilar (T);
        void imprimir();
        ~Pila();

    private:
        int nelementos;
        T* info;
        int cima;
        static const int limite=30;
};
```

Genericidad

Ejemplo: Pila de Objetos Genérica

```
template <class T>
Pila<T>::Pila(int nelem){
   if (nelem<=limite){
      nelementos=nelem;
   }
   else {
      nelementos=limite;
   }
   info=new T[nelementos];
   cima=0;
};
```

Genericidad
Ejemplo: Pila de Objetos Genérica

```
template <class T>
void Pila<T>::apilar(T elem){
    if (cima<nelementos)
        info[cima++]=elem;
}

template <class T>
void Pila<T>::imprimir(){
    for (int i=0;i<cima;i++)
       cout<<info[i]<<endl;
}

template <class T>
Pila<T>::~Pila(){
  delete [] info; info=NULL;
}
```

Genericidad
Ejemplo: Pila de Objetos Genérica

```
#include “TPila.h"
#include "TCuenta.h"


int main(){

    Pila <TCuenta> pCuentas(6);
    TCuenta c1("Cristina",20000,5);
    TCuenta c2("Antonio",10000,3);
    pCuentas.apilar(c1);
    pCuentas.apilar(c2);
    pCuentas.imprimir();
```

```
Pila <char> pchar(8);
    pchar.apilar('a');
    pchar.apilar('b');
    pchar.imprimir();
} //end main
```

De manera análoga, plantead una lista de objetos genérica.

Genericidad

Herencia en clases genéricas

- Se pueden **derivar clases genéricas** de otras clases genéricas:

  Clase derivada genérica:

```
template <class T>
class doblePila: public Pila<T>
{
  public:
    void apilar2(T a, T b);
};
```

- La clase doblePila es a su vez genérica:

```
doblePila<float> dp(10);
```

Genericidad
Herencia en clases genéricas

- Se pueden **derivar clases no genéricas** de una genérica:

Clase derivada no genérica:

```
class monton: public Pila<int>
{
  public:
      void amontonar(int a);
};
```

- 'monton' es una clase normal. No tiene ningún parámetro genérico.
- En C++, no existe relación alguna entre dos clases generadas desde la misma clase genérica.

Genericidad
Constantes en plantillas

- Los argumentos de una plantilla no están restringidos a ser clases definidas por el usuario, también pueden ser tipos de datos existentes.
- Los valores de estos argumentos se convierten en constantes en tiempo de compilación para una instanciación particular de la plantilla.
- También se pueden usar valores por defecto para estos argumentos.

Genericidad
Ejemplo Constantes en plantillas

```
template <class T, int size=100>
class Array{
   public:
   T& operator[](int index) ;
   int length() const { return size; }
   private:
     T array[size];
};

int main(){
   Array <Cuenta,30> t;
  int i=10;
  Array <Cuenta,i> t2; // ERROR, no constante.
}
```

Tema 4. Polimorfismo
Bibliografía

- Cachero et. al.
  - ***Introducción a la programación orientada a Objetos***
    - Capítulo 4
- T. Budd.
  - ***An Introduction to Object-oriented Programming, 3rd ed.***
    - Cap. 11,12,14-18; cap. 9: caso de estudio en C#
- Scott Meyers
  - ***Effective C++. Third Edition***
    - Cap. 6 y 7: Algunas secciones sobre polimorfismo en herencia y genericidad