PROG-3

TEMA 5

POLIMORFISMO

Cristina Cachero, Pedro J. Ponce de León

Versión 20111024

Depto. Lenguajes y Sistemas Informáticos

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

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 y conceptos previos
   - Signatura
   - Ámbito
   - Sistema de tipos
1. Polimorfismo y reutilización
   - Definición
   - Tipos de polimorfismo
1. Sobrecarga
   - Sobrecarga basada en ámbito
   - Sobrecarga basada en signatura de tipo
   - Alternativas a la sobrecarga
1. Polimorfismo en jerarquías de herencia
   - Redefinición
   - Shadowing
   - Sobrescritura
1. Variables polimórficas
   - La variable receptora
   - Downcasting
   - Polimorfismo puro
1. Genericidad
   - Métodos genéricos
   - Plantillas de clase
   - Herencia en clases genéricas

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 distanciaA(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 {
  private 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.
    - Java: paquetes (package)

Circulo.java

```
package Graficos;

class Circulo {…}
```

Rectangulo.java

```
package 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.
    - 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**

- 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: 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: **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 Java/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 Java/C++, los tipos ‘String’ e ‘int’ no son
  compatibles
b = a; // OK en Java/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; // (Java/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).

```
Figura2D fig = new Circulo();
```

- **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**.**

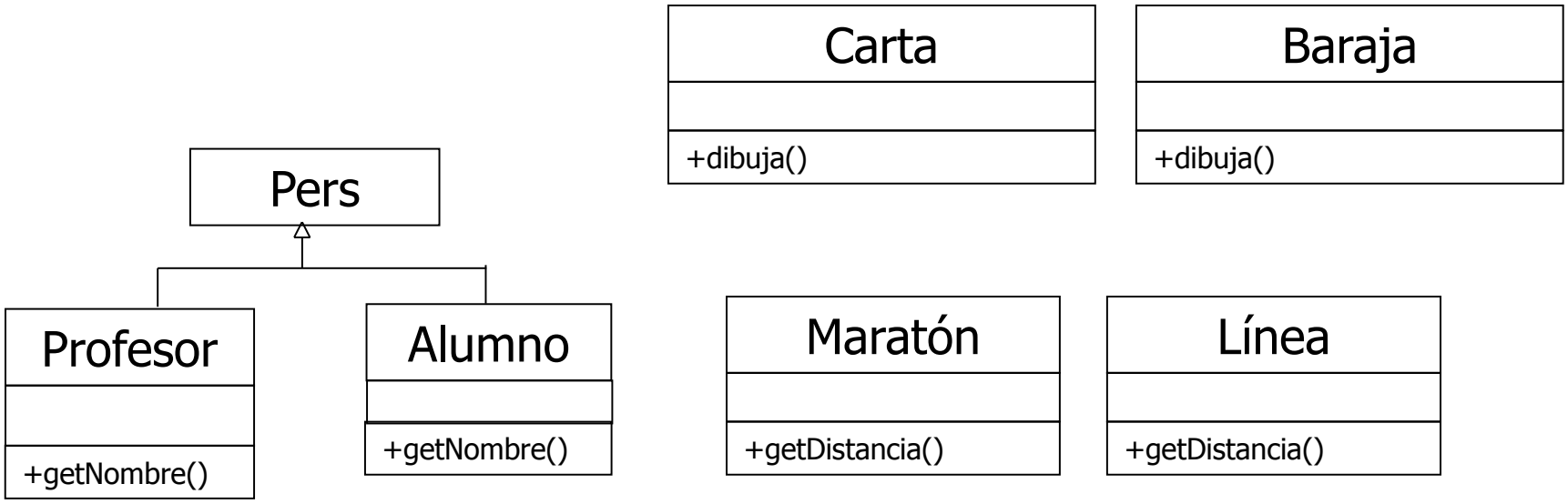
- Dos tipos de sobrecarga:

  - **Basada en ámbito**: Métodos con **diferentes ámbitos de definición**, independientemente de sus signaturas de tipo.
    - P. ej. método toString() en Java.

  - **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.



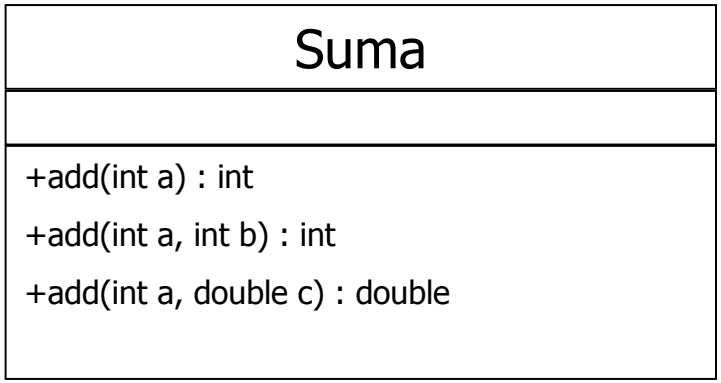
  - ¿Son Profesor y Alumno ámbitos distintos?
  - ¿Y Pers y Profesor?

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() {}
System.out.println( f() ); // ???
```



Sobrecarga basada en signaturas de tipo

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

```
class Base{…}
class Derivada extends Base {…}
class Cliente {
  public static void Test (Base b)
    {System.out.println("Base");}
  public static void Test (Derivada d) // sobrecarga
    {System.out.println("Derivada");}
  public static void main(String args[]){
    Base obj;
    if (...) obj = new Base();
    else obj = new Derivada(); //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 @ en C++:

```
<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 (&)

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.

- Algunos operadores no se pueden sobrecargar: "**.**", "**.***", "**::**", **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)
```

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: Funciones con número variable de argumentos

- **Métodos poliádicos en Java**

```
void f(Object... args)
{  for (Object obj : args) {…} }

f("A", new A(), new Float(10.0));
f();

void g(int a, int... resto) {...}

g(3,"A","B"); g(3);
```

  - Los métodos poliádicos complican la sobrecarga. Deben usarse con precaución.

Alternativas a sobrecarga: Coerción y Conversión

- **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++/Java.

```
double f(double x) {...}
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
    -

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

Alternativas a sobrecarga: Coerción y Conversión

- **CONVERSIÓN**
  - Cambio en tipo de manera explícita
  - Operador de conversión: se denomina CAST
    - Ejemplo:

```
double  x; int i;
x= i + x; // COERCION
x= (double)i + x; // CONVERSION
```

    - Java permite
      - Conversión entre tipos escalares (excepto boolean)
      - Entre tipos relacionados por herencia (upcasting, downcasting)
      - Otro tipo de conversiones: mediante métodos específicos:
        - `Integer.valueOf("15.4");`

Alternativas a sobrecarga: Coerción y Conversión

- **CONVERSIÓN en C++**
  - Definición de operación de conversión (*cast)* en C++:
    - 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.

```
class Fraccion{
    private: int num, den;
    public : operator double() {
       return (numerador()/(double)denominador());
    }
};
Fraccion f; double d = f * 3.14;
```

Indice

Sobrecarga en jerarquías de herencia

- TIEMPO DE ENLACE POR DEFECTO
  - JAVA
    - Enlace dinámico para métodos de instancia públicos y protegidos.
    - Enlace estático para métodos privados, de clase (estáticos) y atributos.
  - C++
    - Enlace estático para todas las propiedades (métodos de instancia, de clase y atributos).

Sobrecarga en jerarquías de herencia

- Modificación del tiempo de enlace por defecto
  - JAVA
    - Métodos de instancia con enlace estático: No hay
      - En realidad, un método declarado como final en la raíz de una jerarquía de herencia, se comporta como si tuviera enlace estático.
        - `public final void doIt() {…}`
  - C++
    - Métodos de instancia con enlace dinámico:
      - `virtual void doIt();`

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.
- **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 en los argumentos**.

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){System.out.println("Padre");}
}
class Hija extends Padre{
  public void ejemplo (int a, int b){System.out.println("Hija";}
}
```

```
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 sobrescribe 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.
  - Los métodos sobrescritos 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 Java, al tener los métodos de instancia enlace dinámico por defecto, su reimplementación en clases derivadas implica sobrescritura.
  - No obstante, se utiliza la anotación *@Override* en la clase derivada para indicar expresamente la decisión de sobrescribir un método de la clase base.

- En Java, podemos indicar que un método no puede ser sobrescrito, mediante la palabra clave '`final`'

```
class Base { public void f() {} }
class Derivada {
  @Override
  // Error de compilación si 'void f()' es privada, final, o
  // escribimos mal su nombre o la lista de argumentos
  public void f() {}
}
```

Sobrecarga en jerarquías de herencia
Sobreescritura

- Java:

```
class Padre {
  public int ejemplo(int a)
        {System.out.println("padre");}
  public final void f() {}
}
class Hija extends Padre {
  @Override // anotación opcional recomendada
  public int ejemplo (int a)
        {System.out.println("hija");}
  //public void f() { … }
  // ERROR, f() no se puede sobrescribir
}

// código cliente
Padre p = new Hija(); //ppio. de sustitución
p.ejemplo(10); // ejecuta Hija.ejemplo(10)
```

Sobrecarga en jerarquías de herencia
Sobreescritura: Covarianza

- Tipos de retorno covariantes: Al sobreescribir un método en clase derivada, podemos cambiar el tipo de retorno del método a un subtipo del especificado en la clase base:

```
class A {…}
class B extends A {...}
class Base {
  A objA = new A();
  public A getA() { return objA; } }
class Derivada {
  B objB = new B();
  @Override
  public B getA() { return objB; } }

Base b = new Derivada();
A objetoA = b.getA(); // Upcasting.
// objetoA apuntará a b.objB
```

Sobrecarga en jerarquías de herencia
Sobreescritura

En otros lenguajes:

C++: la clase base debe indicar que el método tiene enlace dinámico (y puede por tanto sobrescribirse).

Smalltalk: como en Java.

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. Ej. C#:

En la base: `public virtual double Area() {...}`

En la derivada: `public override double Area() {...}`

- 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.

  - **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**.