

# Programación orientada a objetos (I)

Ricardo Pérez López

IES Doñana, curso 2025/2026



Generado el 2026/02/25 a las 17:58:00

1. Introducción

2. Conceptos básicos

3. Paso de mensajes

# 1. Introducción

## 1.1. Recapitulación

# Recapitulación

- ▶ Recordemos lo que hemos aprendido hasta ahora:
  - La **abstracción de datos** nos permite definir tipos de datos complejos llamados **tipos abstractos de datos (TAD)**, que se describen únicamente mediante las **operaciones** que manipulan esos datos y con **independencia de su implementación**.
  - Las funciones pueden tener **estado interno** usando clausuras, que se crean a partir de funciones locales, funciones de orden superior y variables no locales.
  - Una función puede representar un dato.
  - Un dato puede tener estado interno, usando el estado interno de la función que lo representa.

► Además:

- El **paso de mensajes** agrupa las operaciones que actúan sobre ese dato dentro de una función que responde a diferentes mensajes **despachando** a otras funciones dependiendo del mensaje recibido.
- La función que representa al dato **encapsula su estado interno junto con las operaciones** que lo manipulan en *una única unidad sintáctica* que oculta sus detalles de implementación.

► En conclusión:

Una función puede implementar todo un **tipo abstracto de datos**.

## 1.2. Objetos

# Objetos

- ▶ Al principio, distinguíamos entre funciones y datos: las funciones realizan operaciones sobre los datos y éstos esperan pasivamente a que se opere con ellos.
- ▶ Cuando empezamos a representar a los datos con funciones, vimos que los datos también pueden encapsular **comportamiento**.
- ▶ Esos datos ahora representan información, pero también **se comportan** como las cosas que representan.
- ▶ Por tanto, los datos ahora saben cómo reaccionar ante los mensajes que reciben cuando el resto del programa les envía mensajes.
- ▶ Esta forma de ver a los datos como **objetos** activos que interactúan entre sí y que son capaces de reaccionar y cambiar su estado interno en función de los mensajes que reciben, da lugar a todo un nuevo paradigma de programación llamado **orientación a objetos** o **Programación Orientada a Objetos** (POO).

**Definición:**

La **programación orientada a objetos** (POO) es un paradigma de programación en el que los programas se ven como formados por entidades llamadas **objetos** que recuerdan su propio **estado interno** y que se comunican entre sí mediante el **paso de mensajes** que se intercambian entre ellos con la finalidad de:

- cambiar sus estados internos,
- compartir información y
- solicitar a otros objetos el procesamiento de dicha información.

Los **pilares fundamentales** de la POO son los siguientes:

- Abstracción.
- Encapsulación.
- Herencia.
- Polimorfismo.

Los objetos tienen:

- Identidad.
- Estado.
- Comportamiento.

- ▶ La **programación orientada a objetos** (también llamada POO, o bien OOP, del inglés *Object-Oriented Programming*) es un método para organizar programas que reúne muchas de las ideas vistas hasta ahora.
- ▶ Al igual que las operaciones en las abstracciones de datos, los objetos imponen **barreras de abstracción** entre el uso y la implementación de los datos.
- ▶ Al igual que los diccionarios y funciones de despacho, los objetos responden a peticiones que otros objetos les hacen en forma de **mensajes** para que se comporten de determinada manera.
- ▶ Los objetos tienen un **estado interno local** al que no se debería acceder directamente desde el exterior de los mismos, sino únicamente por medio de las operaciones que proporciona el objeto.
- ▶ A efectos prácticos, por tanto, **los objetos son datos abstractos**.

- ▶ El sistema de objetos de Python proporciona una sintaxis cómoda para promover el uso de estas técnicas de organización de programas.
- ▶ Gran parte de esta sintaxis es compartida con otros lenguajes de programación orientados a objetos.
- ▶ Ese sistema de objetos ofrece algo más que simple comodidad:
  - Proporciona una **nueva metáfora** para diseñar programas en los que varios agentes independientes **interactúan** dentro del ordenador.
  - Cada objeto **agrupa (encapsula)** el estado local y el comportamiento de una manera que abstrae la complejidad de ambos.
  - Los objetos **se comunican entre sí** y se obtienen resultados útiles como consecuencia de su interacción.
  - Los objetos no sólo transmiten mensajes, sino que también **comparten el comportamiento** con otros objetos del mismo tipo y **heredan características** de otros tipos relacionados.
- ▶ El paradigma de la programación orientada a objetos tiene su propio vocabulario que apoya la metáfora del objeto.

## Ejercicio

1. Investiga en Wikipedia los principales lenguajes orientados a objetos que existen en el mercado. ¿En qué año salieron? ¿Cuál influyó en cuál? ¿Cuáles son los más usados a día de hoy?

## 2. Conceptos básicos

## 2.1. Atributos

# Atributos

- ▶ Los **atributos** o **miembros** de un objeto son los nombres asociados a un objeto que permiten acceder a sus características principales, es decir:
  - su estado y
  - su comportamiento.
- ▶ Se puede acceder a los atributos de un objeto usando el operador punto (`.`), indicando una referencia al objeto y el nombre del atributo al que se desea acceder:

`<objeto>.<atributo>`

- ▶ Los objetos llevan asociado su propio **espacio de nombres**.
- ▶ El proceso de localizar (si es que existe) la ligadura adecuada que liga, para un objeto concreto, a un nombre de atributo con su valor se denomina **resolución del atributo**, y es un proceso en el que participa el espacio de nombres del objeto pero posiblemente también otros.
- ▶ Esto permite que pueda haber atributos distintos con el mismo nombre en objetos distintos.

- ▶ Existen cuatro tipos principales de atributos:

- **Datos (*campos*)**: representan el estado interno del objeto.

Pueden ser:

- Variables.
  - Constantes.

- **Comportamiento**: representan el comportamiento del objeto, es decir, qué puede hacer el objeto o qué mensajes puede recibir.

Pueden ser:

- Funciones internas del objeto.
  - Métodos.

► **Variables:**

- También llamadas **variables de instancia**.
- Representan el estado interno del objeto.
- Normalmente, se almacenan dentro del objeto, en su espacio de nombres.

► **Constantes:**

- También llamadas **constantes de instancia**.
- Normalmente suelen guardarse en un espacio de nombres común a todos los objetos del mismo tipo.

▶ **Funciones internas del objeto:**

- Son funciones almacenadas dentro del objeto, por lo que sus ligaduras se guardan en su espacio de nombres.
- Actúan como cualquier otra función y se invocan como tal.

▶ **Métodos:**

- También llamados **métodos de instancia**.
- Son funciones que se invocan sobre el objeto, como un argumento destacado.
- NO están almacenados dentro del objeto, ya que el comportamiento suele ser el mismo entre todos los objetos del mismo tipo, por lo que se almacenan en otro espacio de nombres común a todos los objetos del mismo tipo.

## 2.2. Clases

# Clases

- ▶ Una **clase** es una construcción sintáctica que los lenguajes de programación orientados a objetos proporcionan como *azúcar sintáctico* para **implementar tipos abstractos de datos** de una forma cómoda y directa sin necesidad de usar funciones de orden superior, estado local o diccionarios de despacho.

En programación orientada a objetos:

- Se habla siempre de **clases** y no de *tipos abstractos de datos*.
- Una **clase** es la **implementación de un tipo abstracto de datos**.
- Las clases definen nuevos **tipos de datos** de pleno derecho en el lenguaje de programación.

- ▶ Recordemos el ejemplo del tema anterior en el que implementamos el tipo abstracto de datos **Depósito** mediante la siguiente **función**:

```
def deposito(fondos):
    def retirar(cantidad):
        nonlocal fondos
        if cantidad > fondos:
            raise ValueError('Fondos insuficientes')
        fondos -= cantidad
        return fondos

    def ingresar(cantidad):
        nonlocal fondos
        fondos += cantidad
        return fondos

    def saldo():
        return fondos

    def despacho(mensaje):
        if mensaje == 'retirar':
            return retirar
        elif mensaje == 'ingresar':
            return ingresar
        elif mensaje == 'saldo':
            return saldo
        else:
            raise ValueError('Mensaje incorrecto')

    return despacho
```

- ▶ Ese mismo TAD se puede implementar como una **clase** de la siguiente forma:

```
class Deposito:  
    def __init__(self, fondos):  
        self.fondos = fondos  
  
    def retirar(self, cantidad):  
        if cantidad > self.fondos:  
            raise ValueError('Fondos insuficientes')  
        self.fondos -= cantidad  
        return self.fondos  
  
    def ingresar(self, cantidad):  
        self.fondos += cantidad  
        return self.fondos  
  
    def saldo(self):  
        return self.fondos
```

- ▶ En el momento en que se ejecute esta definición, el intérprete incorporará al sistema un nuevo tipo llamado **Deposito**.

- ▶ Más tarde estudiaremos los detalles técnicos que diferencian ambas implementaciones, pero ya apreciamos que por cada operación sigue habiendo una función (aquí llamada **método**), que desaparece la función **despacho** y que aparece una extraña función **\_\_init\_\_**.

- ▶ Podemos usar *docstrings* para documentar tanto la propia clase como los métodos de la misma:

```
class Deposito:  
    """  
        Un depósito del banco.  
    """  
  
    def __init__(self, fondos):  
        """Crea un depósito con una cantidad de fondos."""  
        self.fondos = fondos  
  
    def retirar(self, cantidad):  
        """Retira una cantidad de dinero del depósito."""  
        if cantidad > self.fondos:  
            raise ValueError('Fondos insuficientes')  
        self.fondos -= cantidad  
        return self.fondos  
  
    def ingresar(self, cantidad):  
        """Ingresa una cantidad de dinero en el depósito."""  
        self.fondos += cantidad  
        return self.fondos  
  
    def saldo(self):  
        """Devuelve el saldo del depósito."""  
        return self.fondos
```

- Por convenio, el *docstring* de una clase siempre se escribe usando el estilo *multilínea*, al igual que pasa con los módulos.

- ▶ La **definición de una clase** es una estructura sintáctica que crea un **espacio de nombres** y determina su propio **ámbito**.
- ▶ Esa definición está formada por un **bloque de sentencias** que se ejecutarán dentro de ese ámbito en el momento en que el intérprete ejecute la definición:

```
class <nombre>:  
    <sentencia>+
```

- ▶ Todas las definiciones que se realicen directamente en el ámbito de la clase como consecuencia de ejecutar su bloque de sentencias, serán **locales** a la clase y se almacenarán en el espacio de nombres de la clase, ya que, durante la ejecución del bloque de sentencias, el espacio de nombres actual es el espacio de nombres de la clase.
- ▶ Los elementos así definidos y almacenados directamente en el espacio de nombres de la clase se denominan **miembros** o **atributos** de la clase.
- ▶ Las funciones que son miembros de una clase se denominan **métodos** de la clase.

- ▶ Por ejemplo, las funciones `__init__`, `retirar`, `ingresar` y `saldo` pertenecen a la clase `Deposito` y sólo existen dentro de ella (son *locales* a la clase), porque sus definiciones se almacenan en el espacio de nombres de la clase.
- ▶ Ese espacio de nombres es un **marco** que se almacena en la pila mientras se ejecuta la definición de la clase, y que formará parte del entorno mientras dure esa ejecución.
- ▶ Cuando se termina de ejecutar la definición de la clase, se saca ese marco de la pila y se convierte en un **objeto** que almacena en forma de **atributos** a los miembros de esa clase.

Por tanto, ese objeto acaba almacenando el espacio de nombres de la clase y representando a dicha clase dentro del programa.

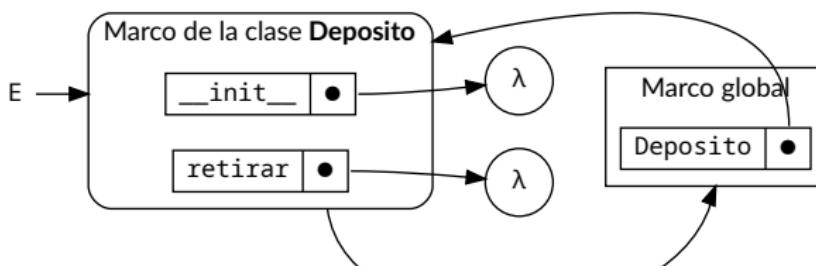
- ▶ Recordemos que durante la definición de una función no se ejecuta su cuerpo, sino que simplemente se crea la ligadura entre el nombre de la función y la propia función.

Por tanto, al ejecutar la definición de una clase no se ejecutan los cuerpos de sus métodos.

- ▶ Por ejemplo, en el código anterior:

```
1 class Deposito:  
2     def __init__(self, fondos):  
3         self.fondos = fondos  
4  
5     def retirar(self, cantidad):  
6         if cantidad > self.fondos:  
7             raise ValueError('Fondos insuficientes')  
8         self.fondos -= cantidad  
9         return self.fondos  
10  
11    def ingresar(self, cantidad):  
12        self.fondos += cantidad  
13        return self.fondos  
14  
15    def saldo(self):  
16        return self.fondos
```

- ▶ En la línea 10 tendríamos el siguiente entorno:



- ▶ En general, no importa el orden en el que aparecen las definiciones dentro de la clase, salvo excepciones.
- ▶ Ya sabemos que el cuerpo de una función (y recordemos que, aquí, las funciones se llaman *métodos*) no se ejecuta cuando se define la función, sino cuando se la llama. Por tanto, si un método usa a otro, no importará el orden en el que se hayan definido.
- ▶ Por ejemplo, en el código anterior, los miembros se podrían haber definido en cualquier otro orden (`retirar` después de `saldo`, `ingresar` antes de `__init__`..., da igual).
- ▶ En cambio, si hacemos una definición a partir de otra, el orden sí importará. Por ejemplo, aquí sí es importante que `hola` se defina antes que `saludo`:

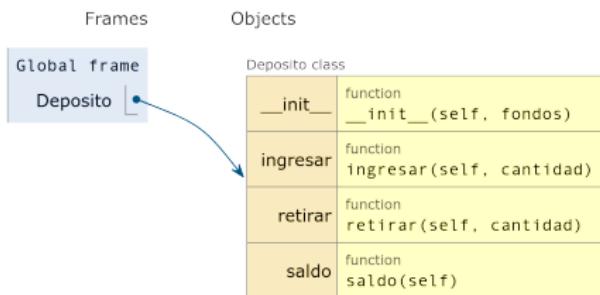
```
class Prueba:  
    def hola(self):  
        print("Hola")  
  
    salud = hola
```

- ▶ Como se dijo anteriormente, con las **clases** ocurre lo siguiente:
  - Al entrar en la definición de la clase, se crea un nuevo espacio de nombres en forma de marco en la pila, que contiene las definiciones que se van creando durante la ejecución de la clase.
  - Al salir de la definición de la clase, se saca el marco de la pila y con él se crea un objeto que acaba almacenando ese espacio de nombres, de forma que **las ligaduras que contiene se convierten en atributos del objeto**.

**La clase acaba siendo un objeto más, almacenado en el montículo**, que se ligará al nombre de la clase en el espacio de nombres donde se haya definido ésta (normalmente, el marco global).

- ▶ Ese objeto «clase» permanecerá en memoria mientras exista, al menos, una referencia que apunte a él.

- ▶ Si ejecutamos la anterior definición en el Pythontutor, observamos que se crea en memoria un objeto que, como cualquier otro objeto, contiene su propio espacio de nombres representado con una estructura similar al **diccionario de despacho** que creábamos antes a mano, el cual almacena los miembros de la clase como atributos del objeto, asociando el nombre de cada operación con la función (mejor dicho, con el *método*) correspondiente.
- ▶ Ese objeto representa a la clase en la memoria durante la ejecución del programa, y se liga al nombre de la clase en el espacio de nombres actual (que normalmente será el marco global).



La clase `Deposito` en memoria

- ▶ Como las clases son objetos, debemos usar el operador punto (.) para acceder a un miembro de una clase, indicando la referencia a la clase (normalmente, su nombre) y el nombre del miembro al que se desea acceder:

```
>>> Deposito.retirar  
<function Deposito.retirar at 0x7f6f04885160>
```

- ▶ En realidad, todo lo que hemos dicho hasta ahora sobre la creación de clases y el acceso a sus miembros, es esencialmente el mismo mecanismo que se usa en la creación y uso de módulos.
- ▶ Sin embargo, hay que tener cuidado, ya que **las clases no funcionan exactamente igual que los módulos en lo que se refiere al entorno**, como veremos luego en un apartado posterior.

## Instancias

- ▶ Un **objeto** representa un **dato abstracto** de la misma manera que una *clase* representa un *tipo abstracto de datos*.
- ▶ Es decir: un objeto es un caso particular de una clase, motivo por el que también se le denomina **instancia de una clase**.
- ▶ Un objeto es **un dato que pertenece al tipo definido por la clase** de la que es instancia.

También se puede decir que «**el objeto pertenece a la clase**» aunque sea más correcto decir que «**es instancia de la clase**».

- ▶ El proceso de crear un objeto a partir de una clase se denomina **instanciar la clase** o **instanciación**.
- ▶ En un lenguaje orientado a objetos *puro*, todos los datos que manipula el programa son objetos y, por tanto, instancias de alguna clase.
- ▶ Existen lenguajes orientados a objetos *impuros* o *híbridos* en los que coexisten objetos con otros datos que no son instancias de clases.

- ▶ Python es considerado un lenguaje orientado a objetos **puro**, ya que en Python todos los datos son objetos.
- ▶ Por ejemplo, en Python:
  - El tipo `int` es una clase.
  - El entero `5` es un objeto, instancia de la clase `int`.
- ▶ Java es un lenguaje orientado a objetos **híbrido**, ya que un programa Java manipula objetos pero también manipula otros datos llamados *primitivos*, que no son instancias de ninguna clase sino que pertenecen a un *tipo primitivo* del lenguaje.
- ▶ Por ejemplo, en Java:
  - El tipo `String` es una clase, por lo que la cadena "`Hola`" es un objeto, instancia de la clase `String`.
  - El tipo `int` es un tipo primitivo del lenguaje, por lo que el número `5` no es ningún objeto, sino un dato primitivo.

**Las clases, por tanto, son como plantillas para crear objetos** que comparten (normalmente) el mismo comportamiento y la misma estructura interna.

Los **objetos** tienen tres **características** básicas:

- **Identidad:** un objeto se puede distinguir de otros.
- **Estado:** un objeto tiene un estado interno que puede cambiar durante su vida.
- **Comportamiento:** un objeto se comporta de cierta forma ante la recepción de ciertos mensajes.

- ▶ En Python podemos instanciar una clase (creando así un nuevo objeto) llamando a la clase como si fuera una función, del mismo modo que hacíamos con la implementación funcional que hemos estado usando hasta ahora:

```
dep = Deposito(100)
```

- ▶ Lo que ocurre al ejecutar este código es lo siguiente:
  1. Se crea en el montículo un objeto, instancia de la clase `Deposito`, que contiene su propio espacio de nombres representado por una estructura con forma de diccionario.
  2. Se invoca al método `__init__` sobre el objeto recién creado (ya hablaremos de ésto más adelante).
  3. La expresión `Deposito(100)` devuelve una **referencia** al nuevo objeto, que representa, a grandes rasgos, la posición de memoria donde se encuentra almacenado el objeto (su **identidad**).
  4. Esa referencia es la que se almacena en la variable `dep`. O sea: **en la variable no se almacena el objeto en sí, sino una referencia al objeto**.

- ▶ En este ejemplo, `0x7fba5a16d978` es la dirección de memoria donde está almacenado el objeto al que hace referencia la variable `dep` (es decir, su **identidad**):

```
>>> dep
<__main__.Deposito object at 0x7fba5a16d978>
```

- ▶ Cuando una variable contiene una referencia a un objeto, decimos que la variable **se refiere** al objeto o que **apunta** al objeto.
- ▶ Aunque actualmente las referencias representan direcciones de memoria, eso no quiere decir que vaya a ser siempre así. Ese es un detalle de implementación basada en una decisión de diseño del intérprete que puede cambiar en posteriores versiones del mismo.

Esa decisión, en la práctica, es una cuestión que no nos afecta (o no debería, al menos) a la hora de escribir nuestros programas.

- Con PythonTutor podemos observar las estructuras que se forman al definir la clase y al instanciar dicha clase en un nuevo objeto:

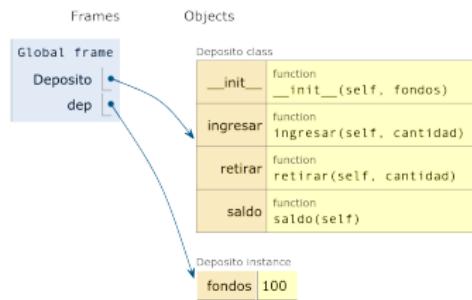
```
class Deposito:
    def __init__(self, fondos):
        self.fondos = fondos

    def retirar(self, cantidad):
        if cantidad > self.fondos:
            raise ValueError('Fondos insuficientes')
        self.fondos -= cantidad
        return self.fondos

    def ingresar(self, cantidad):
        self.fondos += cantidad
        return self.fondos

    def saldo(self):
        return self.fondos

dep = Deposito(100)
```



La clase **Deposito** y el objeto **dep** en memoria

- Se aprecia claramente que la clase almacena los métodos y la instancia almacena sus fondos, y todo son atributos.

- ▶ Un objeto tiene existencia propia e independiente y permanecerá en la memoria siempre que haya al menos una referencia que apunte a él (en caso contrario, el recolector de basura lo eliminará).
- ▶ De hecho, un objeto puede tener varias referencias apuntándole.
- ▶ Por ejemplo, si hacemos:

```
dep1 = Deposito(100)
dep2 = dep1
```

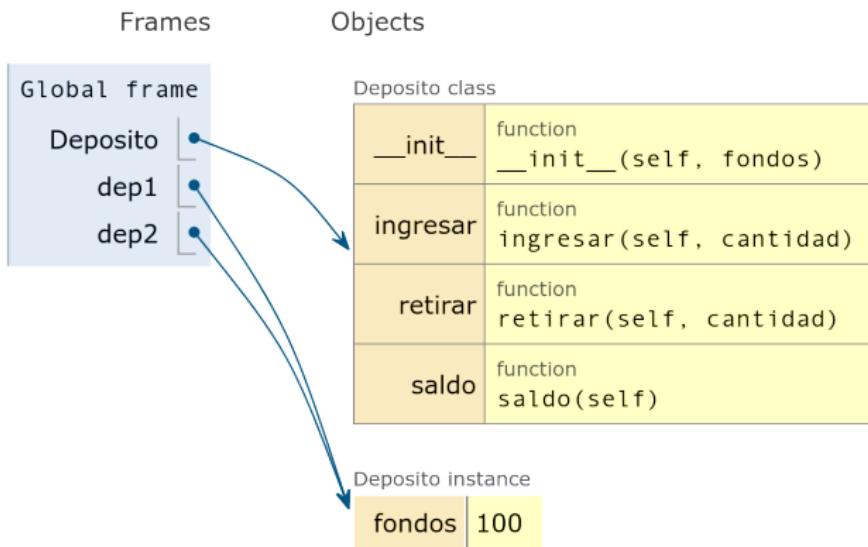
tendremos dos variables que contienen la misma referencia y, por tanto, **se refieren (o apuntan) al mismo objeto**.

- ▶ En ese caso, decimos que `dep1` y `dep2` son **idénticas**, porque las identidades de los objetos a los que apuntan son iguales, cosa que podemos comprobar usando `id` o `is`:

```
>>> id(dep1) == id(dep2)
True
>>> dep1 is dep2
True
```

- ▶ No olvidemos que las variables no contienen al objeto en sí mismo, sino una referencia a éste.

- Gráficamente, el caso anterior se puede representar de la siguiente forma:



Dos variables (`dep1` y `dep2`) que apuntan al mismo objeto

- ▶ Recordemos que en Python todos los tipos son clases.
- ▶ Para saber la clase a la que pertenece el objeto, se usa la función `type` o el atributo `__class__` del objeto:

```
>>> type(dep)
<class '__main__.Deposito'>
>>> dep.__class__
<class '__main__.Deposito'>
```

Se nos muestra que la clase del objeto `dep` es `__main__.Deposito`, que representa la clase `Deposito` definida en el módulo `__main__`.

Esto demuestra que el objeto **recuerda** su clase (la clase que se usó para instanciarlo) porque lo guarda en un atributo.

- ▶ Otra forma de comprobar si un objeto es instancia de una clase determinada es usar la función `isinstance(obj, cls)`, que devuelve `True` si el objeto `obj` es instancia de la clase `cls`:

```
>>> isinstance(4, int)
True
>>> isinstance('hola', float)
False
```

## 2.3. Estado

# Estado

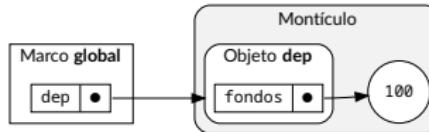
- ▶ Los objetos son datos abstractos que poseen su propio estado interno, el cual puede cambiar durante la ejecución del programa como consecuencia de los mensajes recibidos o enviados por los objetos.
- ▶ Eso significa que **los objetos son datos mutables**.
- ▶ Dos objetos no idénticos podrán tener estados internos distintos.

## Variables de instancia

- ▶ En terminología orientada a objetos, el estado de un objeto se almacena en variables denominadas **variables de instancia** o **propiedades** del objeto (si bien, en Python el concepto de *propiedad* tiene un significado específico).

Las constantes de instancia también pueden considerarse parte del estado de un objeto, si bien nunca cambian durante la vida de éste.

- ▶ Esas variables de instancia se almacenan como **atributos** del objeto, dentro de éste, por lo que representan *variables locales* al objeto en su espacio de nombres.



Objeto **dep** y su atributo **fondos**

- ▶ Recordemos que debemos usar el operador punto (.) para acceder a un atributo del objeto a partir de una referencia suya usando la sintaxis:

*<objeto>.<atributo>*

- ▶ Por ejemplo, para acceder al atributo **fondos** (que aquí es una variable de instancia) de un objeto **dep** de la clase **Deposito**, se usaría la expresión **dep.fondos**:

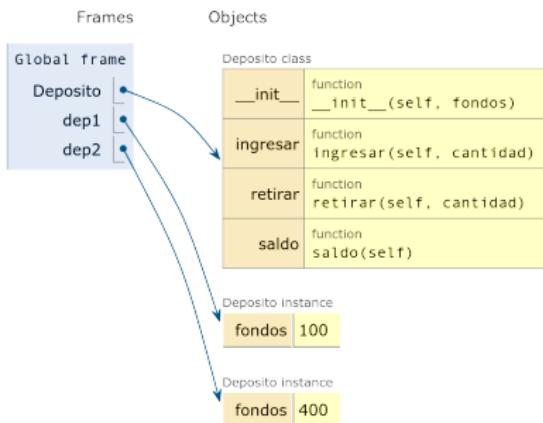
```
>>> dep = Deposito(100)
>>> dep.fondos
100
```

- ▶ Y podemos cambiar el valor de la variable de instancia mediante asignación:

```
>>> dep.fondos = 400
>>> dep.fondos
400
```

- ▶ Por supuesto, dos objetos distintos pueden tener valores distintos en sus atributos, ya que cada atributo pertenece a un objeto determinado:

```
>>> dep1 = Deposito(100)
>>> dep2 = Deposito(400)
>>> dep1.fondos      # el atributo fondos del objeto dep1 vale 100
100
>>> dep2.fondos      # el atributo fondos del objeto dep2 vale 400
400
```



La clase `Deposito` y los objetos `dep1` y `dep2` en memoria

- ▶ En Python es posible acceder directamente al estado interno de un objeto (o, lo que es lo mismo, al valor de sus campos) desde el exterior del mismo, cosa que, en principio, podría considerarse una **violación del principio de ocultación de información** y del concepto mismo de **abstracción de datos**.
- ▶ Incluso es posible cambiar directamente el valor de un atributo desde fuera del objeto, o crear atributos nuevos dinámicamente, haciendo simplemente una asignación.
- ▶ Todo esto puede resultar chocante para un programador de otros lenguajes, pero en la práctica resulta útil al programador por la naturaleza dinámica del lenguaje Python y por el estilo de programación que promueve.

- ▶ Como cualquier variable en Python, un atributo empieza a existir en el momento en el que se le asigna un valor:

```
>>> dep.otro
Traceback (most recent call last):
File "<stdin>", line 1, in <module>
AttributeError: 'Deposito' object has no attribute 'otro'
>>> dep.otro = 'hola'
>>> dep.otro
'hola'
```

- ▶ Por tanto, **en Python, los atributos de un objeto se crean en tiempo de ejecución mediante una simple asignación.**
- ▶ Este comportamiento contrasta con el de otros lenguajes de programación (como Java, por ejemplo), donde los atributos de un objeto vienen determinados de antemano por la clase a la que pertenece y siempre son los mismos.

Así, en Java, dos objetos de la misma clase siempre tendrán las mismas variables de instancia, definidas por la clase (aunque la misma variable de instancia podrá tener valores distintos en los dos objetos, naturalmente).

- ▶ Ese comportamiento dinámico de Python a la hora de crear atributos permite resultados interesantes imposibles de conseguir en Java, como que dos objetos distintos de la misma clase puedan poseer distintos atributos:

```
>>> dep1 = Deposito(100)
>>> dep2 = Deposito(400)
>>> dep1.uno = 'hola'      # el atributo uno sólo existe en dep1
>>> dep2.otro = 'adiós'    # el atributo otro sólo existe en dep2
>>> dep1.uno
'hola'
>>> dep2.uno
Traceback (most recent call last):
File "<stdin>", line 1, in <module>
AttributeError: 'Deposito' object has no attribute 'uno'
>>> dep2.otro
'adiós'
>>> dep1.otro
Traceback (most recent call last):
File "<stdin>", line 1, in <module>
AttributeError: 'Deposito' object has no attribute 'otro'
```

- Con PythonTutor podemos observar lo que ocurre al instanciar dos objetos y crear atributos distintos en cada objeto:

```

class Deposito:
    def __init__(self, fondos):
        self.fondos = fondos

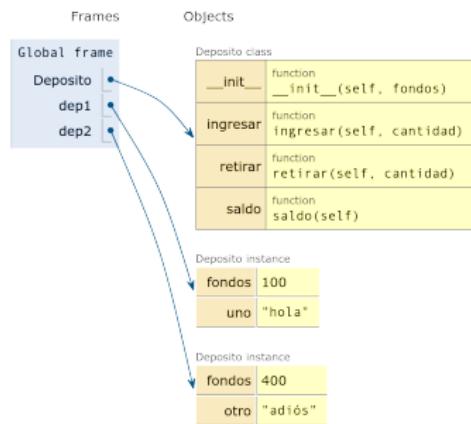
    def retirar(self, cantidad):
        if cantidad > self.fondos:
            raise ValueError('Fondos insuficientes')
        self.fondos -= cantidad
        return self.fondos

    def ingresar(self, cantidad):
        self.fondos += cantidad
        return self.fondos

    def saldo(self):
        return self.fondos

dep1 = Deposito(100)
dep2 = Deposito(400)
dep1.uno = 'hola'
dep2.otro = 'adiós'

```



La clase `Deposito` y los objetos `dep1` y `dep2` con distintos atributos

## 2.4. La antisimetría dato-objeto

## La antisimetría dato-objeto

- ▶ Se da una curiosa contra-analogía entre los conceptos de dato y objeto:
  - Los objetos ocultan sus datos detrás de abstracciones y exponen las funciones que operan con esos datos.
  - Las estructuras de datos exponen sus datos y no contienen funciones (o, al menos, no las exponen).
- ▶ Son definiciones virtualmente opuestas y complementarias.

## 3. Paso de mensajes

## 3.1. Resolución de atributos

## Resolución de atributos

- ▶ Cuando se intenta acceder a un atributo de un objeto, lo que hace el intérprete es lo siguiente:
  1. Primero busca dicho atributo dentro del objeto.
  2. Si lo encuentra, devuelve su valor.
  3. En caso contrario, lo busca en la clase del objeto.
- ▶ Puede haber más clases involucradas, como veremos posteriormente.

- ▶ Supongamos que tenemos el objeto `dep` de la clase `Deposito`.
- ▶ Si hacemos:

```
>>> dep.fondos  
100
```

el intérprete devolverá el valor del atributo `fondos` que encuentra en el objeto `dep`, ya que el objeto contiene un atributo con ese nombre.

- ▶ En cambio, si hacemos:

```
>>> dep.retirar  
<bound method Deposito.retirar of <__main__.Deposito object at 0x7f65736d4a90>>
```

el intérprete buscará primero el atributo `retirar` en el objeto `dep` y, al no encontrarlo allí, pasa a buscarlo en la clase `Deposito`. Ahí sí lo encuentra, así que devuelve su valor, que en este caso es un método.

- ▶ Por tanto, lo anterior es **casi** equivalente a hacer:

```
Deposito.retirar
```

- ▶ Pero no es **exactamente** igual, ya que en el primer caso nos devuelve un método, mientras que en el segundo caso nos devuelve una función:

```
>>> dep.retirar
<bound method Deposito.retirar of <__main__.Deposito object at 0x7f65736d4a90>>
>>> Deposito.retirar
<function __main__.Deposito.retirar(self, cantidad)>
```

- ▶ Esto no nos pilla de sorpresa, ya que sabíamos que **retirar** es un método para el objeto **dep** pero es una función para la clase **Deposito**.
- ▶ Las funciones definidas dentro de una clase son métodos para las instancias de esa clase.

## 3.2. Ejecución de métodos

## Ejecución de métodos

- ▶ Como las clases implementan las operaciones como métodos, el paso de mensajes se realiza ahora invocando, sobre un objeto, el método correspondiente al mensaje que se enviaría al objeto.
- ▶ Por ejemplo, si queremos enviarle el mensaje `saldo` al objeto `dep` para saber cuál es el saldo actual de ese depósito, invocaríamos el método `saldo` sobre el objeto `dep` de esta forma:

```
>>> dep.saldo()  
100
```

- ▶ Si la operación requiere argumentos, se le pasarán al método también:

```
>>> dep.retirar(25)  
75
```

- ▶ Ya tenemos que `retirar` es un método para el objeto `dep` y que, por tanto, `dep.retirar` nos devuelve ese método.
- ▶ Pero, ¿qué ocurre cuando **se invoca** a un método sobre un objeto?
- ▶ No es lo mismo hacer:

```
dep.retirar
```

que hacer:

```
dep.retirar()
```

ya que en el primer caso obtenemos el valor del atributo (que es un método), pero en el segundo caso estamos *invocando* al método sobre el objeto.

- ▶ Supongamos que  $o$  es una instancia de la clase  $C$ , que  $m$  es un método almacenado como un atributo de la clase  $C$  y que  $o$  no contiene ningún atributo que se llame  $m$ .
- ▶ La ejecución del **método  $m$**  con argumentos  $a_1, a_2, \dots, a_n$  sobre el objeto  $o$  tiene esta forma:

$$o.m(a_1, a_2, \dots, a_n)$$

- ▶ Pues bien: el intérprete de Python lo traduce por una llamada a función con esta forma:

$$C.m(o, a_1, a_2, \dots, a_n)$$

- ▶ Es decir: el intérprete llama a la **función  $m$**  definida en la clase  $C$  y le pasa automáticamente e implícitamente el objeto  $o$  como primer argumento (el resto de los argumentos originales irían a continuación de  $o$ ).
- ▶ Esto nos vuelve a demostrar que los métodos no son más que una forma especial de función.
- ▶ No olvidemos que quien almacena los métodos es la clase, no el objeto.

- ▶ Por ejemplo, hacer:

```
>>> dep.retirar(25)
```

equivale a hacer:

```
>>> Deposito.retirar(dep, 25)
```

De hecho, el intérprete traduce el primer código al segundo automáticamente.

- ▶ Esto facilita la implementación del intérprete, ya que todo se convierte en llamadas a funciones.
- ▶ Para la clase `Deposito`, `retirar` es una función, mientras que, para el objeto `dep`, `retirar` es un método.
- ▶ Aunque son la misma cosa, el intérprete los trata de forma distinta según el contexto.

### 3.3. Definición de métodos

## Definición de métodos

- ▶ Esa es la razón por la que los métodos se definen siempre con un primer parámetro extra que representa el objeto sobre el que se invoca el método (o, dicho de otra forma, el objeto que recibe el mensaje).
- ▶ Por regla de estilo y como convenio entre programadores Python, ese primer parámetro extra se llama siempre `self`, si bien ese nombre no es ninguna palabra clave y se podría usar cualquier otro.
- ▶ Por tanto, siempre que definamos un método, lo haremos como una función que tendrá siempre un parámetro extra que será siempre el primero de sus parámetros y que se llamará `self`.

- ▶ Por ejemplo, en la clase `Deposito`, obsérvese que todos los métodos tienen `self` como primer parámetro:

```
class Deposito:  
    def __init__(self, fondos):  
        self.fondos = fondos  
  
    def retirar(self, cantidad):  
        if cantidad > self.fondos:  
            raise ValueError('Fondos insuficientes')  
        self.fondos -= cantidad  
        return self.fondos  
  
    def ingresar(self, cantidad):  
        self.fondos += cantidad  
        return self.fondos  
  
    def saldo(self):  
        return self.fondos
```

- ▶ El método `saldo` de la clase `Deposito` recibe un argumento `self` que, durante la llamada al método, contendrá el objeto sobre el que se ha invocado dicho método:

```
def saldo(self):  
    return self.fondos
```

- ▶ En este caso, contendrá el objeto del que se desea conocer los fondos que posee.
- ▶ Por tanto, dentro de `saldo`, accedemos a los fondos del objeto usando la expresión `self.fondos`, y ese es el valor que retorna el método.
- ▶ Dentro del programa, la expresión `dep.saldo()` se traducirá como `Deposito.saldo(dep)`.
- ▶ Es importante recordar que **el parámetro `self` recibe automáticamente su argumento** durante la llamada al método y, por tanto, **no debemos pasarlo nosotros** o se producirá un error por intentar pasar más argumentos de los requeridos por el método.

- ▶ El método `ingresar` tiene otro parámetro además del `self`, que es la cantidad a ingresar:

```
def ingresar(self, cantidad):
    self.fondos += cantidad
    return self.fondos
```

- ▶ En este caso, `self` contendrá el objeto en el que se desea ingresar la cantidad deseada.
- ▶ Dentro del método `ingresar`, la expresión `self.fondos` representa el valor del atributo `fondos` del objeto `self`.
- ▶ Por tanto, lo que hace el método es incrementar el valor de dicho atributo en el objeto `self`, sumándole la cantidad indicada en el parámetro.
- ▶ Por ejemplo, la expresión `dep.ingresar(35)` se traducirá como `Deposito.ingresar(dep, 35)`. Por tanto, en la llamada al método, `self` valdrá `dep` y `cantidad` valdrá `35`.

## Entorno durante la ejecución de métodos

- ▶ Durante la ejecución de un método en Python, el entorno no contiene ni la clase a la que pertenece el método ni el objeto sobre el que se invoca.
- ▶ Es decir: los métodos no pueden considerarse clausuras, ya que no recuerdan el contexto en el que se definieron.
- ▶ Por tanto, si un método quiere acceder a un miembro de cualquier clase (incluso de su misma clase), tendrá que hacerlo siempre a través de una referencia (con el operador `.`), nunca directamente.

- ▶ Por tanto, un método puede llamar a otro, pero **siempre a través de la referencia al objeto que recibe el mensaje**, incluso aunque los dos métodos pertenezcan a la misma clase.
- ▶ Por ejemplo, esto funcionará:
- ▶ Pero esto **NO** funcionará:

```
>>> class A:  
...     def uno(self):  
...         print('Estoy en uno')  
...         self.dos()  
...     def dos(self):  
...         print('Estoy en dos')  
...  
>>> a = A()  
>>> a.uno()  
Estoy en uno  
Estoy en dos
```

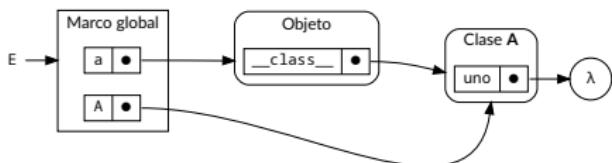
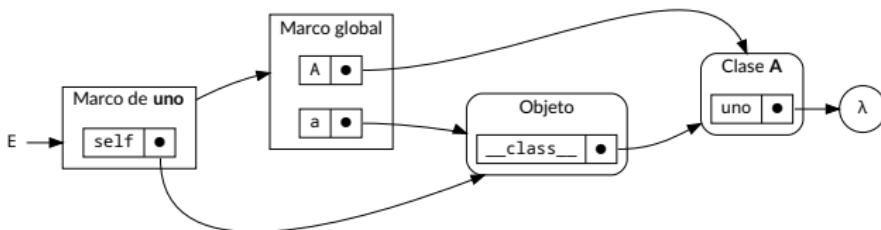
```
>>> class A:  
...     def uno(self):  
...         print('Estoy en uno')  
...         dos() # Esto falla  
...     def dos(self):  
...         print('Estoy en dos')  
...  
>>> a = A()  
>>> a.uno()  
Estoy en uno  
Traceback (most recent call last):  
...  
NameError: name 'dos' is not defined
```

- ▶ El método **dos** no está en el entorno del método **uno**, así que no lo puede llamar directamente.

- En este código, al invocar al método `uno` sobre el objeto `a` de la clase `A`, se tienen estos entornos antes y durante la invocación del método:

```
class A:
    def uno(self):
        print('Soy uno')

a = A()
a.uno()
```

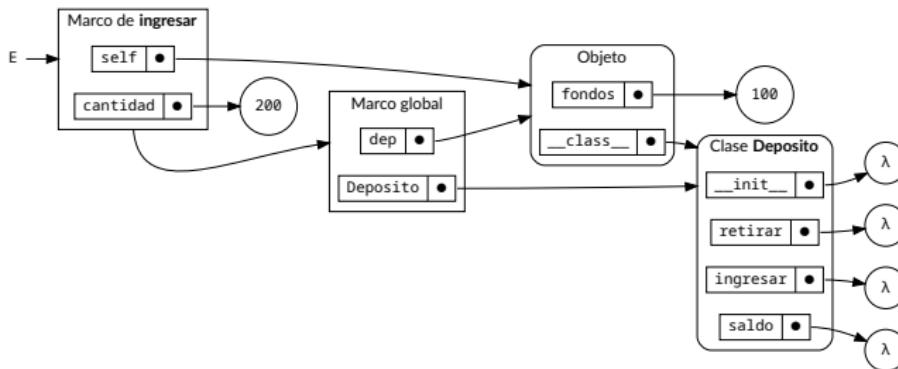
Entorno antes de la invocación de `uno`Entorno durante la invocación de `uno`

- El entorno del método no incluye a la propia clase `A` ni al objeto sobre el que se invoca el método.

- ▶ Como otro ejemplo, si recordamos la clase `Deposito`:

```
1  class Deposito:  
2      def __init__(self, fondos):  
3          self.fondos = fondos  
4  
5      def retirar(self, cantidad):  
6          if cantidad > self.fondos:  
7              raise ValueError('Fondos insuficientes')  
8          self.fondos -= cantidad  
9          return self.fondos  
10  
11     def ingresar(self, cantidad):  
12         self.fondos += cantidad  
13         return self.fondos  
14  
15     def saldo(self):  
16         return self.fondos  
17  
18 dep = Deposito(100)  
19 dep.ingresar(200)
```

- ▶ Durante la ejecución del método `ingresar` (digamos, en la línea 12 del código anterior), la situación en la memoria sería:



- ▶ Y, por tanto, el entorno estaría formado por el marco de `ingresar` y el marco global, en ese orden.
- ▶ En consecuencia, ni la clase `Deposito` ni el objeto sobre el que se invoca el método (`dep` o `self`, que son el mismo) están en el entorno del método `ingresar`.

## 3.4. Métodos mágicos y constructores

## Métodos mágicos y constructores

- ▶ En Python, los métodos cuyo nombre empieza y termina por `__` se denominan **métodos mágicos** y tienen un comportamiento especial.
- ▶ En concreto, el método `__init__` se invoca automáticamente cada vez que se instancia un nuevo objeto a partir de una clase.
- ▶ Coloquialmente, se le suele llamar el **constructor de la clase**, y es el responsable de *inicializar* el objeto de forma que tenga un estado inicial adecuado desde el momento de su creación.
- ▶ Entre otras cosas, el constructor se encarga de asignarle los valores iniciales adecuados a las variables de instancia del objeto.
- ▶ Ese método recibe como argumentos (además del `self`) los argumentos indicados en la llamada a la clase que se usó para instanciar el objeto.

- ▶ Por ejemplo: en la clase `Deposito`, tenemos:

```
class Deposito:  
    def __init__(self, fondos):  
        self.fondos = fondos  
    # ...
```

- ▶ Ese método `__init__` se encarga de crear el atributo `fondos` del objeto que se acaba de crear (el cual recibe a través del parámetro `self`), asignándole el valor del parámetro `fondos`.
- ¡Cuidado!** No confundir la expresión `self.fondos` con `fondos`. La primera se refiere al atributo `fondos` del objeto `self`, mientras que la segunda se refiere al parámetro `fondos`.

- ▶ Cuando se crea un nuevo objeto de la clase `Deposito`, llamando a la clase como si fuera una función, se debe indicar entre paréntesis (como argumento) el valor del otro parámetro del método `__init__` (en este caso, los fondos iniciales):

```
dep = Deposito(100)
```

- ▶ La ejecución de este código produce el siguiente efecto:
    1. Se crea en memoria una instancia de la clase `Deposito`.
    2. Se invoca el método `__init__` sobre el objeto recién creado, de forma que el parámetro `self` recibe una referencia a dicho objeto y el parámetro `fondos` toma el valor `100`, que es el valor del argumento en la llamada a `Deposito(100)`.
- En la práctica, esto equivale a decir que la expresión `Deposito(100)` se traduce a `ref.__init__(100)`, donde `ref` es una referencia al objeto recién creado.
3. La expresión `Deposito(100)` devuelve la referencia al objeto.
  4. Esa referencia es la que se almacena en la variable `dep`.

## Ejercicio

2. Comprobar el funcionamiento del constructor en Pythontutor.

- ▶ En resumen: la expresión  $C(a_1, a_2, \dots, a_n)$  usada para crear una instancia de la clase C lleva a cabo las siguientes acciones:
  1. Crea en memoria una instancia de la clase C y guarda en una variable temporal (llamémosla `ref`, por ejemplo) una referencia al objeto recién creado.
  2. Invoca a `ref.__init__(a1, a2, ..., an)`

Esta llamada se traduce automáticamente a:

`C.__init__(ref, a1, a2, ..., an)`

  3. Devuelve `ref`.

- ▶ En consecuencia, los argumentos que se indican al instanciar una clase se enviarán al método `__init__` de la clase, lo que significa que tendremos que indicar tantos argumentos (y del tipo apropiado) como parámetros tenga el método `__init__` (**excepto `self`, que se envía automáticamente**).

En caso contrario, tendremos un error:

```
>>> dep = Deposito() # no indicamos ningún argumento cuando se espera uno
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: __init__() missing 1 required positional argument: 'fondos'
>>> dep = Deposito(1, 2) # mandamos dos argumentos cuando se espera sólo uno
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: __init__() takes 2 positional arguments but 3 were given
```

- ▶ Es importante tener en cuenta, además, que **el constructor `__init__` no debe devolver ningún valor** (o, lo que es lo mismo, debe devolver `None`), o de lo contrario provocará un error de ejecución.

## 4. Bibliografía

## Bibliografía

Abelson, Harold, Gerald Jay Sussman, and Julie Sussman. 1996. *Structure and Interpretation of Computer Programs*. 2nd ed. MIT Press ; McGraw-Hill.

DeNero, John. n.d. *Composing Programs*. <http://www.composingprograms.com>.

Python Software Foundation. n.d. *Sitio Web de Documentación de Python*.  
<https://docs.python.org/3>.