Referencia bibliográfica

Joyanes, Luis. (2003). Conceptos fundamentales de orientación de objetos. En *Fundamentos de programación: Algoritmos, estructuras de datos y objetos.* (3ª ed). (Pp. 575-611). España: McGraw-Hill.

Tercera Edición

Fundamentos de programación

Algoritmos, Estructuras de datos y Objetos

Luis JOYANES AGUILAR

Mc Graw Hill

FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN

Algoritmos, estructuras de datos y objetos

Tercera edición

Luis Joyanes Aguilar
Director del Departamento
de Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería de Software
Facultad de Informática/Escuela Universitaria de Informática
Universidad Pontificia de Salamanca, *campus* Madrid

MADRID • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA • LISBOA • MÉXICO
NUEVA YORK • PANAMÁ • SAN JUAN • SANTAFÉ DE BOGOTÁ • SANTIAGO • SÃO PAULO
AUCKLAND • HAMBURGO • LONDRES • MILÁN • MONTREAL • NUEVA DELHI • PARÍS
SAN FRANCISCO • SIDNEY • SINGAPUR • ST. LOUIS • TOKIO • TORONTO

FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN. Algoritmos, estructuras de datos y objetos. Tercera edición.

Edificio Valrealty, 1.ª planta
Basauri, 17
28023 Aravaca (Madrid)

ISBN: 84-481-3664-0
Depósito legal: M. 24 193-2003

Editora: Concepción Fernández Madrid
Asist. editorial: Amelia Nieva
Diseño de cubierta: Design Master DIMA
Preimpresión: Puntographic, S. L.
Impreso en: Cofás, S.A.

IMPRESO EN ESPAÑA - PRINTED IN SPAIN

CONTENIDO

15

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE ORIENTACIÓN A OBJETOS

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

La programación orientada a objetos es un importante conjunto de técnicas que pueden utilizarse para hacer el desarrollo de programas más eficiente, a la par que mejora la fiabilidad de los programas de computadora. En la programación orientada a objetos los objetos son los elementos principales de construcción. Sin embargo, la simple comprensión de lo que es un objeto, o bien el uso de objetos en un programa, no significa que se está programando en un modo orientado a objetos. Lo que cuenta es el sistema en el cual los objetos se interconectan y comunican entre sí.

Este texto se limita al campo de la programación, pero es también posible hablar de sistemas de administración de bases de datos orientadas a objetos, sistemas operativos orientados a objetos, interfaces de usuarios orientadas a objetos, etc.

En este capítulo se introduce el concepto de *herencia* y se muestra cómo crear *clases derivadas*. La herencia hace posible crear jerarquías de clases relacionadas y reduce la cantidad de código redundante en componentes de clases. El soporte de la herencia es una de las propiedades que diferencia los lenguajes *orientados a objetos* de los lenguajes *basados en objetos* y *lenguajes estructurados*.

La *herencia* es la propiedad que permite definir nuevas clases usando como base a clases ya existentes. La nueva clase (*clase derivada*) hereda los atributos y comportamiento que son específicos de ella. La herencia es una herramienta poderosa que proporciona un marco adecuado para producir software fiable, comprensible, bajo coste, adaptable y reutilizable.

15.1. ¿QUÉ ES PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS?

Grady Booch, autor del método *Booch* de diseño orientado a objetos muy popular en la década de los noventa, creador de la empresa Racional —fabricante de la herramienta Rose para ingeniería de software orientada a objetos— e impulsor del lenguaje unificado de modelado **UML**, define la *programación orientada a objetos* (**POO**) como

> «un método de implementación en el que los programas se organizan como colecciones cooperativas de objetos, cada uno de los cuales representan una instancia de alguna clase, y cuyas clases son todas miembros de una jerarquía de clases unidas mediante relaciones de herencia»[1].

Existen tres importantes partes en la definición: la programación orientada a objetos 1) utiliza *objetos*, no algoritmos, como bloques de construcción lógicos (*jerarquía de objetos*); 2) cada objeto es una instancia de una *clase*, y 3) las clases se relacionan unas con otras por medio de relaciones de herencia.

Un programa puede parecer orientado a objetos, pero si cualquiera de estos elementos no existe, no es un programa orientado a objetos. Específicamente, la programación sin herencia es distinta de la programación orientada a objetos; se denomina *programación con tipos abstractos de datos o programación basada en objetos.*

El concepto de objeto, al igual que los tipos abstractos de datos o tipos definidos por el usuario, es una colección de elementos de datos, junto con las funciones asociadas para operar sobre esos datos. Sin embargo, la potencia real de los objetos reside en el modo en que los objetos pueden definir otros objetos. Este proceso, ya comentado, se denomina *herencia* y es el mecanismo que ayuda a construir programas que se modifican fácilmente y se adaptan a aplicaciones diferentes.

Los conceptos fundamentales de programación son: *objetos, clases, herencia, mensajes* y *polimorfismo.*

> Los programas orientados a objetos constan de objetos. Los objetos de un programa se comunican con cada uno de los restantes pasando mensajes.

15.1.1. El objeto

La idea fundamental en los lenguajes orientados a objetos es combinar en una sola unidad *datos y funciones que operan sobre esos datos*. Tal unidad se denomina *objeto*. Por consiguiente, dentro de los objetos residen los datos de los lenguajes de programación tradicionales, tales como números, *arrays*, cadenas y registros, así como funciones o subrutinas que operan sobre ellos.

Las funciones dentro del objeto (*funciones miembro* en C++, *métodos* en Object Pascal, Java y C#) son el único medio de acceder a los datos privados de un objeto. Si se desea leer un elemento datos de un objeto se llama a la función miembro del objeto. Se lee el elemento y se devuelve el valor. No se puede acceder a los datos directamente. Los datos están ocultos, y eso asegura que no se pueden modificar accidentalmente por funciones externas al objeto.

Los datos y las funciones (procedimientos en Object Pascal) asociados se dicen que están *encapsulados* en una única entidad o módulo. La *encapsulación* de datos y ocultación de datos son términos importantes en la descripción de lenguajes orientados a objetos.

Si se desea modificar los datos de un objeto, se conoce exactamente cuáles son las funciones que interactúan con el mismo. Ninguna otra función puede acceder a los datos. Esta característica simplifica la escritura, depuración y mantenimiento del programa.

---

[1] Booch, Grady: *Análisis y diseño orientado a objetos con aplicaciones*, 2.ª edición, Addison-Wesley/Díaz de Santos, 1995.

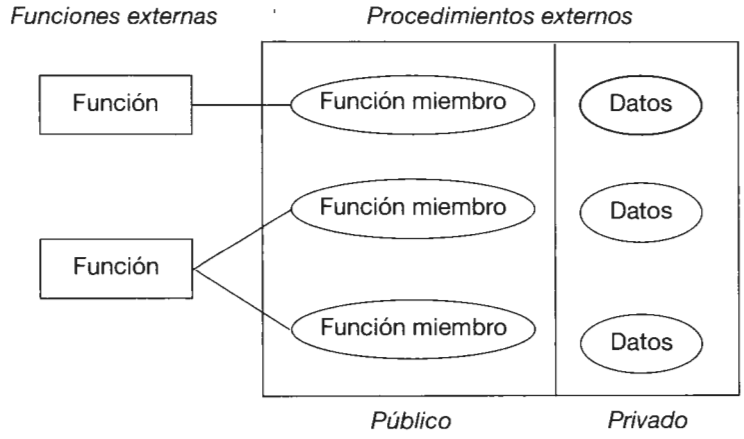


Figura 15.1. El modelo objeto.

15.1.2. Ejemplos de objetos

¿Qué clase de cosas pueden ser objetos en un programa orientado a objetos? La respuesta está sólo limitada a su imaginación. Algunos ejemplos típicos pueden ser:

- *Objetos físicos:*

  Aviones en un sistema de control de tráfico aéreo.
  Automóviles en un sistema de control de tráfico terrestre.
  Casas.

- *Elementos de interfaces gráficos de usuarios de computadoras:*

  Ventanas.
  Menús.
  Objetos gráficos (cuadrados, triángulos, etc.)
  Teclados, impresoras, unidades de disco.
  Cuadros de diálogo.
  Ratones, teléfonos celulares.

- *Animales:*

  Animales vertebrados.
  Animales invertebrados.
  Pescados.

- *Tipos de datos definidos por el usuario:*

  Datos complejos.
  Puntos de un sistema de coordenadas.

- *Alimentos:*

  Carnes.
  Frutas.
  Pescados.
  Verduras.
  Pasteles.

Un objeto es una entidad que contiene los atributos que describen el estado de un objeto del mundo real y las acciones que se asocian con el objeto del mundo real. Se designa por un nombre o identificador del objeto. Dentro del contexto de un lenguaje orientado a objetos (**LOO**), un objeto encapsula datos y las funciones (*métodos*) que manejan esos datos. La notación gráfica de un objeto varía de unas metodologías a otras.

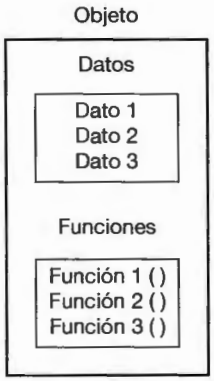


Figura 15.2. Notación gráfica de un objeto.

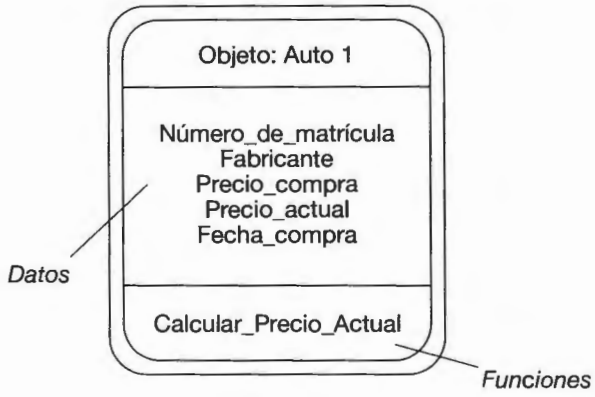


Figura 15.3. El objeto `Auto1`.

Atributos: Datos o variables que caracterizan el estado de un objeto.
Métodos: Procedimientos o acciones que cambian el estado de un objeto.

Consideremos una ilustración de un auto vendido por un distribuidor de automóviles (coches o carros). El identificador del objeto es `Auto1`. Los atributos asociados pueden ser: `número_de_matrícula, fabricante, precio_compra, precio_actual, fecha_compra...` y una operación auriada al objeto puede ser `Calcular_precio_actual`. El objeto `Auto` se muestra en la Figura 15.3.

El objeto retiene cierta información y conoce cómo realizar ciertas operaciones. La encapsulación de operaciones e información es muy importante. Los métodos de un objeto sólo pueden manipular directamente datos asociados con ese objeto. Dicha encapsulación es la propiedad que permite incluir en una sola entidad (el módulo u objeto) la *información* (los datos o atributos) y las *operaciones* (los métodos o funciones) que operan sobre esa información.

Los objetos tienen un interfaz público y una representación privada que permiten ocultar la información que se desee al exterior.

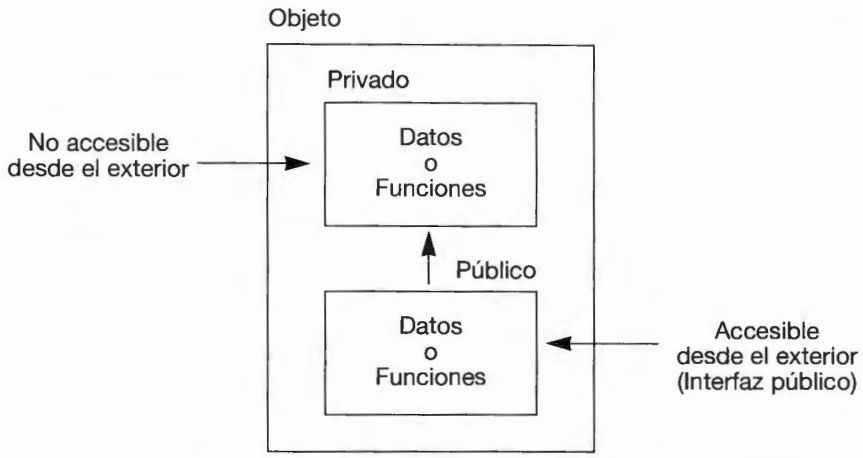


Figura 15.4. Estado de un objeto (secciones pública y privada).

15.1.3. Métodos y mensajes

Un programa orientado a objetos consiste en un número de objetos que se comunican unos con otros llamando a funciones miembro. Las *funciones miembro* (en C++) se denominan *métodos* en otros lenguajes orientados a objetos (tales como Smalltalk, Object Pascal, Java y C#).

Los procedimientos y funciones, denominados *métodos* o *funciones miembro*, residen en el objeto y determinan cómo actúan los objetos cuando reciben un mensaje. Un *mensaje* es la acción que hace un objeto. Un método es el procedimiento o función que se invoca para actuar sobre un objeto y especifica *cómo* se ejecuta un mensaje.

El conjunto de mensajes a los cuales puede responder un objeto se denomina *protocolo* del objeto. Por ejemplo, el protocolo de un icono puede constar de mensajes invocados por el clic de un botón del ratón cuando el usuario localiza un puntero sobre un icono.

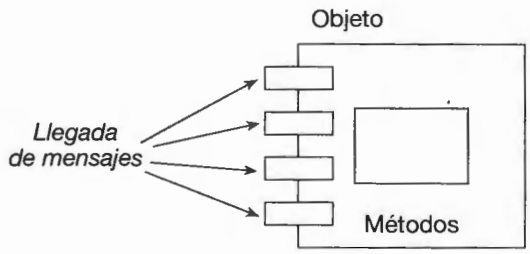


Figura 15.5. Métodos y mensajes de un objeto.

Al igual que en las cajas negras, la estructura interna de un objeto está oculta a los usuarios y programadores. Los mensajes que recibe el objeto son los únicos conductos que conectan el objeto con el mundo externo. Los datos de un objeto están disponibles para ser manipulados sólo por los métodos del propio objeto.

Cuando se ejecuta un programa orientado a objetos ocurren tres sucesos. Primero, los objetos se crean a medida que se necesitan. Segundo, los mensajes se mueven de un objeto a otro (o desde el usuario a un objeto) a medida que el programa procesa información internamente o responde a la entrada del usuario. Tercero, cuando los objetos ya no son necesarios, se borran y se libera la memoria. La Figura 15.6 representa un diagrama orientado a objetos y los mensajes de comunicación entre ellos.

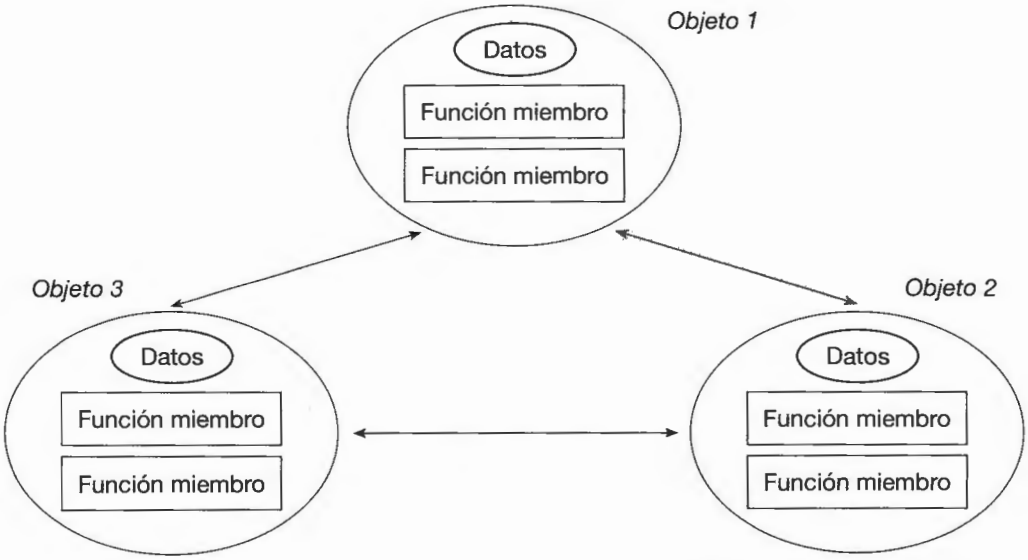


Figura 15.6. Diagrama orientado a objetos.

15.1.4. Clases

Una *clase* es la descripción de un conjunto de objetos; consta de métodos y datos que resumen características comunes de un conjunto de objetos. Se pueden definir muchos objetos de la misma clase. Dicho de otro modo, una clase es la declaración de un tipo objeto.

Las clases son similares a los tipos de datos y equivalen a modelos o plantillas que describen cómo se construyen ciertos tipos de objetos. Cada vez que se construye un objeto a partir de una clase estamos creando lo que se llama *una instancia* de esa clase. Por consiguiente, los objetos no son más que instancias de una clase. *Una instancia es una variable de tipo objeto.* En general, instancia de una clase y objeto son términos intercambiables.

En POO:
Un objeto es una instancia de una clase. Los objetos son mienbros de una clase.

Cada vez que se construye un objeto de una clase se crea una instancia de esa clase. Los objetos se crean cuando un mensaje de petición de creación se recibe por la clase.

- Una clase es una colección de objetos similares.
- `Serrat, Joaquín Sabina, Juanes, Shakira` y `Carlos Vives` son objetos de una clase, `"cantante_latino"`; es decir, personas específicas con nombres específicos son objetos de esa clase, si poseen ciertas características.

15.2. UN MUNDO DE OBJETOS

Una de las ventajas ineludibles de la orientación a objetos es la posibilidad de reflejar sucesos del mundo real mediante tipos abstractos de datos extensibles a objetos. Así pues, supongamos el fenómeno corriente de la conducción de una bicicleta, un automóvil, una motocicleta o un avión: usted conoce

que esos vehículos comparten muchas características, mientras que difieren en otras. Por ejemplo, cualquier vehículo puede ser conducido: aunque los mecanismos de conducción difieren de unos a otros, se puede generalizar el fenómeno de la conducción. En esta consideración, enfrentados con un nuevo tipo de vehículo (por ejemplo, una nave espacial), se puede suponer que existe algún medio para conducirla. Se puede decir que *vehículo* es un tipo base y *nave espacial* es un tipo derivado de ella.

En consecuencia, se puede crear un tipo base que representa el comportamiento y características comunes a los tipos derivados de este tipo base.

Un objeto es en realidad una clase especial de variable de un nuevo tipo que algún programador ha creado. Los tipos objetos definidos por el usuario se comportan como tipos incorporados que tienen datos internos y operaciones externas. Por ejemplo, un número en coma flotante tiene un exponente, mantisa y bit de signo y conoce cómo sumarse a sí mismo con otro número de coma flotante.

Los tipos objeto definidos por el usuario contienen datos definidos por el usuario (*características*) y operaciones (*comportamiento*). Las operaciones definidas por el usuario se denominan *métodos*. Para llamar a uno de estos métodos se hace una petición al objeto: esta acción se conoce como «enviar un mensaje al objeto». Por ejemplo, para detener un objeto automóvil se envía un mensaje de *parada* («stop»). Obsérvese que esta operación se basa en la noción de encapsulación (encapsulamiento): se indica al objeto lo que ha de hacer, pero los detalles de cómo funciona se han encapsulado (ocultado).

15.2.1. Definición de objetos[2]

Un *objeto* (desde el punto de vista formal se debería hablar de **clase**), como ya se ha comentado, es una abstracción de cosas (entidades) del mundo real, tales que:

- Todas las cosas del mundo real dentro de un conjunto —denominadas *instancias*— tienen las mismas características.
- Todas las instancias siguen las mismas reglas.

Cada objeto consta de:

- Estado (*atributos*).
- Operaciones o comportamiento (métodos invocados por mensajes).

Desde el punto de vista informático, los objetos son *tipos abstractos de datos* (tipos que encapsulan datos y funciones que operan sobre esos datos).

Algunos ejemplos típicos de objetos:

- *Número racional.*

  Estado (valor actual).
  Operaciones (sumar, multiplicar, asignar...).

- *Vehículo.*

  Estado (velocidad, posición, precio...).
  Operaciones (acelerar, frenar, parar...).

- *Conjunto.*

  Estado (elementos).
  Operaciones (añadir, quitar, visualizar...).

---

[2] Cuando se habla de modo genérico, en realidad se debería hablar de CLASES, dado que la clase en el tipo de dato y objeto es sólo una instancia, ejemplar o caso de la clase. Aquí mantenemos el término objeto por conservar la rigurosidad de la definición «orientado a objetos», aunque en realidad la definición desde el punto de vista técnico sería la clase.

- *Avión.*

  Estado (fabricante, modelo, matrícula, número de pasajeros...).
  Operaciones (aterrizar, despegar, navegar...).

15.2.2. Identificación de objetos

El primer problema que se nos plantea al analizar un problema que se desea implementar mediante un programa orientado a objetos es *identificar los objetos*, es decir, ¿qué cosas son objetos?; ¿cómo deducimos los objetos dentro del dominio de la definición del problema?

La identificación de objetos se obtiene examinando la descripción del problema (análisis gramatical somero del enunciado o descripción) y localizando los nombres o cláusulas nominales. Normalmente, estos nombres y sus sinónimos se suelen escribir en una tabla de la que luego deduciremos los objetos reales.

Los objetos, según Shlaer, Mellor y Coad/Yourdon, pueden caer dentro de las siguientes categorías:

- *Cosas tangibles* (avión, reactor nuclear, fuente de alimentación, televisor, libro automóvil).
- *Roles* o *papeles* jugados o representados por personas (gerente, cliente, empleado, médico, paciente, ingeniero).
- *Organizaciones* (empresa, división, equipo...).
- *Incidentes* (representa un suceso —evento— u ocurrencia, tales como vuelo, accidente, suceso, llamada a un servicio de asistencia técnica...).
- *Interacciones* (implican generalmente una transacción o contrato y relacionan dos o más objetos del modelo: compras —comprador, vendedor, artículo—, matrimonio —esposo, esposa, fecha de boda—).
- *Especificaciones* (muestran aplicaciones de inventario o fabricación: refrigerador, nevera...).
- *Lugares* (sala de embarque, muelle de carga...).

Una vez identificados los objetos, será preciso identificar los atributos y las operaciones que actúan sobre ellos.

Los *atributos* describen la abstracción de características individuales que poseen todos los objetos.

Las *operaciones* cambian el objeto —su comportamiento— de alguna forma, es decir, cambian valores de uno o más atributos contenidos en el objeto. Aunque existen gran número de operaciones que se pueden realizar sobre un objeto, generalmente se dividen en tres grandes grupos[3]:

[3] Pressman, Roger: *Ingeniería del software. Un enfoque práctico*, 3.ª edición, McGraw-Hill, 1993 (la 4.ª edición ha sido publicada por McGraw-Hill en 1997 y la 5.ª edición en el año 2001, ambas ediciones traducidas por profesores de la Universidad Pontificia de Salamanca en el campus de Madrid, bajo la dirección y coordinación del autor de esta obra).

- Operaciones que *manipulan* los datos de alguna forma específica (añadir, borrar, cambiar formato...).
- Operaciones que realizan un *cálculo* o *proceso.*
- Operaciones que comprueban (*monitorizan*) un objeto frente a la ocurrencia de algún suceso de control.

La identificación de las operaciones se realiza haciendo un nuevo análisis gramatical de la descripción del problema y buscando y aislando los verbos del texto.

15.2.3. Duración de los objetos

Los objetos son entidades que existen en el tiempo; por ello deben ser creados o instanciados (normalmente a través de otros objetos). Esta operación se hace a través de operaciones especiales llamadas *constructores* o *inicializadores*, que se ejecutarán implícitamente por el compilador o explícitamente por el *programador* mediante invocación a los citados constructores.

15.2.4. Objetos frente a clases. Representación gráfica (notación de Ege)

Los objetos y las clases se comparan a *variables* y *tipos* en lenguajes de programación convencional. Una variable es una instancia de un tipo, al igual que un objeto es una instancia de una clase; sin embargo, una clase es más expresiva que un tipo. Expresa la estructura y todos los procedimientos y funciones que se pueden aplicar a una de sus instancias.

En un lenguaje estructurado, un tipo `integer`, por ejemplo, define la estructura de una variable entera, por ejemplo, una secuencia de 16 bits y los procedimientos y funciones que se pueden realzar sobre enteros. De acuerdo a nuestra definición de «clase», el tipo `integer` será una clase. Sin embargo, en estos lenguajes de programación no es posible agrupar nuevos tipos y sus correspondientes nuevas funciones y procedimientos en una única unidad. En un lenguaje orientado a objetos una clase proporciona este servicio. Además de los términos objetos y clases, existen otros términos en orientación a objetos. Las variables o campos que se declaran dentro de una clase se denominan *datos miembro* o *variables de instancia* . Las funciones que se declaran dentro de una clase se denominan *función miembro* o *método.* Las funciones y campos miembro se conocen como *características miembro*, o simplemente, *miembros.* A veces se invierten las palabras, y la *función miembro* se conoce como *miembro función* y los campos se denominan *miembros dato.*

Es útil ilustrar objetos y clases con diagramas[4]. La Figura 15.7 muestra el esquema general de un diagrama objeto. Un objeto se dibuja como una caja. La caja se etiqueta con el nombre del objeto y representa el límite o frontera entre el interior y el exterior de un objeto.

Un campo se dibuja por una caja rectangular, una función por un hexágono largo. Los campos y funciones se etiquetan con sus nombres. Si una caja rectangular contiene algo, entonces se representa el valor del campo para el objeto dibujado. Los campos y funciones miembro en el interior de la caja están ocultos al exterior, que significa estar *encapsulados.* El acceso a las características de los miembros (campos y funciones) es posible a través del interfaz del objeto. En una clase en C++, el interfaz se construye a partir de todas las características que se listan después de la palabra reservada **`public`**; puede ser funciones y campos.

La Figura 15.8 muestra el diagrama objeto del objeto `"hola mundo"`. Se llama `Saludo1` y permite acceder a su estado interno a través de las funciones miembro públicas `cambiar` y `anunciar`. El campo miembro privado contiene el valor `Esto es saludo1`.

---

[4] Las notaciones de clases y objetos utilizada en esta sección se deben a Raimund K. Ege, que las dio a conocer en su libro *Programming in an Object-Oriented Environment*, Academic Press (AP), 1992.

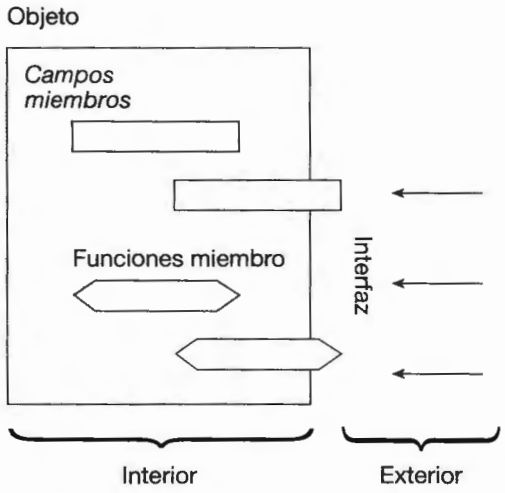


Figura 15.7. Diagrama de un objeto.

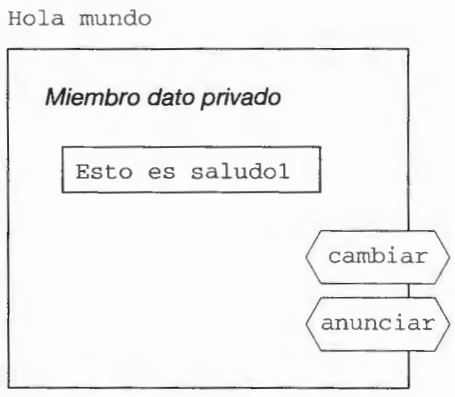


Figura 15.8. El objeto `saludo1`.

¿Cuál es la diferencia entre clase y objeto?

Un objeto es un simple elemento, no importa lo complejo que pueda ser. Una clase, por el contrario, describe una familia de elementos similares. En la práctica, una clase es como un esquema o plantilla que se utiliza para definir o crear objetos.

A partir de una clase se puede definir un número determinado de objetos. Cada uno de estos objetos generalmente tendrá un estado particular propio (una pluma estilográfica puede estar llena, otra puede estar medio llena y otra totalmente vacía) y otras características (como su color), aunque compartan algunas operaciones comunes (como «escribir» o «llenar su depósito de tinta»). Los objetos tienen las siguientes características:

- Se agrupan en tipos llamados *clases*.
- Tienen *datos internos* que definen su estado actual.
- Soportan *ocultación de datos*.
- Pueden *heredar* propiedades de otros objetos.
- Pueden comunicarse con otros objetos pasando *mensajes*.
- Tienen *métodos* que definen su *comportamiento*.

La Figura 15.9 muestra el diseño general de diagramas que representan a una clase y a objetos pertenecientes a ella.

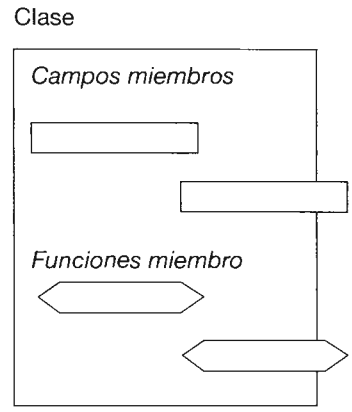


Figura 15.9. Diagrama de una clase.

Una clase es un tipo definido que determina las estructuras de datos y operaciones asociadas con ese tipo. Las clases son como plantillas que describen cómo están construidos ciertos tipos de objetos. Cada vez que se construye un objeto de una clase estamos creando lo que se llama una *instancia* (modelo o ejemplar) de una clase y la operación correspondiente se llama *instanciación* (creación de instancias). Por consiguiente, los objetos no son más que instancias de clases. En general, los términos objeto e instancia de una clase se pueden utilizar indistintamente.

- Un objeto es una instancia de una clase.
- Una clase puede tener muchas instancias y cada una es un objeto independiente.
- Una clase es una plantilla que se utiliza para describir uno o más objetos de un mismo tipo.

15.2.5. Datos internos

Una propiedad importante de los objetos es que almacenan información de su *estado* en forma de datos internos. El estado de un objeto es simplemente el conjunto de valores de todas las variables contenidas dentro del objeto en un instante dado. A veces se denominan a las variables que representan a los objetos *variables de estado*. Así, por ejemplo, si tuviésemos una clase ventana en C++:

```
class ventana {
  int posx, posy;
  int tipo_ventana;
  int tipo_borde;
  int color_ventana;
public:
  void move_hor (int dir, int ang);
  void move_ver (int dir, int ang);
  void subir (int f);
  ...
};
```

Las variables de estado pueden ser las coordenadas actuales de la ventana y sus atributos de color actuales.

En muchos casos, las variables de estado se utilizan sólo indirectamente. Así, en el caso del ejemplo de la ventana, suponga que una orden (mandato) típica a la ventana es:

```
Subir 5 filas
```

Esto significa que la ventana se moverá hacia arriba una cantidad dada por 5 filas y 6 columnas.

```
Mensaje surbir (5)
```

Afortunadamente, no necesita tener que guardar la posición actual de la ventana, ya que el objeto hace esa operación por usted. La posición actual se almacena en una variable de estado que mantiene internamente la ventana.

15.2.6. Ocultación de datos

Con el fin de mantener las características de caja negra de POO se debe considerar cómo se accede a un objeto en el diseño del mismo. Normalmente es una buena práctica restringir el acceso a las variables estado de un objeto y a otra información interna que se utiliza para definir el objeto. Cuando se utiliza un objeto no necesitamos conocer todos los detalles de la implementación. Esta práctica de limitación del acceso a cierta información interna se llama *ocultación de datos*.

En el ejemplo anterior de ventana, el usuario no necesita saber cómo se implementa la ventana; sólo cómo se utiliza. Los detalles internos de la implementación pueden y deben ser ocultados. Considerando este enfoque, somos libres de cambiar el diseño de la ventana (bien para mejorar su eficiencia o bien para obtener su trabajo en un hardware diferente), sin tener que cambiar el código que la utiliza.

C++ , **Java** y **C#**, soportan las características de ocultación de datos con las palabras reservadas **`public`**, **`private`** y **`protected`**.

15.3. COMUNICACIONES ENTRE OBJETOS: LOS MENSAJES

Ya se ha mencionado en secciones anteriores que los objetos realizan acciones cuando ellos reciben mensajes. El mensaje es esencialmente una orden que se envía a un objeto para indicarle que realice alguna acción. Esta técnica de enviar mensajes a objetos se denomina *paso de mensajes*. Los objetos se comunican entre sí enviando mensajes, al igual que sucede con las personas. Los mensajes tienen una contrapartida denominada métodos. Mensajes y métodos son dos caras de la misma moneda. Los *métodos* son los procedimientos que se invocan cuando un objeto recibe un *mensaje*. En terminología de programación tradicional, un mensaje es una *llamada a una función*. Los mensajes juegan un papel crítico en POO. Sin ellos los objetos que se definen no se podrán comunicar entre sí. Como ejemplo, consideramos enviar un mensaje tal como *subir 5 líneas* el objeto ventana definido anteriormente. El aspecto importante no es cómo se implementa un mensaje, sino cómo se utiliza.

Consideremos de nuevo nuestro objeto `ventana`. Supongamos que deseamos cambiar su tamaño, de modo que le enviamos el mensaje

```
ventana1.reducir_der(3)      // reducir 3 columnas por la derecha
```

Observe que no le indicamos a la ventana cómo cambiar su tamaño, la ventana maneja la operación por sí misma. De hecho, se puede enviar el mismo mensaje a diferentes clases de ventanas y esperar a que cada una realice la misma acción.

Los mensajes pueden venir de otros objetos o desde fuentes externas, tales como un ratón o un teclado.

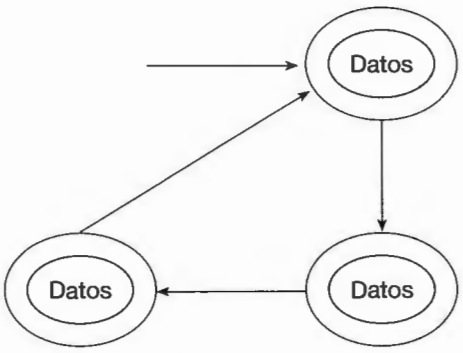


Figura 15.10. Mensajes entre objetos.

Una aplicación *Windows* es un buen ejemplo de cómo se emplean los mensajes para comunicarse entre objetos. El usuario pulsa un botón para enviar (remitir, despachar) mensajes a otros objetos que realizan una función específica. Si se pulsa el botón `Exit`, se envía un mensaje al objeto responsable de cerrar la aplicación. Si el mensaje es válido, se invoca el método interno. Entonces se cierra la aplicación.

15.3.1. Mensajes

A los objetos sólo se puede acceder a través de su interfaz público. ¿Cómo se permite el acceso a un objeto? Un objeto accede a otro objeto enviándole un mensaje; en estos casos se dice que el objeto se ha activado.

Un *mensaje* es una petición de un objeto a otro objeto al que le solicita ejecutar uno de sus métodos. Por convenio, el objeto que envía la petición se denomina *emisor* y el objeto que recibe la petición se denomina *receptor*.

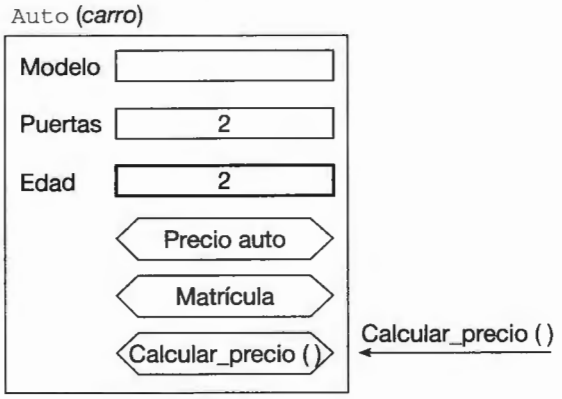


Figura 15.11. Envío de un mensaje.

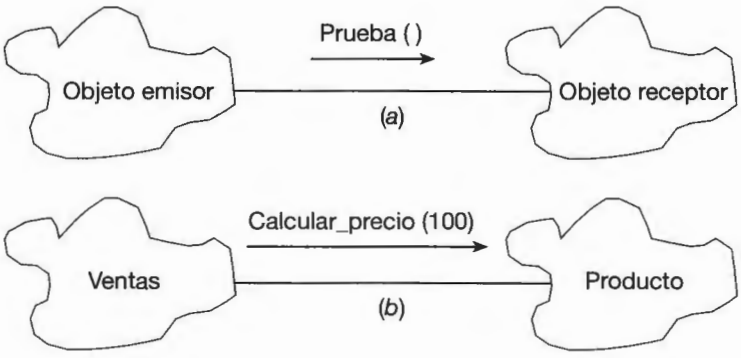


Figura 15.12. Objetos emisor y receptor de un mensaje.

Estructuralmente, un mensaje consta de tres partes:

- *Identidad* del receptor.
- El *método* que se ha de ejecutar.
- *Información especial* necesaria para realizar el método invocado (argumentos o parámetros requeridos).

Cuando un objeto está inactivo (durmiendo) y recibe un mensaje se hace activo. El mensaje enviado por otros objetos o fuentes tiene asociado un método que se activará cuando el receptor recibe dicho mensaje. La petición no especifica *cómo* se realiza la operación. Tal información se oculta siempre al emisor.

El conjunto de mensajes a los que responde un objeto se denomina *comportamiento* del objeto. No todos los mensajes de un objeto responden; es preciso que pertenezcan al interfaz accesible.

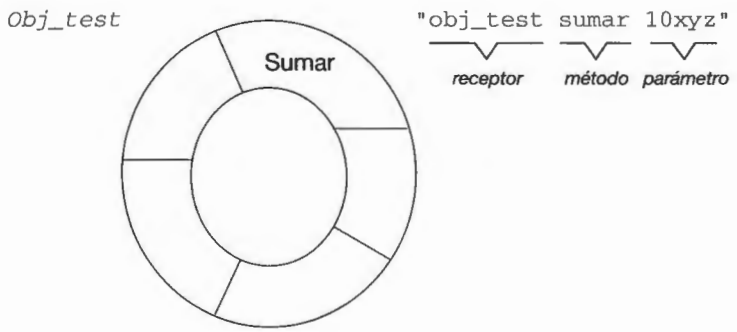


Figura 15.13. Estructura de un mensaje.

Nombre de un mensaje

Un mensaje incluye el nombre de una operación y cualquier argumento requerido por esa operación. Con frecuencia es útil referirse a una operación por su nombre, sin considerar sus argumentos.

Métodos

Cuando un objeto recibe un mensaje se realiza la operación solicitada ejecutando un método. Un *método* es el algoritmo ejecutado en respuesta a la recepción de un mensaje cuyo nombre se corresponde con el nombre del método.

La secuencia actual de acontecimientos es que el emisor envía su mensaje; el receptor ejecuta el método apropiado, consumiendo los parámetros; a continuación, el receptor devuelve algún tipo de respuesta al emisor para reconocer el mensaje y devolver cualquier información que se haya solicitado.

El receptor responde a un mensaje.

15.3.2. Paso de mensajes

Los objetos se comunican entre sí a través del uso de mensajes. El interfaz del mensaje se define en un interfaz claro entre el objeto y el resto de su entorno.

Esencialmente, el protocolo de un mensaje implica dos partes: el emisor y el receptor. Cuando un objeto emisor envía un mensaje a un objeto receptor, tiene que especificar lo siguiente:

1. Un receptor.
2. Un nombre de mensaje.
3. Argumentos o parámetros (si se necesita).

En primer lugar, un objeto receptor que ha de recibir el mensaje que se ha especificado. Los objetos no especificados por el emisor no responderán. El receptor trata de concordar el nombre del mensaje con los mensajes que él entiende. Si el mensaje no se entiende, el objeto receptor no se activará. Si el mensaje se entiende por el objeto receptor, éste aceptará y responderá al mensaje invocando el método asociado.

Los parámetros o argumentos pueden ser:

1. Datos utilizados por el método invocado.
2. Un mensaje, propiamente dicho.

La estructura de un mensaje puede ser:

```
Enviar <Objeto A>.<Método1 (parámetro1, ...,parámetroN)>
```

El ejemplo siguiente muestra algunos mensajes que se pueden enviar al objeto `Coche1`. El primero de éstos invoca al método `Precio_Coche` y no tiene argumentos, mientras que el segundo, `Fijar_Precio`, envía los parámetros 3500000, y `Poner_en_blanco` no tiene argumentos.

Ejemplo 15.1

`enviar Auto1.Precio_Auto()`	envía a `Auto1` el mensaje `Precio_Auto`
`enviar Auto1.Fijar_precio(3500000)`	envía a `Auto1` el mensaje `Fijar_precio` con el parámetro 3500000
`enviar Auto1.Poner_en_blanco()`	envía a `Auto1` el mensaje `Poner_en_blanco`

15.4. ESTRUCTURA INTERNA DE UN OBJETO

La estructura interna de un objeto consta de dos componentes básicos:

- Atributos.
- Métodos (operaciones o servicios).

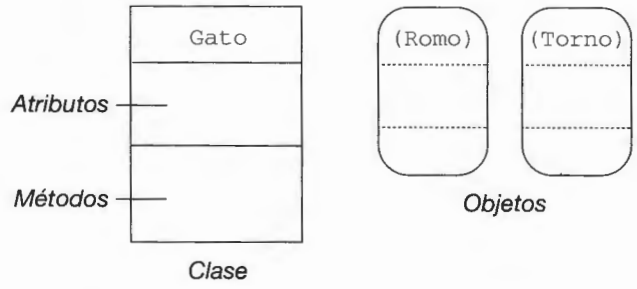


Figura 15.14. Notación gráfica OMT de una clase y de un objeto.

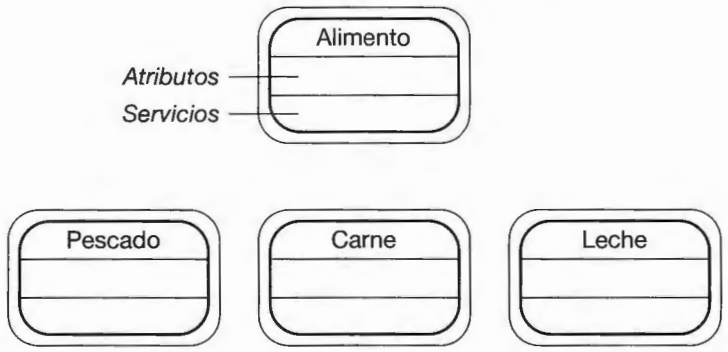


Figura 15.15. Objetos en notación Coad/Yourdon.

15.4.1. Atributos

Los **atributos** describen el estado del objeto. Un atributo consta de dos partes: un nombre de atributo y un valor de atributo.

Los objetos simples pueden constar de tipos primitivos, tales como enteros, carácter, boolean, reales, o tipos simples definidos por el usuario. Los objetos complejos pueden constar de pilas, conjuntos, listas, arrays, etc., incluso estructuras recursivas de alguno o todos los elementos.

Los constructores se utilizan para construir estos objetos complejos a partir de otros objetos complejos.

15.4.2. Métodos

Los **métodos** (operaciones o servicios) describen el *comportamiento* asociado a un objeto. Representan las acciones que pueden realizarse por un objeto o sobre un objeto. La ejecución de un método puede conducir a cambiar el estado del objeto o dato local del objeto.

Cada método tiene un nombre y un cuerpo que realiza la acción o comportamiento asociado con el nombre del método. En un LOO, el cuerpo de un método consta de un bloque de código procedimental que ejecuta la acción requerida. Todos los métodos que alteran o acceden a los datos de un objeto se definen dentro del objeto. Un objeto puede modificar directamente o acceder a los datos de otros objetos.

Un método dentro de un objeto se activa por un mensaje que se envía por otro objeto al objeto que contiene el método. De modo alternativo, se puede llamar por otro método en el mismo objeto por un mensaje local enviado de un método a otro dentro del objeto.

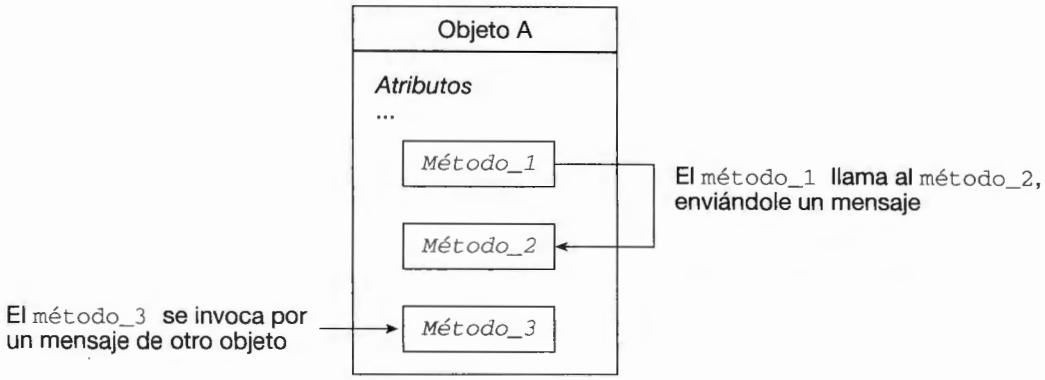


Figura 15.16. Invocación de un método.

```
real función Calculo_precio()
inicio
  devolver (Precio_coste_calculo_depreciacion (Edad));
fin_función
```

15.5. CLASES

La clase es la construcción del lenguaje utilizada más frecuentemente para definir los tipos abstractos de datos en lenguajes de programación orientados a objetos. Una de las primeras veces que se utilizó el concepto de clase fue en Simula (Dahl y Nygaard, 1966; Dhal, Myhrhang y Nigaard, 1970)[5] como entidad que declara conjuntos de objetos similares. En Simula, las clases se utilizaron principalmente como plantillas para crear objetos de una misma estructura. Los atributos de un objeto pueden ser tipos base, tales como enteros, reales y *booleanos*; o bien pueden ser arrays, procedimientos o instancias de otras clases.

Generalmente, una clase se puede definir como una descripción abstracta de un grupo de objetos, cada uno de los cuales se diferencia por un *estado* específico y es capaz de realizar una serie de *operaciones*. Por ejemplo, una pluma estilográfica es un objeto que tiene un estado (llena de tinta o vacía) que puede realizar algunas operaciones (por ejemplo, escribir, poner/quitar el capuchón, rellenar si está vacía).

En programación, una clase es una estructura que contiene datos y procedimientos (o funciones) que son capaces de operar sobre esos datos. Una clase pluma estilográfica puede tener, por ejemplo, una variable que indica si está llena o vacía; otra variable puede contener la cantidad de tinta cargada realmente. La clase contendrá algunas funciones que operan o utilizan esas variables. Dentro de un programa, las clases tienen dos propósitos principales: definir abstracciones y favorecer la modularidad.

¿Cuál es la diferencia entre una clase y un objeto, con independencia de su complejidad? Una clase verdaderamente describe una familia de elementos similares. En realidad, una clase es una plantilla para un tipo particular de objetos. Si se tienen muchos objetos del mismo tipo, sólo se tienen que definir las características generales de ese tipo una vez, en lugar de en cada objeto.

A partir de una clase se puede definir un número de objetos. Cada uno de estos objetos tendrá, generalmente, un estado peculiar propio (una pluma puede estar rellenada, otra puede estar medio-vacía

---

[5] Lamentablemente en agosto del 2002, durante la escritura del primer borrador de este capítulo, la prensa mundial se hizo eco del fallecimiento de Krysten Nygard, el inventor de Simula, a los 75 años. Este investigador noruego no sólo está considerado como uno de los padres de la programación orientada a objetos, sino también como uno de los padres de Internet, dado que sus trabajos de simulación contribuyeron y alentaron la creación de la Red Internet tal y como hoy se la conoce. Sirva esta breve nota necrológica como pequeño y sincero homenaje a su obra.

y otra estar totalmente vacía) y otras características (como su color), aunque compartirán operaciones comunes (como «escribir», «llenar», «poner el capuchón», etc.

En resumen, un objeto es una instancia de una clase.

15.5.1. Una comparación con tablas de datos

Una *clase* se puede considerar como la extensión de un registro. Aquellas personas familiarizadas con sistemas de bases de datos pueden asociar clase e instancias con tablas y registros, respectivamente. Al igual que una clase, una tabla define los nombres y los tipos de datos de la información que contenga. Del mismo modo que una instancia, un registro de esa tabla proporciona los valores específicos para una entrada particular. La principal diferencia, a nivel conceptual, es que las clases contienen métodos, además de las definiciones de datos.

Una clase es una caja negra o módulo en la que está permitido conocer *lo que hace* la clase, pero no *cómo* lo hace.

Una clase será un *módulo* y un *tipo*. Como módulo la clase encapsula los recursos que ofrece a otras clases (sus clientes). Como *tipo* describe un conjunto de *objetos* o *instancias* que existen en tiempo de ejecución.

Figura 15.17. Una clase y una instancia (objeto) de la clase (notación Booch).

Instancias como registros			
Servicio	**Horas**	**Frecuencia**	**Descuento**
S2020	4,5	6	10
S1010	8	2	20
S4040	5	3	15

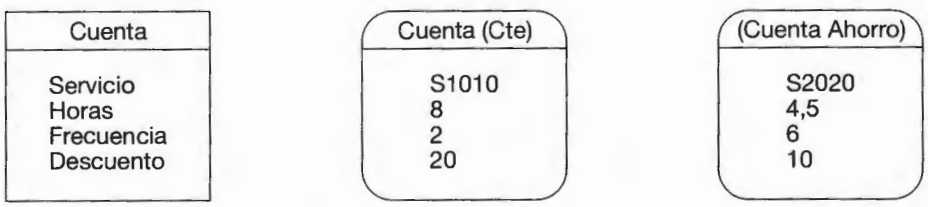


Figura 15.18. Clase Cuenta e instancias de una clase (notación OMT).

Los objetos ocupan espacio en memoria, y en consecuencia existen en el tiempo, y deberán *crearse* o *instanciarse*. Por la misma razón, se debe liberar el espacio en memoria ocupado por los objetos. Dos operaciones comunes típicas en cualquier clase son:

- *Constructor*: una operación que crea un objeto y/o inicializa su estado.
- *Destructor*: una operación que libera el estado de un objeto y/o destruye el propio objeto.

Los constructores y destructores se declaran como parte de la definición de una clase. La creación se suele hacer a través de operaciones especiales cuyo nombre suele ser el mismo que el de la clase a la cual sirven; estas operaciones se aplicarán implícitamente o se deberán llamar explícitamente por otros objetos tal como sucede en lenguajes como C++ o Java. Cuando se desea crear una nueva instancia de una clase, se llama a un método de la propia clase para realizar el proceso de construcción. Los métodos constructores se definen como métodos de la clase.

De modo similar, los métodos empleados para destruir objetos y liberar la memoria ocupada se denominan *destructores* y se suelen también definir dentro de la clase (en el caso de C++ al nombre se le antepone el carácter tilde : `nombreDestructor`)

Un objeto es una *instancia* (ejemplar, caso u ocurrencia) de una clase.

15.6. HERENCIA

La encapsulación es una característica muy potente, y junto con la ocultación de la información, representan el concepto avanzado de objeto, que adquiere su mayor relevancia cuando encapsula e integra datos, más las operaciones que manipulan los datos en dicha entidad. Sin embargo, la orientación a objetos se caracteriza, además de por las propiedades anteriores, por incorporar la característica de *herencia*, propiedad que permite a los objetos ser construidos a partir de otros objetos. Dicho de otro modo, la capacidad de un objeto para utilizar las estructuras de datos y los métodos previstos en antepasados o ascendientes. El objetivo final es la **reutilizabilidad** o **reutilización** (*reusability*)[6], es decir, reutilizar código anteriormente ya desarrollado.

La herencia se apoya en el significado de ese concepto en la vida diaria. Así, las clases básicas o fundamentales se dividen en subclases. Los animales se dividen en mamíferos, anfibios, insectos, pájaros, peces, etc. La clase vehículo se divide en subclase automóvil, motocicleta, camión, autobús, etc. El principio en que se basa la división de clases es la jerarquía compartiendo características comunes. Así, todos los vehículos citados tienen un motor y ruedas, que son características comunes; si bien los camiones tienen una caja para transportar mercancías, mientras que las motocicletas tienen un manillar en lugar de un volante.

La herencia supone una *clase base* y una *jerarquía de clases* que contienen las *clases derivadas* de la clase base. Las clases derivadas pueden heredar el código y los datos de su clase base, añadiendo su propio código especial y datos a ellas, incluso cambiar aquellos elementos de la clase base que necesita sean diferentes.

No se debe confundir las relaciones de los objetos con las clases, con las relaciones de una clase base con sus clases derivadas. Los objetos existentes en la memoria de la computadora expresan las características exactas de su clase que sirve como un módulo o plantilla. Las clases derivadas heredan características de su clase base, pero añaden otras características propias nuevas.

Una clase *hereda* sus características (datos y funciones) de otra clase.

---

[6] Este término también se suele traducir por *reusabilidad*, aunque no es un término aceptado por el Diccionario de la Real Academia Española. La última edición del DRAE (22.ª edición, Madrid, 2001) incorpora los términos *reutilizar, reutilización y reutilizable* pero no acepta *reusar, reusable* ni *reusabilidad*. Mantenemos el término «*reusable*» en la obra por su gran difusión en la jerga informática.

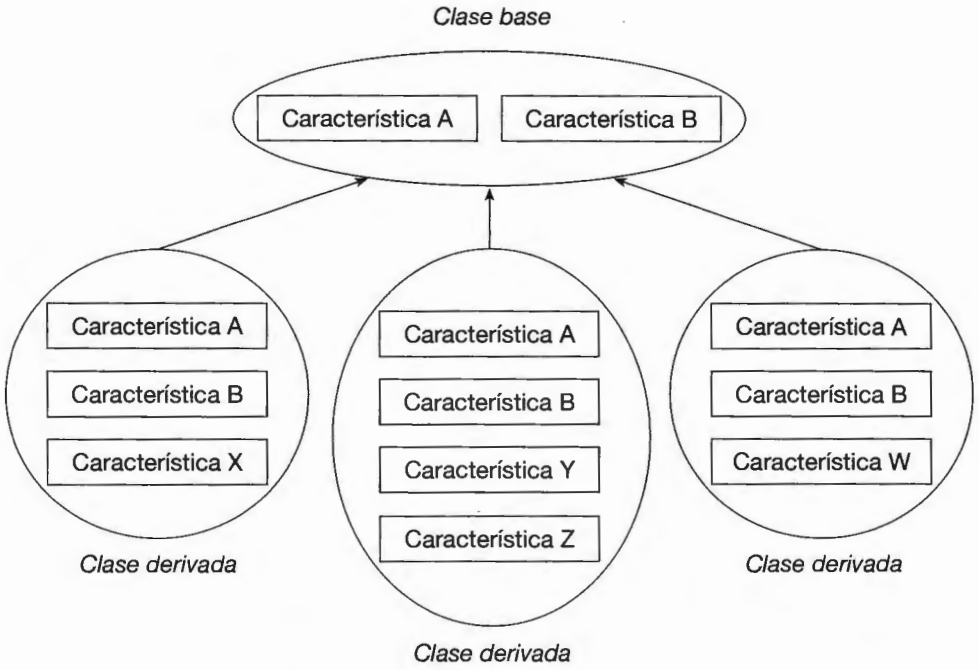


Figura 15.19. Jerarquía de clases.

Así, se puede decir que una clase de objetos es un conjunto de objetos que comparten características y comportamientos comunes. Estas características y comportamientos se definen en una clase base. Las clases derivadas se crean en un proceso de definición de nuevos tipos y reutilización del código anteriormente desarrollado en la definición de sus clases base. Este proceso se denomina *programación por herencia*. Las clases que heredan propiedades de una clase base pueden a su vez servir como definiciones base de otras clases. Las jerarquías de clases se organizan en forma de árbol.

Como ejemplo, considérese la jerarquía de herencia mostrada en la Figura 15.20. Las clases de objeto `mamífero`, `pájaro` e `insecto` se definen como *subclases* de animal; la clase de objeto persona, como una subclase de `mamífero`, y `hombre` y `mujer` son subclases de persona. Las definiciones de clases de esta jerarquía se pueden definir con esta sintaxis.

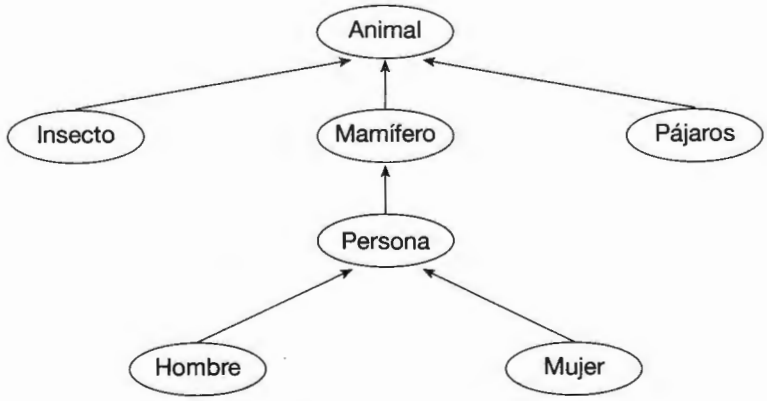


Figura 15.20. Jerarquía de herencia.

```
clase criatura

  // atributos
  cadena      : tipo
  real        : peso
  tipoHabitat : habitat

  // operaciones
  constructor criatura()
  inicio
    ...
  fin_constructor

  método predadores(E criatura: predador)
  inicio
    ...
  fin_método

  entero funcion esperanza_vida()
  inicio
    ...
  fin_funcion
  ...

fin_clase //fin criatura

clase mamifero hereda_de criatura

  // atributos o propiedades
  real: periodo_gestacion

  //     operaciones
         ...

fin_clase //fin mamífero

clase persona hereda_de mamifero

  // propiedades
  cadena : apellidos, nombre
  fecha  : fecha_nacimiento
  // fecha es un tipo de dato compuesto que suele venir
  // predefinido en los lenguajes orientados a objetos modernos
     pais   : origen
  ...

  //operaciones
  ...

fin_clase //fin persona

clase hombre hereda_de persona

  //atributos
  mujer: esposa
  ...

  //operaciones
  ...
```

```
fin_clase //fin hombre.

clase mujer hereda_de persona

  //propiedades
    hombre: esposo
    cadena: nombre
  ...

  //operaciones
  ...

fin_clase // fin mujer
```

La herencia es un mecanismo potente para tratar con la evolución natural de un sistema y con modificación incremental [Meyer, 1988]. Existen dos tipos diferentes de herencia: *simple* y *múltiple*.

15.6.1. Tipos de herencia

Existen dos mecanismos de herencia utilizados comúnmente en programación orientada a objetos: *herencia simple* y *herencia múltiple*.

Herencia simple es aquel tipo de herencia en la cual un objeto (*clase*) puede tener sólo un ascendiente, o dicho de otro modo, una subclase puede heredar datos y métodos de una única clase, así como añadir o quitar comportamientos de la clase base. **Herencia múltiple** es aquel tipo de herencia en la cual una clase puede tener más de un ascendiente inmediato, o lo que es igual, adquirir datos y métodos de más de una clase. **Object Pascal**, **Samlltalk**, **Java** y **C#,** sólo admiten herencia simple, mientras que **Eiffel** y **C++** admite herencia simple y múltiple.

La Figura 15.21 representa los gráficos de herencia simple y herencia múltiple de la clase `Figura` y `Persona`, respectivamente.

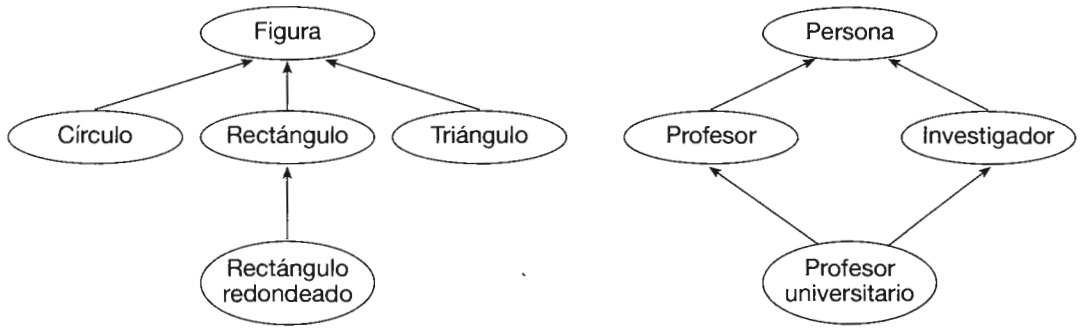


Figura 15.21. Tipos de herencia.

A primera vista se puede suponer que la herencia múltiple es mejor que la herencia simple; sin embargo, como ahora comentaremos, no siempre será así. En general, prácticamente todo lo que se puede hacer con herencia múltiple se puede hacer con herencia simple, aunque a veces resulta más difícil. Una dificultad surge con la herencia múltiple cuando se combinan diferentes tipos de objetos, cada uno de los cuales define métodos o campos iguales. Supongamos dos tipos de objetos pertenecientes a las clases `Gráficos` y `Sonidos`, y se crea un nuevo objeto denominado `Multimedia` a partir de ellos. `Gráficos` tiene tres campos datos: `tamaño`, `color` y `mapasDeBits`, y los méto-

dos `dibujar`, `cargar`, `almacenar` y `escala`; `Sonidos` tiene dos campos dato, `duración`, `voz` y `tono`, y los métodos `reproducir`, `cargar`, `escala` y `almacenar`. Así, para un objeto `Multimedia`, el método `escala` significa poner el sonido en diferentes tonalidades, o bien aumentar/reducir el tamaño de la escala del gráfico.

Naturalmente, el problema que se produce es la ambigüedad, y se tendrá que resolver con una operación de prioridad que el correspondiente lenguaje deberá soportar y entender en cada caso.

En realidad, ni la herencia simple ni la herencia múltiple son perfectas en todos los casos, y ambas pueden requerir un poco más de código extra que represente bien las diferencias en el modo de trabajo.

15.6.2. Herencia simple (*herencia jerárquica*)

En esta jerarquía cada clase tiene como máximo una sola superclase. La herencia simple permite que una clase herede las propiedades de su superclase en una cadena jerárquica.

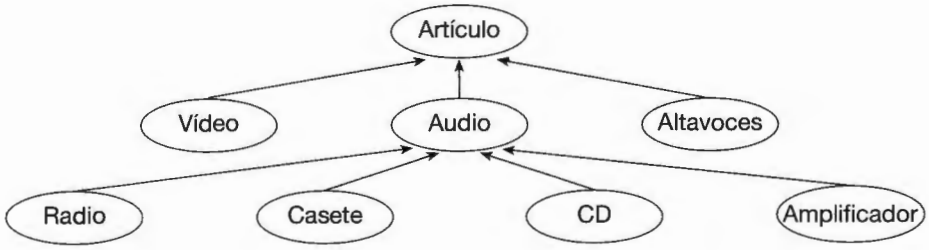


Figura 15.22. Herencia simple.

15.6.3. Herencia múltiple (*herencia en malla*)

Una malla o retícula consta de clases, cada una de las cuales puede tener una o más superclases inmediatas. Una herencia múltiple es aquella en la que cada clase puede heredar métodos y variables de cualquier número de superclase.

En la Figura 15.23 la clase `C` tiene dos superclases, `A` y `D`. Por consiguiente, la clase `C` hereda las propiedades de las clases `A` y `D`. Evidentemente, esta acción puede producir un conflicto de nombres, donde la clase `C` hereda las mismas propiedades de `A` y `D`.

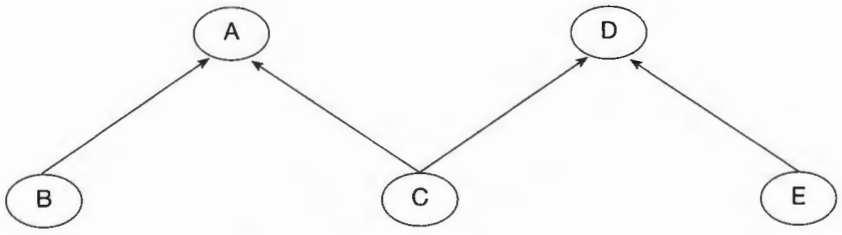


Figura 15.23. Herencia múltiple.

Herencia selectiva

La herencia selectiva es la herencia en que algunas propiedades de las superclases se heredan selectivamente por parte de la clase heredada. Por ejemplo, la clase `B` puede heredar algunas propiedades de la superclase `A`, mientras que la clase `C` puede heredar selectivamente algunas propiedades de la superclase `A` y algunas de la superclase `D`.

Herencia múltiple

Problemas

1. La propiedad referida sólo está en una de las subclases padre.
2. La propiedad concreta existe en más de una superclase.

Caso 1. No hay problemas.

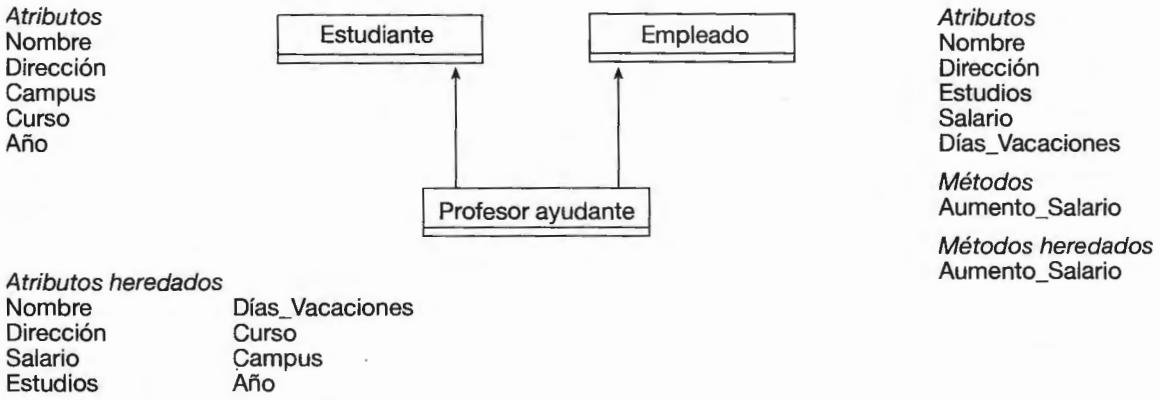


Figura 15.24. Herencia de atributos y métodos.

Caso 2. Existen diferentes tipos de conflictos que pueden ocurrir:

- Conflictos de nombres.
- Conflictos de valores.
- Conflictos por defecto.
- Conflictos por dominio.
- Conflictos por restricciones.

Por ejemplo

Conflicto de nombres	`Nombre`	`Nombre_estudiante`
		`Nombre_empleado`
Valores	`Atributos con igual nombre, tienen valores en cada clase.`	
	`Universidad con diversos campus.`	

Reglas de resolución de conflictos

1. Una lista de precedencia de clases.
2. Una precedencia especificada por el usuario para herencia, como en Smalltalk.
3. Lista de precedencia del usuario, y si no sucede así, la lista de precedencia de las clases por profundidad.

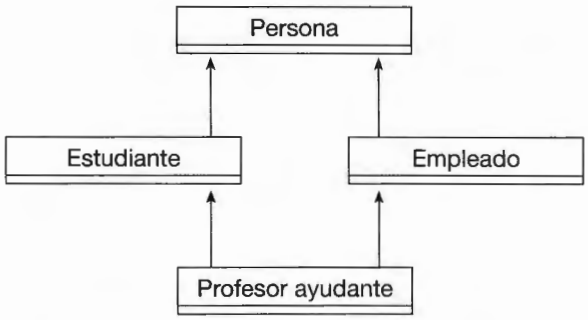


Figura 15.25. Clase derivada por herencia múltiple.

15.6.4. Clases abstractas

Con frecuencia, cuando se diseña un modelo orientado a objetos es útil introducir clases a cierto nivel que pueden no existir en la realidad pero que son construcciones conceptuales útiles. Estas clases se conocen como *clases abstractas*.

Una clase abstracta normalmente ocupa una posición adecuada en la jerarquía de clases que le permite actuar como un depósito de métodos y atributos compartidos para las subclases de nivel inmediatamente inferior.

Las clases abstractas no tienen instancias directamente. Se utilizan para agrupar otras clases y capturar información que es común al grupo. Sin embargo, las subclases de clases abstractas que corresponden a objetos del mundo real pueden tener instancias.

Una clase abstracta es `AUTO_TRANSPORTE_PASAJEROS`. Una subclase es `SEAT`, que puede tener instancias directamente, por ejemplo, `Auto1` y `Auto2`.

Una clase abstracta es una clase que sirve como clase base común, pero no tendrá instancias.

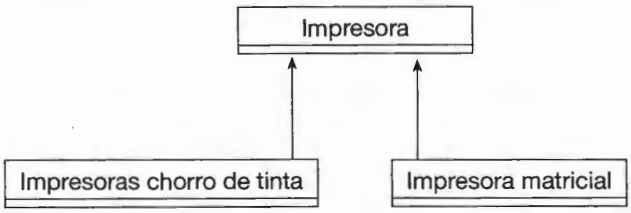


Figura 15.26. La clase abstracta impresora.

Las clases derivadas de una clase base se conocen como *clases concretas*, que ya pueden *instanciarse* (es decir, pueden tener *instancias*).

15.6.5. Anulación/sustitución

Como se ha comentado anteriormente, los atributos y métodos definidos en la superclase se heredan por las subclases. Sin embargo, si la propiedad se define nuevamente en la subclase, aunque se haya definido anteriormente a nivel de superclase, entonces la definición realizada en la subclase es la uti-

lizada en esa subclase. Entonces se dice que anulan las correspondientes propiedades de la superclase. Esta propiedad se denomina **anulación** o **sustitución** (*overriding*).

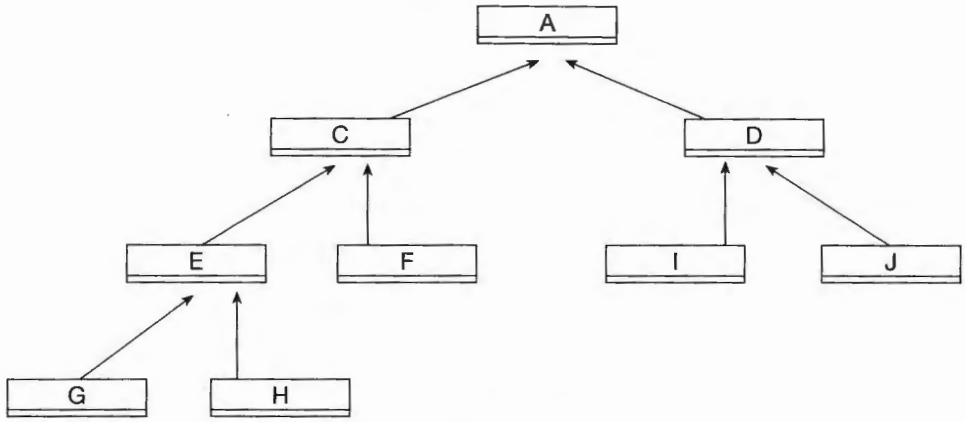


Figura 15.27. Anulación de atributos y métodos en clases derivadas.

Supongamos que ciertos atributos y métodos definidos en la clase `A` se redefinen en la clase `C`. Las clases `E`, `F`, `G` y `H` heredan estos atributos y métodos. La cuestión que se produce es si estas clases heredan las definiciones dadas en la clase `A` o las dadas en la clase `C`. El convenio adoptado es que una vez que un atributo o método se redefine en un nivel de clases específico, entonces cualquier hijo de esa clase, o sus hijos en cualquier profundidad, utilizan este método o atributo redefinido. Por consiguiente, las clases `E`, `F`, `G` y `H` utilizarán la redefinición dada en la clase `C`, en lugar de la definición dada en la clase `A`.

15.7. SOBRECARGA

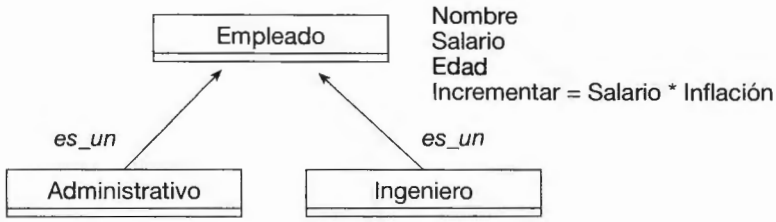
La sobrecarga es una propiedad que describe una característica adecuada que utiliza el mismo nombre de operación para representar operaciones similares que se comportan de modo diferente cuando se aplican a clases diferentes. Por consiguiente, los nombres de las operaciones se pueden sobrecargar, esto es, las operaciones se definen en clases diferentes y pueden tener nombres idénticos, aunque su código programado puede diferir.

Si los nombres de una operación se utilizan para nuevas definiciones en clases de una jerarquía, la operación a nivel inferior se dice que anula la operación a un nivel más alto.

Un ejemplo se muestra en la Figura 15.28, en la que la operación `Incrementar` está sobrecargada en la clase `Empleado` y la subclase `Administrativo`. Dado que `Administrativo` es una subclase de `Empleado`, la operación `Incrementar`, definida en el nivel Administrativo, anula la operación correspondiente al nivel Empleado. En `Ingeniero` la operación `Incrementar` se hereda de `Empleado`. Por otra parte, la sobrecarga puede estar situada entre dos clases que no están relacionadas jerárquicamente. Por ejemplo, `Cálculo_Comisión` está sobrecargada en `Administrativo` y en `Ingeniero`. Cuando un mensaje `Calcular_Comisión` se envía al objeto Ingeniero, la operación correspondiente asociada con `Ingeniero` se activa.

Actualmente la sobrecarga se aplica sólo a operaciones. Aunque es posible extender la propiedad a atributos y relaciones específicas del modelo propuesto.

La sobrecarga no es una propiedad específica de los lenguajes orientados a objetos. Lenguajes tales como C y Pascal soportan operaciones sobrecargadas, aunque no tienen el campo de aplicación tan grande. Algunos ejemplos son los operadores aritméticos, operaciones de E/S y operadores de asignación de valores.




```
Beneficios          Calcular_Comisión = 0.05 * Presupuesto
Salario [40-80]
Edad [25-65]
Incrementar = (Salario + Comisión) * Inflación
Calcular_Comisión = 0,03 * Presupuesto
```

Figura 15.28. Sobrecarga.

En la mayoría de los lenguajes los operadores aritméticos «+», «-» y «*» se utilizan para sumar, restar o multiplicar números enteros o reales. Estos operadores funcionan incluso aunque las implementaciones de aritmética entera y real (coma flotante) sean bastante diferentes. El compilador genera código objeto para invocar la implementación apropiada basada en la clase (entero o coma flotante) de los operandos.

Así, por ejemplo, las operaciones de E/S (Entrada/Salida) se utilizan con frecuencia para leer números enteros, caracteres o reales. En Pascal `read(x)` (`leer(x)`, en nuestro peseudocódigo) se puede utilizar, siendo `x` un entero, un carácter o un real. Naturalmente, el código máquina real ejecutado para leer una cadena de caracteres es muy diferente del código máquina para leer enteros. `read(x)` es una operación sobrecargada que soporta tipos diferentes. Otros operadores tales como los de asignación («:=» en Pascal o «=» en C) son sobrecargados. Los mismos operadores de asignación se utilizan para variables de diferentes tipos.

Los lenguajes de programación convencionales soportan sobrecarga para algunas de las operaciones sobre algunos tipos de datos, como enteros, reales y caracteres. Los *sistemas orientados a objetos ahondan un poco más en la sobrecarga y la hacen disponible para operaciones sobre cualquier tipo objeto.*

Por ejemplo, en las operaciones binarias se pueden sobrecargar para números complejos, arrays, conjuntos o listas que se hayan definido como tipos estructurados o clases. Así, el operador binario «+» se puede utilizar para sumar las correspondientes partes reales e imaginarias de los números complejos. Si `A1` y `A2` son dos arrays de enteros, se puede definir:

```
A ← A1 + A2
```

para sumar:

```
A[i] ← A1[i] + A2[i]          // para todo i
```

De modo similar, si `S1` y `S2` son dos conjuntos de objetos, se puede definir:

```
S ← S1 + S2
```

Y en el caso de Java ocurre que el operador + sirve para concatenar tipos de datos string; es decir si t1 es un tipo de cadena y t2 es otro tipo cadena, t1 + t2 es una cadena que resulta de poner t1 y a continuación t2, es decir, concatenar ambas cadenas en el orden escrito previamente.

15.8. LIGADURA DINÁMICA

Los lenguajes OO tienen la característica de poder ejecutar ligadura tardía (*dinámica*), al contrario que los lenguajes imperativos, que emplean ligadura temprana (*estática*). Por consiguiente, los tipos de variables, expresiones y funciones se conocen en tiempo de compilación para estos lenguajes imperativos. Esto permite enlazar entre llamadas a procedimientos y los procedimientos utilizados que se establecen cuando se cumple el código. En un sistema OO esto requería el enlace entre mensajes y que los métodos se establecieran en tiempo dinámico.

En el caso de ligadura dinámica o tardía, el tipo se conecta directamente al objeto. Por consiguiente, el enlace entre el mensaje y el método asociado sólo se puede conocer en tiempo de ejecución.

La ligadura estática permite un tiempo de ejecución más rápido que la ligadura dinámica, que necesita resolver estos enlaces en tiempo de ejecución. Sin embargo, en ligadura estática se ha de especificar en tiempo de compilación las operaciones exactas a que responderá una invocación del método o función específica, así como conocer sus tipos.

Por el contrario, en la ligadura dinámica simplemente se especifica un método en un mensaje, y las operaciones reales que realiza este método se determinan en tiempo de ejecución. Esto permite definir funciones o métodos virtuales.

15.8.1. Funciones o métodos virtuales

Tanto en C# como en C++ es posible especificar un método como virtual en la definición de una clase particular. Un método virtual puede ser redefinido en las subclases derivadas y la implementación real del método se determina en tiempo de ejecución. En este caso, por consiguiente, la selección del método se hace en tiempo de compilación, pero el código real del método utilizado se determina utilizando ligadura dinámica o tardía en tiempo de compilación.

Esto permite definir el método de un número de formas diferentes para cada una de las diferentes clases. Consideremos la jerarquía de clases definida en la Figura 15.29.

Aquí el método virtual se define en la clase `FIGURA` y el código procedimental utilizado se define en cada una de las subclases `CIRCULO`, `CUADRADO`, `RECTANGULO` y `LINEA`. Ahora, si un mensaje se envía a una clase específica, se ejecuta el código asociado con ella. Esto contrasta con un enfoque más convencional que requiere definir los procedimientos por defecto, con nombres diferentes, tales como `Dibujar_círculo`, `Dibujar_cuadrado`, etc. También se requerirá utilizar una llamada al nombre de la función específica cuando sea necesario.

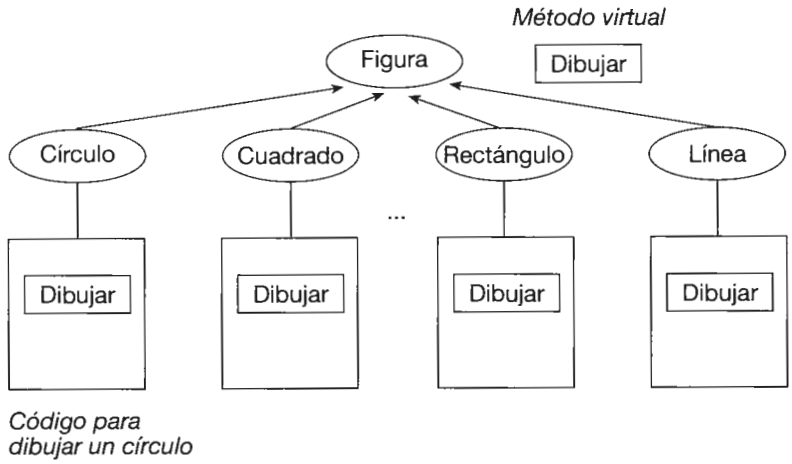


Figura 15.29. Métodos o funciones virtuales.

La capacidad de utilizar funciones virtuales y ejecutar sobrecarga conduce a una característica importante de los sistemas OO, conocida como *polimorfismo*, que esencialmente permite desarrollar sistemas en los que objetos diferentes puedan responder de modo diferente al mismo mensaje. En el caso de un método virtual se puede tener especialización incremental de, o adición incremental a, un método definido anteriormente en la jerarquía *(Más adelante volveremos a tratar este concepto).*

15.9. OBJETOS COMPUESTOS

Una de las características que hacen a los objetos ser muy potentes es que pueden contener otros objetos. Los objetos que contienen otros objetos se conocen como *objetos compuestos*.

En la mayoría de los sistemas los objetos no «contienen» en el sentido estricto otros objetos, sino que contienen referencias a otros objetos. La referencia almacenada en la variable se llama identificador del objeto (ID del objeto).

Esta característica ofrece dos ventajas importantes:

1. Los objetos «contenidos» pueden cambiar en tamaño y composición, sin afectar al objeto compuesto que los contiene. Esto hace que el mantenimiento de sistemas complejos de objetos anidados sea más sencillo, que sería el caso contrario.
2. Los objetos contenidos están libres para participar en cualquier número de objetos compuestos, en lugar de estar bloqueado en un único objeto compuesto.

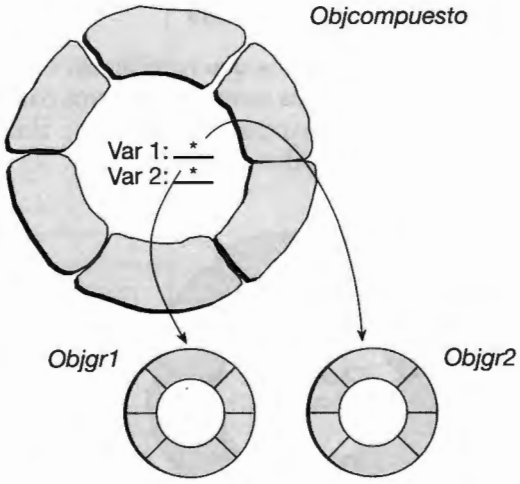


Figura 15.30. Un objeto compuesto.

Un objeto compuesto consta de una colección de dos o más objetos componentes. Los objetos componentes tienen una relación **part-of** (*parte-de*) o **component-of** (*componente-de*) con objeto compuesto. Cuando un objeto compuesto se instancia para producir una instancia del objeto, todos sus objetos componentes se deben instanciar al mismo tiempo. Cada objeto componente puede ser a su vez un objeto compuesto[7].

[7] Taylor, David: *Object_oriented Information System*, Wiley, 1992.

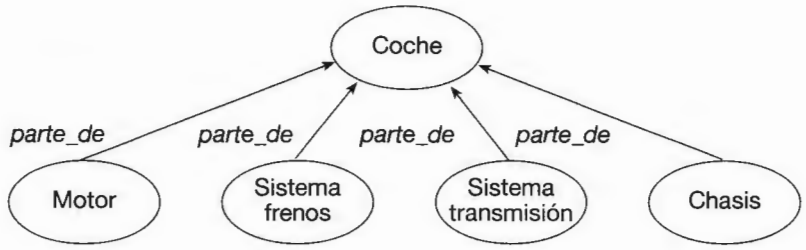


Figura 15.31. Relación de agregación (*parte_de*).

La relación *parte_de* puede representarse también por **has-a** (*tiene_un*), que indica la relación que une al objeto *agregado* o *continente*. En el caso del objeto compuesto `COCHE` se leerá: `COCHE` *tiene un* `MOTOR`, *tiene_un* `SISTEMA_DE_FRENOS`, etc.

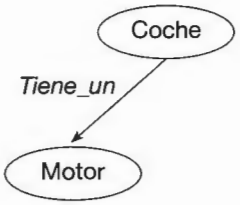


Figura 15.32. Relación de agregación (*tiene_un*).

15.9.1. Un ejemplo de objetos compuestos

La ilustración siguiente muestra dos objetos que representan órdenes de compra. Sus variables contienen información sobre clientes, artículos comprados y otros datos. En lugar de introducir toda la información directamente en los objetos `orden_compra`, se almacenan referencias a estos objetos componentes en el formato del identificador de objeto (IDO).

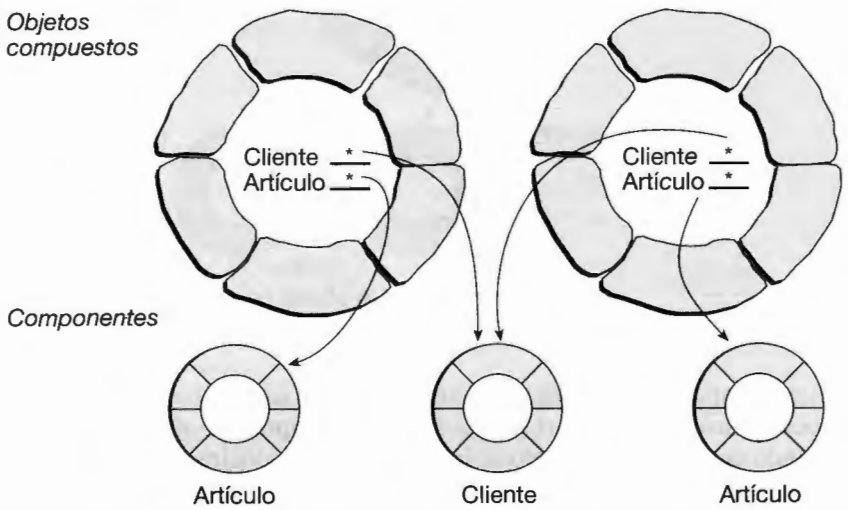
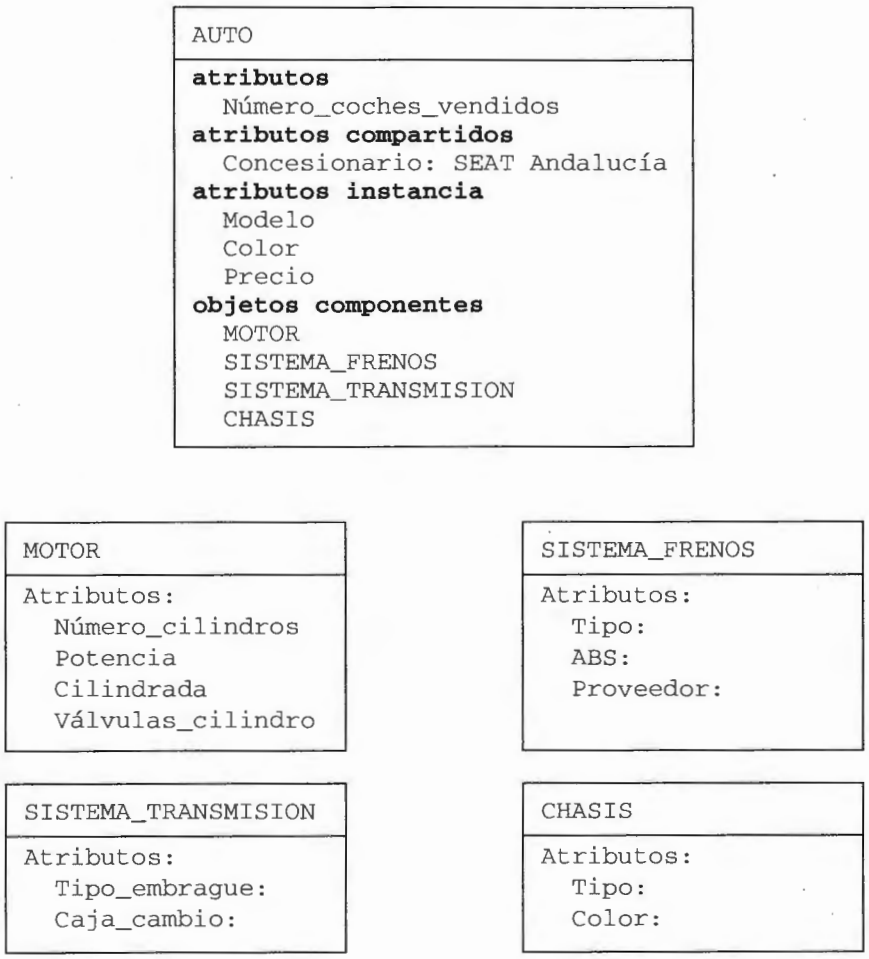


Figura 15.33. Objetos compuestos (dos objetos `orden_compra`[8]).

[8] Este ejemplo está citado en: Taylor, David: *op. cit.*, pág. 45. Asimismo, la notación de objetos empleada por Taylor se ha mantenido en varios ejemplos de nuestra obra, ya que la consideramos una de las más idóneas para reflejar el concepto de

15.9.2. Niveles de profundidad

Los objetos contenidos en objetos compuestos pueden por sí mismos ser objetos compuestos, y este anidamiento puede ir hasta cualquier profundidad. Esto significa que pueden construir estructuras de cualquier complejidad conectando objetos juntos. Esto es importante debido a que normalmente se necesita más de un nivel de modularización para evitar el caos en sistemas a gran escala.



Un objeto compuesto, en general, consta de una colección de dos o más objetos relacionados conocidos como objetos componentes. Los objetos componentes tienen una relación una *parte-de* o un *componente-de* con objeto compuesto. Cuando un objeto compuesto se instancia para producir un objeto instancia, todos sus objetos componentes se deben instanciar al mismo tiempo. Cada objeto componente puede, a su vez, ser un objeto compuesto, resultando, por consiguiente, una jerarquía de *componentes-de*.

---

objeto; esta obra y otras suyas sobre el tema son consideradas como aportaciones muy notables al mundo científico de los objetos.

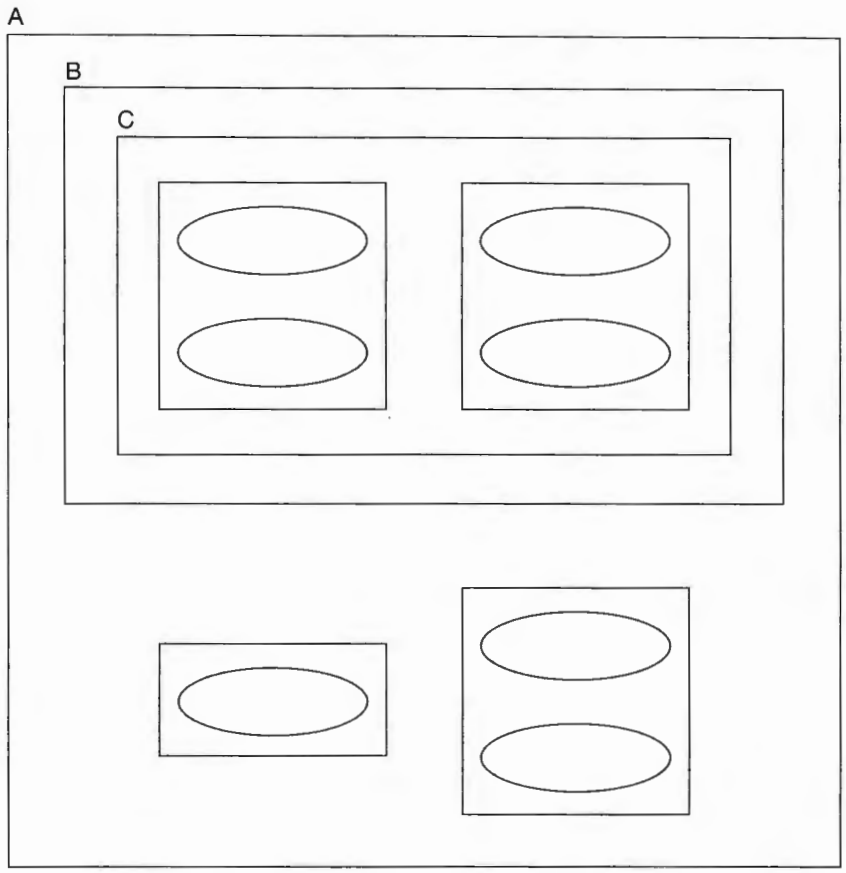


Figura 15.34. Jerarquía de componentes agregados.

Un ejemplo de un objeto compuesto es la clase AUTO. Un coche consta de diversas partes, tales como un motor, un sistema de frenos, un sistema de transmisión y un chasis; se puede considerar como un objeto compuesto que consta de partes diferentes: MOTOR, SISTEMA_FRENOS, SISTEMA_TRANSMISION, CHASIS. Estas partes constituyen los objetos componentes del objeto COCHE, de modo que cada uno de estos objetos componentes pueden tener atributos y métodos que los caracterizan.

Las jerarquías *componente-de* (*parte-de*) pueden estar solapadas o anidadas. Una jerarquía de solapamiento consta de objetos que son componentes de más de un objeto padre.

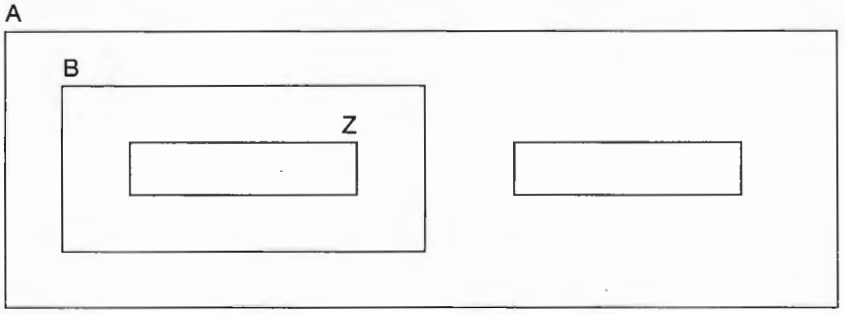


Figura 15.35. Anidamiento de objetos.

Una jerarquía anidada consta de objetos que son componentes de un objeto padre que, a su vez, puede actuar como componente de otro objeto. El objeto Z es un componente del objeto B, y el objeto B es un componente de un objeto complejo más grande, A.

Un ejemplo típico de un objeto compuesto anidado es un archivador. Un archivador contiene cajones, un cajón contiene carpetas y una carpeta contiene documentos. El ejemplo COCHE, citado anteriormente, es también un objeto compuesto anidado.

15.10. REUTILIZACIÓN CON ORIENTACIÓN A OBJETOS

Reutilización o *reutilizabilidad* es la propiedad por la que el software desarrollado puede ser utilizado cuantas veces sea necesario en más de un programa. Así por ejemplo, si se necesita una función que calcule el cuadrado o el cubo de un número, se puede crear la función que realice la tarea que el programa necesita. Con un esfuerzo suplementario se puede crear una función que pueda elevar cualquier número a cualquier potencia. Esta función se debe guardar para poderla utilizar como herramienta de propósito general en cuantas ocasiones sea necesario.

Las ventajas de la reutilización son evidentes. El ahorro de tiempo es, sin duda, una de las ventajas más considerables, y otra la facilidad para intercambiar software desarrollado por diferentes programadores.

En la programación tradicional, las bibliotecas de funciones (casos de FORTRAN o C) evitan que éstas tengan que ser escritas cada vez que se necesita su uso.

Ada y Modula-2 incorporan el tipo de dato *paquete* (**package**) y *módulo* (**module**) que consta de definición de tipos y códigos y que son la base de la reutilización de esos lenguajes.

15.10.1. Objetos y reutilización

La programación orientada a objetos proporciona el marco idóneo para la reutilización de las clases. Los conceptos de encapsulamiento y herencia son las bases que facilitan la reutilización. Un programador puede utilizar una clase existente, y sin modificarla añadirle nuevas características y datos. Esta operación se consigue derivando una clase a partir de la clase base existente. La nueva clase hereda las propiedades de la antigua, pero se pueden añadir nuevas propiedades. Por ejemplo, suponga que se escribe (o compra) una clase menú que crea un sistema de menús (barras de desplazamiento, cuadros de diálogo, botones, etc.); con el tiempo, aunque la clase funciona bien, observa que sería interesante que las leyendas de las opciones de los menús parpadearán o cambiarán de color. Para realizar esta tarea se diseña una clase derivada de menú que añade las nuevas propiedades de parpadeo o cambio de color.

La facilidad para reutilizar clases (y en consecuencia objetos) es una de las propiedades fundamentales que justifican el uso de la programación orientada a objetos. Por esta razón los sistemas y en particular los lenguajes orientados a objetos suelen venir provistos de un conjunto (*biblioteca*) de clases predefinidas, que permite ahorrar tiempo y esfuerzo en el desarrollo de cualquier aplicación. Esta herramienta —*la biblioteca de clases*— es uno de los parámetros fundamentales a tener en cuenta en el momento de evaluar un lenguaje orientado a objetos.

15.11. POLIMORFISMO

Otra propiedad importante de la programación orientada a objetos es el *polimorfismo*. Esta propiedad, en su concepción básica, se encuentra en casi todos los lenguajes de programación. El polimorfismo, en su expresión más simple, es el uso de un nombre o un símbolo —por ejemplo, un operador— para representar o significar más de una acción. Así, en **C**, **Pascal** **FORTRAN** —entre otros lenguajes— los operadores aritméticos representan un ejemplo de esta característica. El símbolo +, cuando se uti-

liza con enteros, representa un conjunto de instrucciones máquina distinto de cuando los operadores son valores reales de doble precisión. De igual modo, en algunos lenguajes el símbolo + sirve para realizar sumas aritméticas, o bien, para concatenar (unir) cadenas, como son los casos de **FORTRAN** y de **Java** que permiten concatenar cadenas.

La utilización de operadores o funciones de formas diversas, dependiendo de cómo se estén operando, se denomina *polimorfismo* (múltiples formas). Cuando un operador existente en el lenguaje, tal como +, = o * se le asigna la posibilidad de operar sobre un nuevo tipo de dato, se dice que está *sobrecargado*. La *sobrecarga* es una clase de polimorfismo, que también es una característica importante de POO. Un uso típico de los operadores aritméticos es la sobrecarga de los mismos para actuar sobre tipos de datos definidos por el usuario (objetos), además de sobre los tipos de datos predefinidos. Supongamos que se tienen tipos de datos que representan las posiciones de puntos en la pantalla de un computador (coordenadas *x* e *y*). En un lenguaje orientado a objetos se puede realizar la operación aritmética

```
posición1 = origen + posición2
```

donde las variables *posición1, posición2* y *origen* representan cada una posiciones de puntos, sobrecargando el operador más (+) para realizar suma de posiciones de puntos (*x, y*). Además de esta operación de suma se podrían realizar otras operaciones, tales como resta, multiplicación, etc., sobrecargando convenientemente los operadores -, *, etc.

La gran ventaja ofrecida por el polimorfismo y la sobrecarga, en particular, es permitir que los nuevos tipos de datos sean manipulados de forma similar que los tipos de datos predefinidos, logrando así ampliar el lenguaje de programación de una forma más ortogonal.

En un sentido más general, el polimorfismo supone que un mismo mensaje puede producir acciones (resultados) totalmente diferentes cuando se recibe por objetos diferentes. Con polimorfismo un usuario puede enviar un mensaje genérico y dejar los detalles de la implementación exacta para el objeto que recibe el mensaje. El polimorfismo se fortalece con el mecanismo de herencia .

Supongamos un tipo objeto llamado `vehículo` y tipos de objetos llamados `bicicleta`, `automóvil`, `moto` y `embarcación`. Si se envía un mensaje conducir al objeto `vehículo`, cualquier tipo que herede de vehículo puede también aceptar ese mensaje. Al igual que sucede en la vida real, el mensaje `conducir` reaccionará de modo diferente en cada objeto, debido a que cada vehículo requiere una forma distinta de conducir.

15.12. TERMINOLOGÍA DE ORIENTACIÓN A OBJETOS

Los lenguajes de programación orientados a objetos utilizados en la actualidad son numerosos y aunque la mayoría siguen criterios de terminología universales puede haber algunas diferencias relativas a su consideración de *puros* (**Smalltalk**, **Eiffel**, ...) e *híbridos* (**Object Pascal**, **VB .NET**, **C++**, **Java**, **C#**, ...). La Tabla 15.1 sintetiza la terminología utilizada en los manuales de programación de cada respectivo lenguaje:

Tabla 15.1. Terminología de Orientación a Objetos en diferentes lenguajes de programación

CONCEPTO	Object Pascal	VB. NET	C++	Java	C#	Smalltalk	Eiffel
Objeto	Objeto	Objeto	Objeto	Objeto	Objeto	Objeto	Objeto
Clase	Tipo-Objeto	Clase	Clase	Clase	Clase	Clase	Clase
Método	Método	Método	Función miembro	Método	Método	Método	Rutina
Mensaje	Mensaje	Mensaje	Mensaje	Mensaje	Mensaje	Mensaje	Aplicación
Herencia	Herencia	Herencia	Herencia	Herencia	Herencia	Herencia	Herencia
Superclase		Clase base	Clase base	Superclase	Clase base	Superclase	Ascendiente
Subclase	Descendiente	Clase derivada	Clase derivada	Subclase	Clase derivada	Subclase	Descendiente

REVISIÓN DEL CAPÍTULO

Conceptos clave

- Abstracción.
- ADT.
- Atributos.
- Clase.
- Clase base.
- Clase derivada.
- Comportamiento.
- Comunicación entre objetos.
- Encapsulamiento.
- Estado.
- Función miembro.
- Herencia múltiple.
- Herencia simple.
- Herencia.
- Instancia
- Ligadura.
- Mensaje.
- Método.
- Objeto.
- Objeto compuesto.
- Operaciones.
- Polimorfismo.
- Reutilización.
- Sobrecarga.
- TDA, TAD.
- Tipo Abstracto de Datos.
- Variable de instancia.

Resumen

El tipo abstracto de datos se implementa a través de clases. Una clase es un conjunto de objetos que constituyen instancias de la clase, cada una de las cuales tienen la misma estructura y comportamiento. Una clase tiene un nombre, una colección de operaciones para manipular sus instancias y una representación. Las operaciones que manipulan las instancias de una clase se llaman *métodos*. El estado o representación de una instancia se almacena en variables de instancia. Estos métodos se invocan mediante el envío de *mensajes* a instancias. El envío de mensajes a objetos (instancias) es similar a la llamada a procedimientos en lenguajes de programación tradicionales.

El mismo nombre de un método se puede sobrecargar con diferentes implementaciones; el método `Imprimir` se puede aplicar a enteros, arrays y cadenas de caracteres. La sobrecarga de operaciones permite a los programas ser extendidos de un modo elegante. La sobrecarga permite la ligadura de un mensaje a la implementación de código del mensaje y se hace en tiempo de ejecución. Esta característica se llama ligadura dinámica. El *polimorfismo* permite desarrollar sistemas en los que objetos diferentes

pueden responder de modo diferente al mismo mensaje. La ligadura dinámica, sobrecarga y la herencia permite soportar el polimorfismo en lenguajes de programación orientados a objetos.

Los programas orientados a objetos pueden incluir *objetos compuestos*, que son objetos que contienen otros objetos, anidados o integrados en ellos mismos.

Los principales puntos clave tratados en el capítulo son:

- La programación orientada a objetos incorpora estos seis componentes importantes :
  - — Objetos.
  - — Clases.
  - — Métodos.
  - — Mensajes.
  - — Herencia.
  - — Polimorfismo.
- Un objeto se compone de datos y funciones que operan sobre esos objetos.
- La técnica de situar datos dentro de objetos de modo que no se puede acceder directamente a los datos se llama *ocultación de la información.*
- Una clase es una descripción de un conjunto de objetos. Una instancia es una variable de tipo objeto y un objeto es una instancia de una clase.
- La herencia es la propiedad que permite a un objeto pasar sus propiedades a otro objeto, o dicho de otro modo, un objeto puede heredar de otro objeto.
- Los objetos se comunican entre sí pasando mensajes.
- La clase padre o ascendiente se denomina *clase base* y las clases descendientes, clases derivadas.
- La reutilización de software es una de las propiedades más importantes que presenta la programación orientada a objetos.
- El polimorfismo es la propiedad por la cual un mismo mensaje puede actuar de diferente modo cuando actúa sobre objetos diferentes ligados por la propiedad de la herencia.

EJERCICIOS

15.1. Describa y justifique los objetos que obtiene de cada uno de estos casos:

a) Los habitantes de Europa y sus direcciones de correo.
b) Los clientes de un banco que tienen una caja fuerte alquilada.
c) Las direcciones de correo electrónico de una universidad.
d) Los empleados de una empresa y sus claves de acceso a sistemas de seguridad.

15.2. ¿Cuáles serían los objetos que han de considerarse en los siguientes sistemas?

a) Un programa para maquetar una revista.
b) Un contestador telefónico.
c) Un sistema de control de ascensores.
d) Un sistema de suscripción a una revista.

15.3. Definir los siguientes términos:

a) clase.
b) objeto.
c) sección de declaración.
d) sección de implementación.
e) variable de instancia.
f) función miembro.
g) miembro dato.
h) constructor.
i) instancia de una clase.
j) métodos o servicios.
k) sobrecarga.
l) interfaz.

15.4. Escribir una declaración de clases para cada una de las siguientes especificaciones. En cada caso incluir un prototipo para un constructor y una función miembro `visualizar datos` que se pueda utilizar para visualizar los valores de los miembros.

a) Una clase llamada `Hora` que tenga miembros datos enteros denominados segundos, minutos y horas.
b) Una clase `Complejo` que tenga miembros datos enteros denominados `xcentro` e `ycentro` y un miembro dato en coma flotante llamado `radio`.
c) Una clase denominada `Sistema` que tenga miembros dato de tipo carácter `computadora impresora` y `pantalla`, cada una capaz de contener 30 caracteres y miembros datos reales denominado `PrecioComputadora`, `PrecioImpresora` y `PrecioPantalla`.

15.5. Deducir los objetos necesarios para diseñar un programa de computadora que permita jugar a diferentes juegos de cartas.

15.6. Determinar los atributos y operaciones que pueden ser de interés para los siguientes objetos, partiendo de la base que van a ser elementos de un almacén de regalos: un libro, un disco, una grabadora de vídeo, una cinta de vídeo, un televisor, una radio, un tostadora de pan, una cadena de música, una calculadora y un teléfono celular (móvil).

15.7. Crear una clase que describa un rectángulo que se pueda visualizar en la pantalla de la computadora, cambiar de tamaño, modificar su color de fondo y los colores de los lados.

15.8. Construir una clase Fecha que permita verificar que todos los días hábiles están comprendidos entre 1 y 31, pero considerando todos los meses del año. La clase deberá tener entre sus funciones la posibilidad de calcular la fecha del día siguiente y así mismo decidir si el año en cuestión es o no bisiesto.

15.9. Representar una clase ascensor (elevador) que tenga las funciones usuales de subir, bajar, parar entre niveles (pisos), alarma, sobrecarga y en cada nivel (piso) botones de llamada para subir o bajar.

15.10. Dibujar un diagrama de objetos que represente la estructura de un coche (carro). Indicar las posibles relaciones de asociación, generalización y agregación.

15.11. Dibujar diagramas de objetos que representen la jerarquía de objetos del modelo `Figura`.

15.12. Construir una clase Persona con las funciones miembro y atributos que crea oportunos.

15.13. Construir una clase llamada `Luz` que simule una luz de tráfico. El atributo color de la clase debe cambiar de `Verde` a `Amarillo` y a `Rojo` y de nuevo regresar a `Verde` mediante la función cambio. Cuando un objeto `Luz` se crea su color inicial será `Rojo`.

15.14. Construir una definición de clase que se pueda utilizar para representar un empleado de una compañía. Cada empleado se define por un número entero ID, un salario y el número máximo de horas de trabajo por semana. Los servicios que debe proporcionar la clase, al menos deben permitir introducir datos de un nuevo empleado, visualizar los datos existentes de un nuevo empleado y capacidad para procesar las operaciones necesarias para dar de alta y de baja en la seguridad social y en los seguros que tenga contratados la compañía.

15.15. Declarar una clase Fecha con los datos fundamentales de un día del año y que al menos tenga un método que permita aceptar dos valores de fechas diferentes y devuelva la fecha más próxima al día actual.